



Análise Bibliométrica e Propostas de Pesquisa sobre Lean Six Sigma

BIBLIOMETRIC ANALYSIS AND RESEARCH PROPOSALS ON LEAN SIX SIGMA

Cassiomar Rodrigues Lopes ¹, Jose Elenilson Cruz ², Paulo Henrique Dos Santos³

Resumo

Ao combinar princípios e técnicas do Lean Manufacturing e do Six Sigma, o método Lean Six Sigma contribui para o aumento da eficiência organizacional, como mostram estudos sobre aplicações dessa metodologia na indústria, comércio, serviços e no setor público. Este estudo emprega a análise bibliométrica, suportada pela interface bibliometrix, do software R, com objetivo de identificar a evolução dos estudos em Lean Six Sigma e suas tendências, e realizar propostas de pesquisa. Foram analisados 3.779 artigos publicados no período de 1971 e 2022. Os resultados indicam que atualmente os temas gestão da qualidade, gestão de projetos e melhoria de processos são apenas marginalmente importantes, enquanto os temas lean six sigma, six sigma, melhoria contínua e lean manufacturing são temas emergentes que carecem de maior desenvolvimento em futuros estudos. Sugere-se às futuras pesquisas, especialmente às longitudinais, aplicar ferramentas do lean e do six sigma, isoladamente ou em conjunto, visando aumentar a eficiência operacional da agroindústria, segmento de cadeias produtivas do agronegócio que tem apresentado problemas de eficiência ao longo do tempo.

Palavras-chave: Eficiência. Redução de desperdício. Bibliometrix. Agronegócio. Lean Six Sigma

Abstract

By combining Lean Manufacturing and Six Sigma principles and techniques, the Lean Six Sigma method contributes to increasing organizational efficiency, as shown by studies on applications of this methodology in industry, commerce, services and the public sector. This study employs bibliometric analysis supported by the bibliometrix interface, of the R software, with the objective of identifying the evolution of studies in Lean Six Sigma, identifying its trends and carrying out research proposals. A total of 3779 articles published between 1971 and 2022 were analyzed. The results indicate that currently the themes of quality management, project management and process improvement are only marginally important, while the themes lean six sigma, six sigma, continuous improvement and lean manufacturing these are emerging themes that require further development in future studies. It is suggested that future research, especially longitudinal research, apply lean and six sigma tools, alone or together, aiming to increase the operational efficiency of agroindustry, segment of the agribusiness production chains that has presented efficiency problems over time.

.Keywords: Efficiency. Waste reduction. Bibliometrix. Agribusiness. Lean Six Sigma

Autor para correspondência:

Cassiomar Rodrigues Lopes

E-mail:

Cassiomar.lopez@ifg.edu.br

Declaração de Interesses: Os autores certificam que não têm nenhum interesse comercial ou associativo que represente um conflito de interesses em conexão com o manuscrito.

^{1,3} Instituto Federal de Goiás. Anápolis, Goiás, BR

² Instituto Federal de Brasília, Distrito Federal, BR e Instituto Federal de Goiás, Goiás, BR.

INTRODUÇÃO

As organizações buscam incansavelmente melhorias em seus processos produtivos para garantir qualidade, reduzir custos de produtos ou serviços e aprimorar experiências do cliente com o bem desejado, dado que a competição empresarial se intensificou nas últimas décadas, aumentando a necessidade de as empresas maximizarem lucros e equilibrarem preços de produtos.

Esse fato tem despertado o interesse de profissionais e pesquisadores no estudo e desenvolvimento de metodologias de melhoria contínua que ajudem as empresas a lidar com o ritmo dessa competição (Dave *et al.*, 2015), como o *Lean Six Sigma* (LSS), que tem proporcionado benefícios em termos de eficiência (Snee, 2000; Gijo; Antony, 2014). Esse fato é evidenciado pela intensificação de pesquisas acadêmicas sobre o LSS nos últimos 20 anos (mais de 6.000 artigos apenas na *Web of Science*).

O *Lean Six Sigma* originou-se da combinação de princípios e técnicas do *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta) e do *Six Sigma* (Chiarini, 2012), duas metodologias de melhoria contínua populares na indústria de manufatura e de serviços (Albliwi *et al.*, 2014). O *Lean Manufacturing* fornece às organizações ferramentas voltadas à redução de desperdícios de produção e eliminação de atividades que não agregam valor ao produto ou ao cliente, e o *Six Sigma* propicia uma abordagem sistemática para a redução da variação do processo e eliminação de defeitos de fabricação e de falhas na entrega de serviço (Cima *et al.*, 2011).

Aplicações do LSS aumentam os níveis de eficiência e de eficácia de processos e gera melhores resultados aos *stakeholders* (Gijo; Antony, 2014). A metodologia foca na mensuração do desempenho de processos para eliminar desperdícios, remover causas de defeitos em produtos e serviços e criar valor para o cliente. Para tanto, funcionários são desenvolvidos na compreensão dos princípios do LSS e capacitados na aplicação de suas técnicas, como o ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), direcionadas para a solução de problemas e melhorias de processos (Mason; Nicolay; Darzi, 2015).

Devido a esses benefícios, aplicações da metodologia LSS expandiram-se para além da indústria de manufatura, de onde se originou, alcançando também setores de serviços e comércio (Han; Lee, 2002). Embora recentes estudos teóricos (Pacheco, 2014; Endler *et al.*, 2016) enfoquem tendências de pesquisa em LSS, ainda há a necessidade de se avaliar a evolução da literatura deste campo, visando, além da identificação de tendências, a proposição de uma agenda de pesquisa para futuros estudos. Pesquisas dessa natureza podem ser realizadas por meio de estudo bibliométrico.

A bibliometria é uma disciplina científica que abrange o uso de ferramentas estatísticas e matemáticas para medir e analisar a literatura de um determinado campo de conhecimento (Huang *et al.*, 2016). Essa técnica está associada à quantificação de dados para investigar as propriedades e o comportamento da informação. A análise bibliométrica tem sido amplamente aplicada para identificar os artigos, os pesquisadores, as instituições, os periódicos e os países mais significativos em termos de pesquisas científicas, refletindo a evolução da literatura num determinado período e revelando os estudos mais relevantes (Harandre, 2011). É uma ferramenta adequada para investigar o campo de pesquisa do LSS e identificar como ele se desenvolveu.

Neste estudo, a análise bibliométrica foi aplicada para responder as seguintes questões de pesquisa: qual é a evolução da literatura sobre *Lean Six Sigma*? Quais são seus temas motores e emergentes? Para que setores econômicos podem ser direcionados futuros sobre *Lean Six Sigma*? De forma a responde essas questões, o objetivo deste artigo é identificar a evolução dos estudos em *Lean Six Sigma* e suas tendências, e propor uma agenda de pesquisa, de forma a contribuir com o desenvolvimento de futuros estudos no tema.

Lean Manufacturing, Six Sigma e Lean Six Sigma

Os estudos sobre *Lean Manufacturing* iniciaram-se no Japão, após a segunda Guerra Mundial, com as primeiras aplicações ocorrendo na Toyota Motor Company. O Japão, destruído pela Guerra, não contava com capital financeiro suficiente à realização dos investimentos necessários para aplicar as técnicas de produção em massa desenvolvidas pelas companhias Ford Motor e General Motor (Andrietta; Miguel, 2007).

O Japão também vivenciava outros problemas e desafios, tais como: mercado interno fragilizado, com economia em recuperação, demandas prioritárias de outros bens de consumo, mão de obra sindicalizada e bem estruturada e presença de grandes outros fabricantes de automóveis mundiais com interesse em explorar o seu mercado (Gijo; Antony, 2014).

Com esses desafios, despontou-se no Japão a necessidade de se desenvolver um novo método/filosofia de produção, surgindo, então, o Sistema Toyota de Produção (TPS) ou *Lean Manufacturing*, desenvolvido por Taiichi Ohno, gestor da Toyota. O foco desse novo modelo direcionou-se para a melhoria contínua, a qualidade e a flexibilidade do processo produtivo (Ohno, 1997).

Havia, então, a necessidade de se encontrar uma técnica de produção capaz de fabricar um produto livre de defeitos e no menor tempo possível, a partir da utilização mínima de equipamentos e mão de obra, e com o mínimo de unidades intermediárias, partindo-se do pressuposto que desperdício é todo e qualquer elemento que não contribui para a obtenção da qualidade do produto no nível de preço e prazo contratados com o cliente. Assim, o TPS buscou eliminar todos os desperdícios por meio de esforços conjuntos do corpo diretivo e dos de engenharia, pesquisa e desenvolvimento (P&D), produção, distribuição, dentre outros (Womack, 1998).

A manufatura enxuta apresenta grande diferença comparada à produção artesanal e à produção em massa (Gijo; Antony, 2014). Na produção artesanal, trabalhadores altamente qualificados usam ferramentas manuais para fabricar um produto de cada vez, de acordo com as especificações do comprador; na produção em massa, profissionais especializados projetam produtos a serem fabricados por trabalhadores não qualificados ou semiquilificados, e estes operam equipamentos especializados e caros, produzindo produtos padronizados em massa (Gijo; Antony, 2014). Neste modelo de produção, o tempo de inatividade precisa ser evitado devido ao alto custo de maquinário. A administração, então, adiciona "reservas" na forma de estoques e de trabalhadores adicionais para garantir a disponibilidade de insumos e a não desaceleração do processo produtivo (Arnheiter; Maleyeff, 2005).

Já, a produção enxuta combina vantagens da produção artesanal e da produção em massa, evitando altos custos e rigidez no processo produtivo. Para atingir esses objetivos, a direção da fábrica reúne trabalhadores qualificados em todos os níveis organizacionais para trabalhar com máquinas capazes de produzir vasto *mix* de produtos (Gijo; Antony, 2014). Diz-se que a produção é enxuta porque ela usa menos de tudo (menos mão de obra na fábrica, menos espaço físico e menos investimento em equipamentos) em comparação com a produção em massa (Carvalho *et al.*, 2007). Seu foco é a otimização de processos e de procedimentos, através da redução contínua de desperdícios, como estoques excessivos entre estações de trabalho e longos tempos de espera, e seus objetivos fundamentais são: otimizar e integrar o sistema de manufatura, alcançar alta qualidade e flexibilidade no processo produtivo, produzir de acordo com a demanda, reduzir custos e manter compromisso com os clientes (Snee, 2000).

Um dos conceitos básicos da manufatura enxuta é a melhoria contínua (*kaizen* em Japonês), considerada a chave do sucesso dos métodos de produção japoneses. O foco das ações de melhoria deve estar na função do processo, ou seja, no fluxo de matérias-primas que é fortemente influenciado por tempos de espera excessivos e longos entre as estações de trabalho (Shingo, 1996). Os métodos de produção japoneses são projetados para incentivar melhorias constantes nas operações cotidianas.

Por sua vez, a literatura tradicional sobre *Six Sigma* nasce a partir de estudos aplicados na Motorola, na década de 1980. Essa metodologia foi desenvolvida para fornecer uma abordagem consistente, baseada em dados, visando resolver problemas complexos de negócios, identificando causas raiz e aplicando instrumentos de controles estatísticos para a solução. O *Six Sigma* busca reduzir a variabilidade do processo, melhorar a qualidade do produto e impulsionar a satisfação do cliente por meio de técnicas estatísticas, desenvolvidas e/ou aprimoradas por precursores da gestão da qualidade, como Walter Shewart, Joseph Juran e Edward Deming (Bañuelas; Antony, 2004).

O método está relacionado à capacidade de produzir peças/componentes/produtos livres de defeitos, utilizando-se de análises de dados e estatísticas para identificar erros e eliminá-los (Carvalho *et al.*, 2007). O uso de um conjunto de ferramentas estatísticas e de identificação, análise e resolução de problemas (Hong; Goh, 2003) leva ao aperfeiçoamento de instrumentos de controle e à redução de custos operacionais, por meio da minimização de desperdício de material e de retrabalho (Gijo; Antony, 2014), que por consequência aumentam a produtividade (Carvalho *et al.*, 2007), agregam valor aos produtos e melhoraram a satisfação do cliente (Gijo; Antony, 2014).

Portanto, o que diferencia um programa *Six Sigma* é a aplicação estruturada dessas ferramentas e procedimentos e sua integração com as metas e objetivos da organização. Desta forma, o envolvimento e o empenho de todos os níveis e funções da organização é um fator chave para o alcance dos objetivos estabelecidos com a adoção do *Six Sigma*.

Os importantes benefícios da aplicação de um programa *Six Sigma* são: padronização e melhoria contínua de processos (Arnheiter; Maleyeff, 2005); definição de requisitos para atingir a satisfação do cliente; compreensão das principais entradas do processo necessárias para responder às mudanças nos requisitos e especificações definidos; melhoria da qualidade de produtos e serviços (Han; Lee, 2002); aumento da produtividade (Snee, 2000); redução do tempo de ciclo e o melhor rendimento e confiabilidade do produto (Young, 2001); e redução de defeitos, do custo e do desperdício,

eliminação de atividades que não agregam valor ao processo e maximização do lucro (Blakeslee Jr., 1999).

No que se refere à integração do Lean e do Six Sigma, afirma-se que, embora o sistema *Lean* exista há décadas, ele apenas foi integrado ao *Six Sigma* após os anos 2000. Essa integração é atribuída ao fato de que muitas organizações na Europa que adotaram inicialmente práticas de gerenciamento *Lean* para alcançar os chamados resultados *low-hang* (fácil de se obter), passaram a adotar, em seguida, princípios Six Sigma para avançar na resolução de problemas mais complexos (Snee, 2000).

Indicações também apontam que organizações nos EUA que, inicialmente começaram a adotar o *Six Sigma*, passaram a usar os princípios do *Lean* ao perceberem que precisavam estabelecer procedimentos operacionais padrão no local de trabalho, reduzir o cronograma geral dos processos de ponta a ponta e finalizar processos para o negócio (Gijo; Antony, 2014).

A integração das metodologias *Lean* e *Six Sigma* fornece às organizações métodos, ferramentas e técnicas para alcançar uma melhoria superior, dado que o LSS é um método poderoso para alcançar a eficiência e eficácia dos processos, resultando em maior satisfação do cliente e melhores resultados financeiros (Snee, 2000).

MÉTODO

A bibliometria é uma técnica de análise bibliográfica que consiste na aplicação de métodos estatísticos e matemáticos para analisar obras literárias e outras mídias, visando criar métricas que identificam as instituições e os autores mais prolíficos num determinado campo do conhecimento, assim como os temas e os métodos de pesquisa mais comuns (Okubo, 1997). O primeiro passo da bibliometria é definir o foco de análise que melhor se adequa à questão de pesquisa investigada (Zupic; Cater, 2015). Ainda segundo os autores, estudos que buscam identificar os melhores periódicos e os autores de referência focam na análise de citações; estudos que buscam identificar os fatores determinantes da coautoria e o impacto da colaboração entre os autores focam na análise de coautoria; pesquisas que identificam blocos de construção conceituais focam na análise de co-palavras.

Este estudo foca na análise de citações e utiliza as técnicas descritas no passo 3, do Quadro 1, objetivando realizar uma análise bibliométrica da literatura de LSS para identificar a evolução dos estudos e suas tendências e propor uma agenda de pesquisa. No quadro 1, apresenta-se os passos seguidos para a obtenção dos resultados.

Quadro 1: Procedimentos metodológicos do estudo.

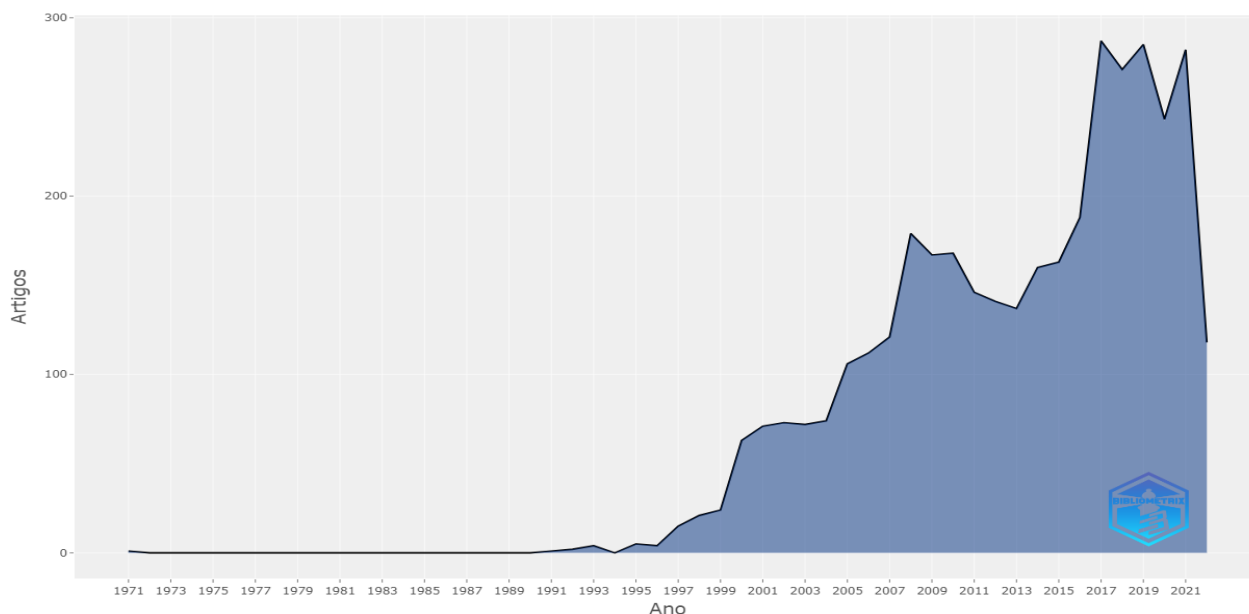
Passos	Descrição
Passo 1 Definir o escopo do estudo	Apontar quais são os objetivos do estudo. Refletir se o escopo é amplo suficiente para a realização de um estudo bibliométrico, o qual enfoca-se em amostras grandes.
Passo 2 Elaborar um protocolo de pesquisa	Definir palavras-chave e estabelecer critérios de inclusão e exclusão de artigos, assim como escolha das bases de dados a serem usadas.
Passo 3	(i) Análise de desempenho (performance analysis), (ii) Cartografia científica (Science mapping), ou

Escolher a técnica de análise bibliométrica a ser usada	(iii) Análise de network (networking analysis), entre outras
Passo 4 Coletar dados	Levantar e organizar os dados coletados por meio de categorias como: título do artigo, autores, periódico, ano de publicação, entre outros. Nesta etapa, ainda exploratória, é possível ampliar ou reduzir o escopo do estudo regressando ao passo 2.
Passo 5 Análise de dados	Definir quais softwares irá utilizar para analisar os dados. Revisar se existe ou não duplicidade de artigos na base de dados.
Passo 6 Interpretação e Apresentação dos resultados	Elaborar imagens, gráficos e tabelas para apresentar os resultados mais relevantes. Apresentar principais achados e direções para pesquisas futuras.

Fonte: Zupic e Cater (2015).

Seguindo os passos contidos no Quadro 1, primeiramente definiu-se o objetivo (já devidamente descrito), dado que a literatura relativa a *Lean Six Sigma* é ampla o suficiente para justificar a realização de um estudo bibliométrico. Apenas a *Web of Science* registra estudos a partir do início dos anos 1970, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1: Histograma de publicações ano-a-ano em *Lean Six Sigma*, de 1971 a julho de 2022.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

Em seguida, definiu-se a palavra-chave *Lean Six Sigma* e a base de dados *Web of Science*, acessada através do Portal Capes¹. Essa base de dados tem inter-relação com

¹ O Portal de Periódicos, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), é uma biblioteca virtual que reúne e coloca à disposição das instituições de ensino superior brasileiras as pesquisas mais avançadas do exterior (Portal CAPES, 2023)

o Bibliometrix, um pacote de programação vinculado ao software estatístico R, bastante utilizado em pesquisas quantitativas em cienciométrica e bibliometria (Derviş, 2019; Aria; Cuccurullo, 2017) para capturar dados bibliográficos brutos e realizar cálculos de matriz bibliométrica e de similaridade entre itens (documentos, autores, jornais, palavras) (Derviş, 2019; Aria; Cuccurullo, 2017). O Bibliometrix foi adotado neste estudo para a realização das análises e construção da nuvem de palavras. A análise de dados utilizada foi a de análise de desempenho (*performace analysys*).

Selecionou-se apenas artigos científicos publicados no período de 1971 a julho de 2022. A amostra final é corresponde a 3.779 trabalhos, já excluídos os repetidos e aqueles que não se enquadram no escopo do estudo. Por meio das técnicas bibliométricas acopladas, explicou-se a evolução dos estudos em *Lean Six Sigma*. As redes de citação apresentam uma escala multidimensional, na qual as visualizações do domínio científico são dadas pela análise de unidades (nós) e suas conexões (White; Mccain, 1998). Quanto mais próximos estão os nós e as conexões, mais próximos eles estão cientificamente (Zupic; Cater, 2015).

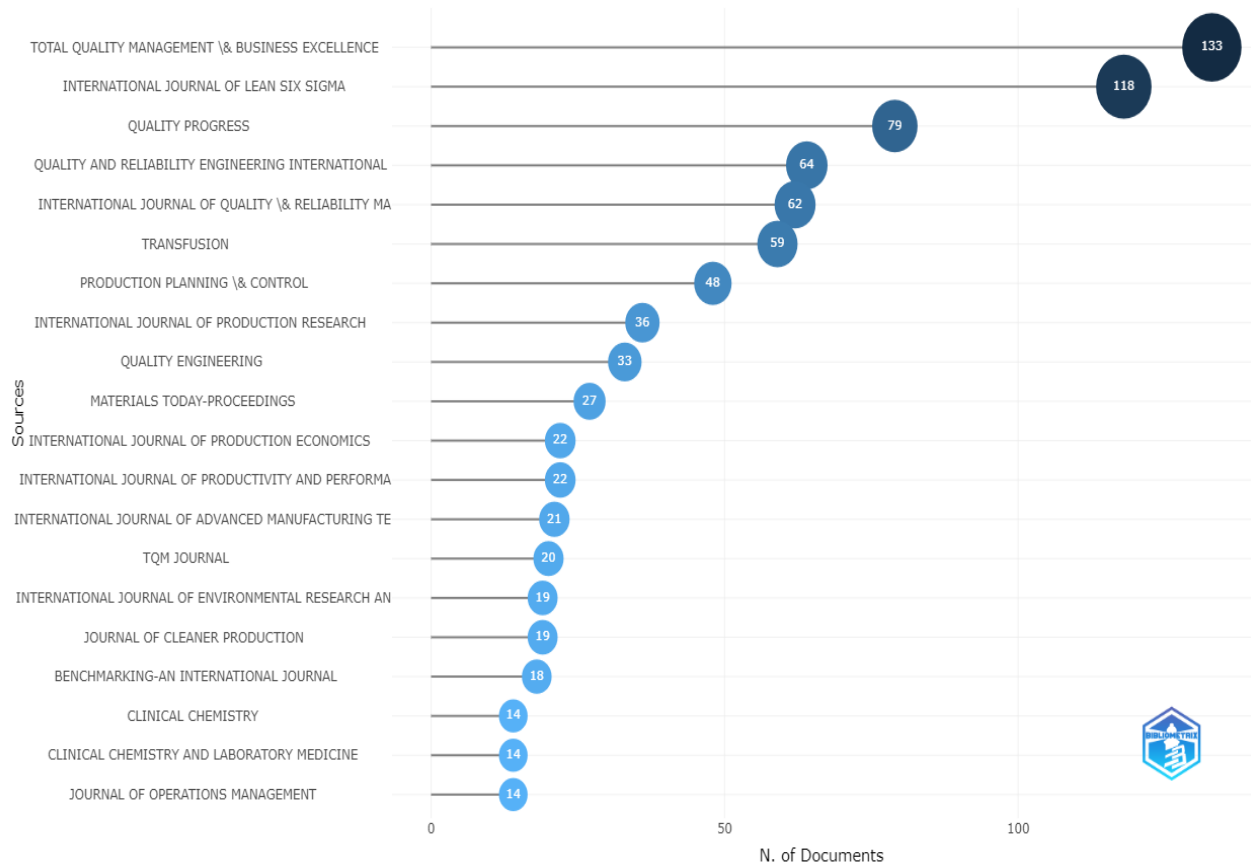
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 1 que as discussões sobre *Lean Six Sigma* (LSS) iniciaram-se em 1971, mas apenas a partir de 1996 as publicações começaram a ter maior relevância para o meio acadêmico. Embora as publicações sejam focadas em melhoria contínua de processos e de produtos, na qualidade, no desempenho e na eficiência das organizações, percebe-se que por 20 anos (1971 a 1991) o número de pesquisas publicadas anualmente foi extremamente baixo. Somente a partir de 1996, a quantidade de pesquisas passou a aumentar consideravelmente, com saltos no número de produções no período de 1999 a 2008. Após período de queda, a quantidade de pesquisas volta a crescer consideravelmente a partir de 2013, atingindo os maiores picos nos anos de 2017, 2019 e 2021.

Refletindo o crescimento do número de publicações em LSS, revistas científicas com escopo que abarcam temas relacionados ao LSS foram criadas mundo afora. Por delimitação de espaço, optou-se por mostrar na Figura 2 apenas os 20 principais *Journals* em termos de relevância de fator de impacto e estratos Qualis Capes. Qualis é o conjunto de procedimentos utilizados pela Capes para a estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação. Foi concebido para atender as necessidades específicas do sistema de avaliação dos programas de pós-graduação no Brasil e é baseado nas informações fornecidas por meio do aplicativo Coleta de Dados (CAPES, 2023).

Todos os *Journals* mostrados pela Figura 2 estão estratificados como Qualis A1 (maior nível de qualidade) pela Capes. Outro fator de destaque é o aumento de publicações impulsionado pela criação de *Journals* especializados em LSS a partir do início do século XXI, como o *Internacional Journal of Lean Six Sigma* e o *Total Quality Management & Bussiness Excellence*, que têm como escopo principal essa temática e respondem por cerca de 30% do total de publicações dos 20 principais *Journals*.

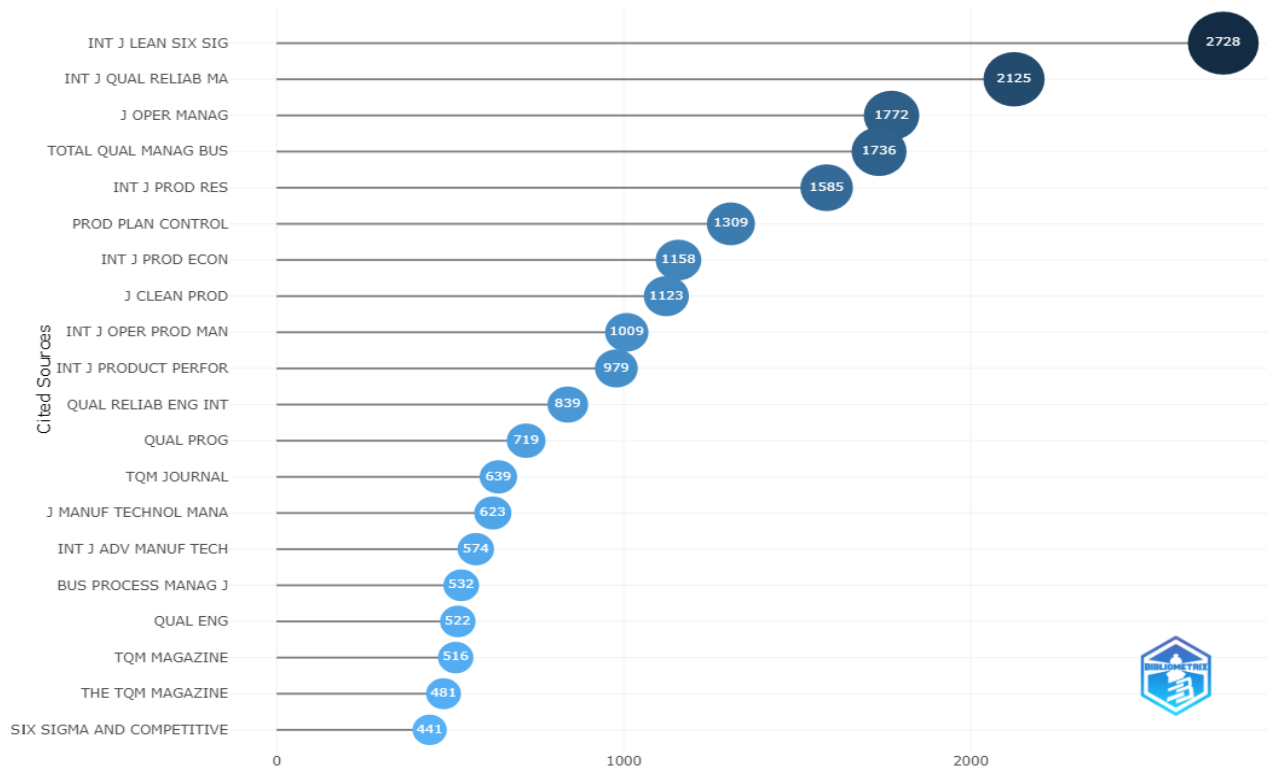
Figura 2: Quantidade de publicações sobre Lean Six Sigma dos 20 principais Journals.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

A Figura 3 mostra o número de citação de cada *Journal* relativos às 3.779 publicações selecionadas na amostra deste estudo. Das 21.410 citações no total, o *International Journal Lean Six Sigma* detém 12,74%.

Figura 3: Número de citações por Journal referente aos 3.779 artigos.



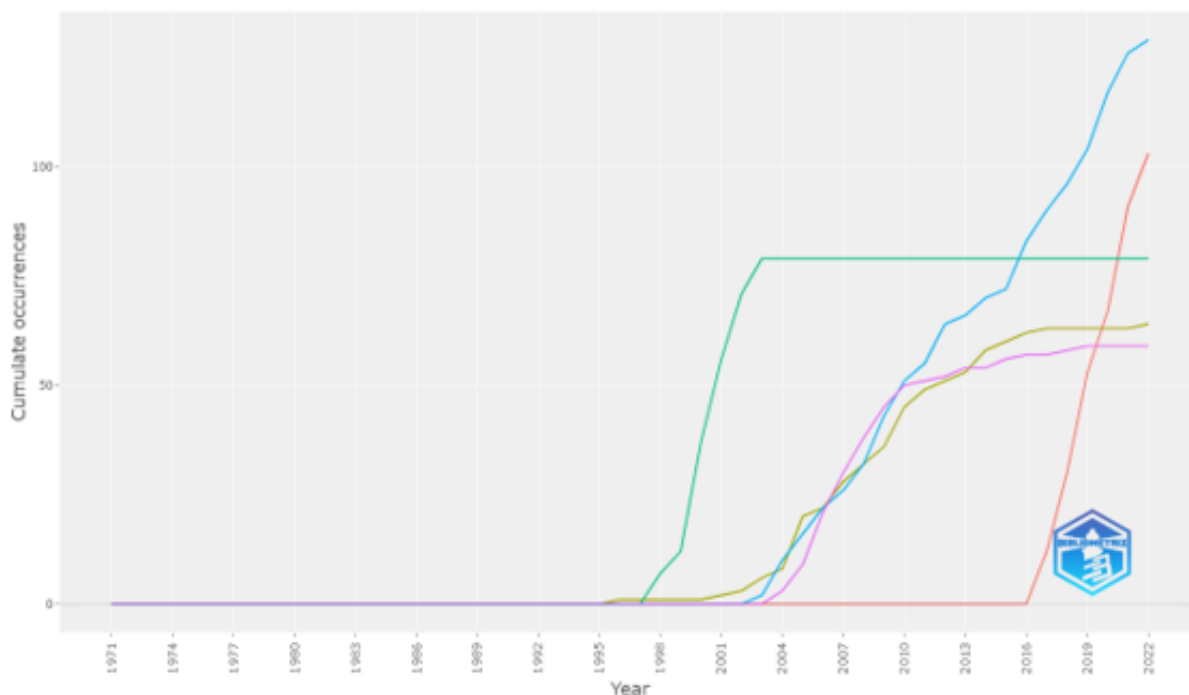
Fonte: dados da pesquisa (2022).

Embora o *Total Quality Management & Business Excellence* apresente o maior número de publicações no período (133), ele aparece em quarto lugar em termos de impacto nos artigos selecionados. Os três primeiros *Journals* de maior impacto nos trabalhos selecionados são o *Internacional Journal of Six Sigma* (2.728 citações), o *International Journal Quality and Reliability Engineering* (2.215 citações) e o *Journal of Operation Management* (1.772 citações).

Em termos de trabalhos seminais, o artigo intitulado *Impact of Six Sigma on Quality Engineering*, de autoria de Ronald D. Snee, republicado no ano 2000 pelo *Quality Engineering* em seu volume 12, número 3, p. 31-34, continua sendo um dos mais citados sobre LSS, inclusive no ano de 2022.

A Figura 4 mostra o crescimento do número de publicações no período de estudo, a partir da quantidade acumulada publicada pelos principais *Journals* internacionais.

Figura 4: Quantidade acumulada de publicações por *Journal* - 1971 a 2022 (julho).



Nota: — International Journal of Lean Six Sigma; — Quality and Reliability Engineering Intenational; — Quality Progress; Total Quality; — Management and Business Excellence; — Transfusion.

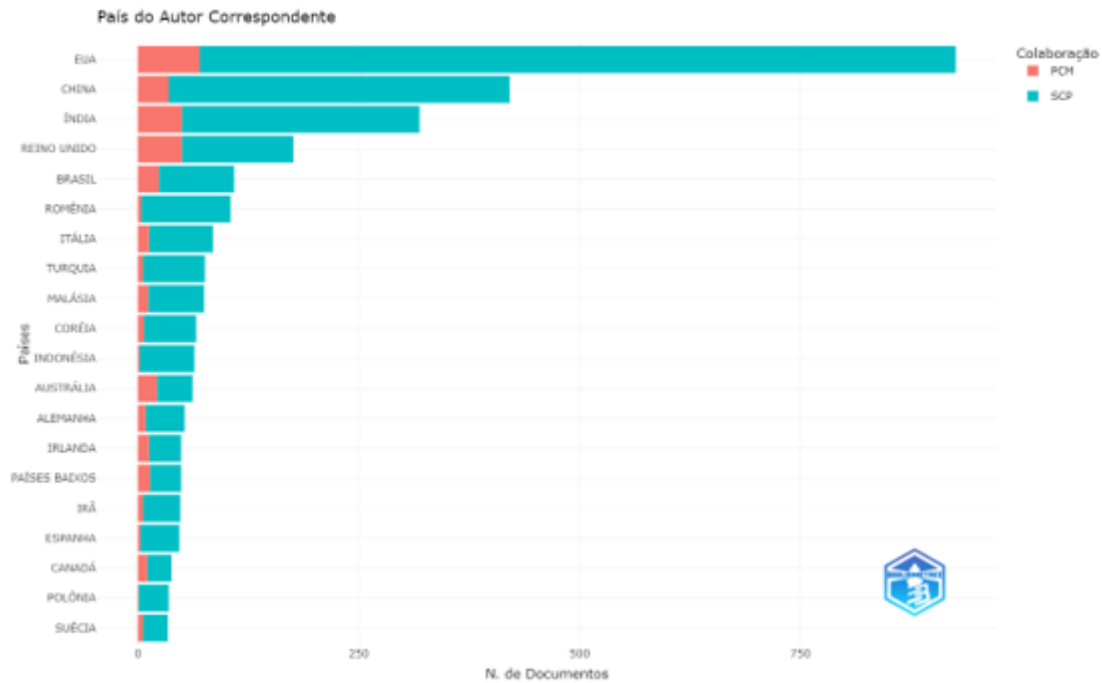
Fonte: dados da pesquisa (2022).

O crescimento do número de publicações em *Lean Six Sigma* ocorreu a partir de 1997 com as edições do *Quality Progress*. Até 2003, este *journal* foi o que mais se destacou na publicação de artigos no tema, mas a partir de 2004 seu número acumulado de publicações estabilizou-se porque o tema *Lean Six Sigma* foi retirado de seu escopo. Já o *Total Quality Management & Bussiness Excellence*, que começou a se destacar em 2002, passou a ser, a partir de 2016, o *journal* que mais publica no tema.

Lançado em 2010, o *International Journal of Lean Six Sigma*, cujo foco é específico em *Lean* e *Six Sigma*, embora se desponte fortemente em publicações a partir de 2016, ainda não superou o número acumulado de publicações do *Total Quality Management & Bussiness Excellence*.

A Figura 5 mostra o *ranking* dos países que mais publicaram no período de 1971 a julho de 2022 em *Lean Six Sigma*, com base nos índices de colaboração de autoria inter-países (PCM) e intra-país (SCP). Os países com forte presença industrial (EUA, China, Índia, Reino Unido e Brasil) são que os mais se destacam no volume de publicação, sendo os EUA o país que possui os maiores índices de colaboração de autoria PCM e SCP.

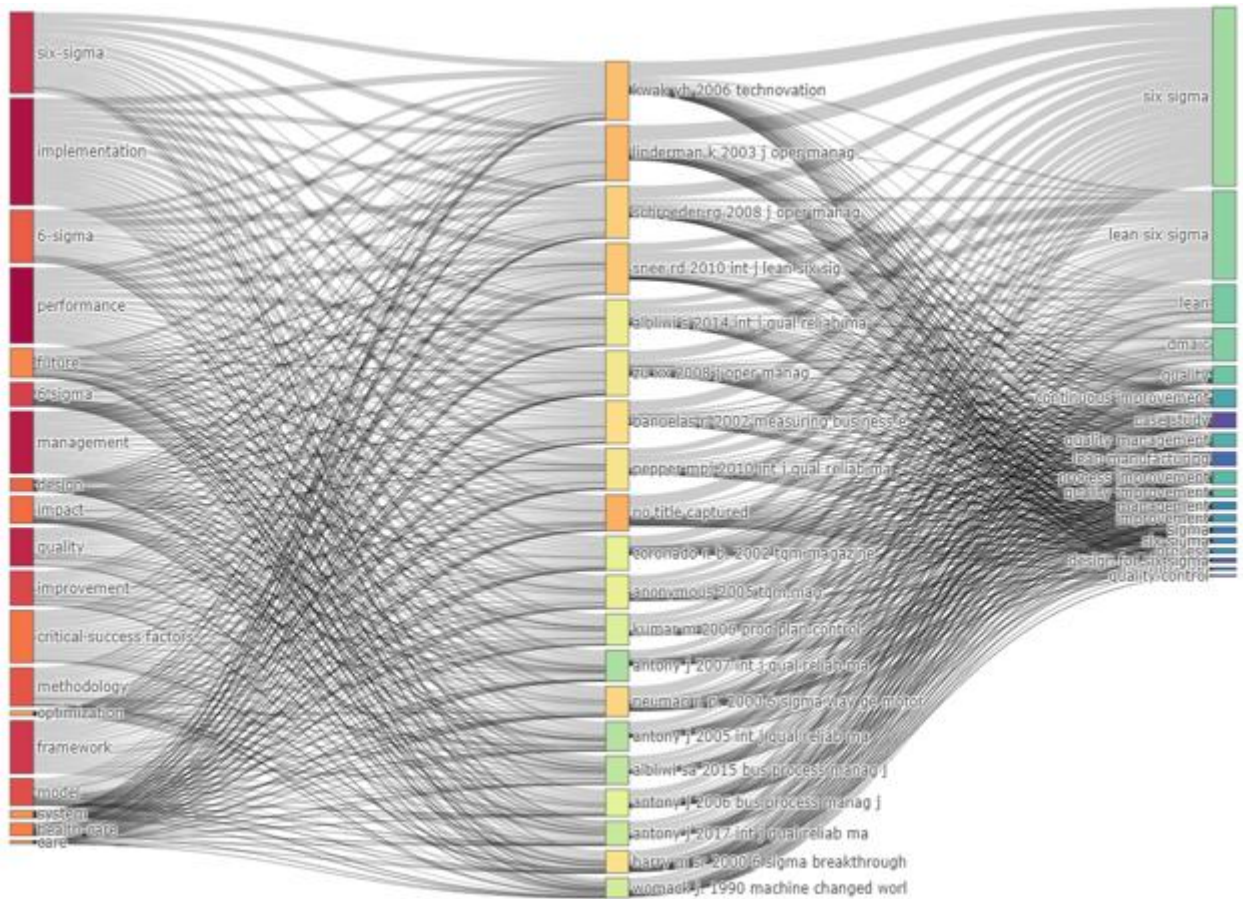
Figura 5: Países com maior número de publicações em Lean Six Sigma no período de estudo.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

A Figura 6 apresenta a evolução dos temas de pesquisa no período em análise, com base nos termos indicados nas *palavras-chaves* dos trabalhos. Cada retângulo representa um tema de pesquisa. Retângulos maiores indicam maior número de publicações no tema, e a largura dos feixes de ligações é determinada pelo índice comum de conexões entre os temas (Xu; Lei; Qin, 2022). Na primeira coluna estão os temas clássicos da área, na segunda constam os trabalhos mais citados pelos estudos analisados e a terceira elenca os temas emergentes que têm direcionado novas pesquisas no campo teórico *Lean Six Sigma*.

Figura 6: Evolução dos temas de pesquisa nos artigos sobre *Lean Six Sigma*.

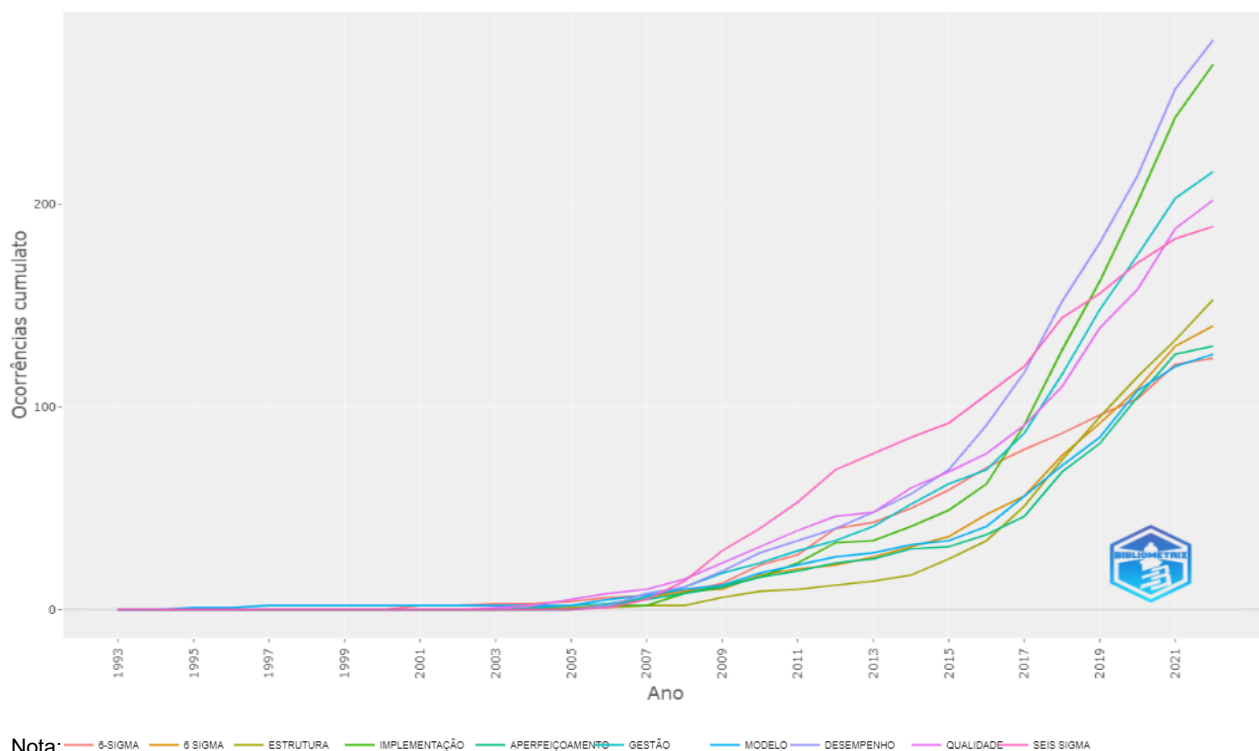


Fonte: dados da pesquisa (2022).

Percebe-se que os temas *implementação*, *performance* e *fatores críticos de sucesso*, bem explorados no passado (1ª coluna), já não aparecem dentre os temas emergentes do campo (3ª coluna). Por outro lado, DMAIC é um tema que não foi tão explorado no passado, mas tem sido foco de pesquisas nos últimos anos. Acrônimo de Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar, o DEMAIC é uma técnica que tem por objetivo identificar e determinar o escopo do projeto, medir os desvios ou encontrar dados não conformes de situações esperadas, analisar as informações obtidas e incorporar melhorias e soluções. Ou seja, trata-se de um processo que objetiva avaliar os riscos associados, controlar os resultados obtidos e garantir que as melhorias sejam alcançadas (Andrietta; Miguel, 2007).

A Figura 7 apresenta a evolução acumulada da frequência das *palavras-chaves* dos trabalhos analisados no período de 1993 a julho de 2022.

Figura 7: Evolução acumulada da frequência das palavras-chaves de 1993 a julho de 2022.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

As palavras-chaves mais frequentes (absoluta; relativamente) nos 3.779 artigos analisados são: desempenho (303; 9%), implementação (297; 9%), gestão (231; 7%), qualidade (208; 6%), seis sigma (194; 6%), quadro (167; 5%), 6 sigma (148; 5%), aperfeiçoamento (138; 4%), modelo (136; 4%), 6-sigma (129; 4%), design (127; 4%), impacto (123; 4%), fatores críticos de sucesso (99; 3%), saúde (91; 3%), futuro (72; 2%), sistema (68; 2%), cuidado (62; 2%), otimização (60; 2%), integração (57; 2%), seleção (50; 2%), TQM (50; 2%), *lean six sigma* (47; 1%), tempo (44; 1%), eficiência (40; 1%), dentre outras menos frequentes. Implementação e desempenho têm uma frequência maior em trabalhos aplicados (estudos de casos), realizados em vários setores econômicos nos anos de 2020 e 2021. Há, também, estudos aplicados na área da saúde que investigaram a melhoria do desempenho de hospitais e a superação da pandemia de COVID-19.

A árvore de palavras apresentada na Figura 8 reflete a frequência descrita acima das principais palavras-chaves dos trabalhos analisados, demonstrando a natureza aplicada dos estudos em busca de avaliações da efetividade da metodologia e de princípios, como qualidade e eficiência no processo.

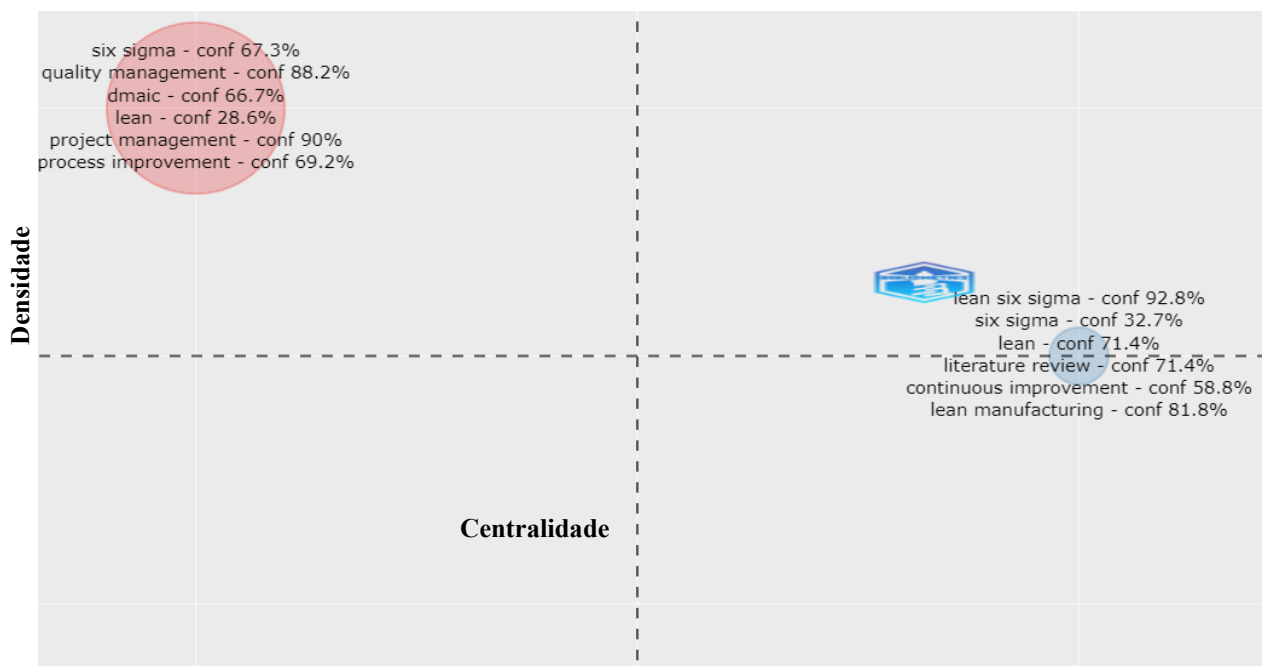
Figura 8: Árvore de palavras-chaves mais destacadas nos estudos analisados.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

A identificação dos temas centrais e densos da literatura em *Lean Six Sigma* foi realizada através do mapa temático (Figura 9), construído com base na frequência das mesmas palavras no título (Macaskill; Gobbelaar, 2021). Centralidade (eixo X) indica grande quantidade de trabalhos no tema; o tema terá maior centralidade no campo de pesquisa à medida que houver mais coocorrências com palavras pertencentes a outros temas. Densidade (eixo Y) indica a importância do tema no conjunto dos estudos analisados; o tema terá maior densidade à medida que mais fortes forem as coocorrências com outras palavras do mesmo campo de pesquisa. Assim, maior densidade de um tema indica que ele é mais bem desenvolvido (Fernandez-Rodriguez; Alvarez, 2021).

Figura 09: Mapa temático dos temas centrais e densos nas pesquisas em Lean Six Sigma.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

Os temas gestão da qualidade e gestão de projetos (maiores percentuais do círculo rosa no quadrante superior esquerdo) possuem baixa centralidade (ligações externas pouco desenvolvidas) e alta densidade (ligações internas bem desenvolvidas), sendo considerados, portanto, temas apenas marginalmente importantes (Mumu; Tahmid; Azad, 2021) para o campo teórico em estudo.

Os temas lean six sigma, lean manufacturing, lean e melhoria contínua (maiores percentuais do círculo azul no meio dos dois quadrantes direitos, excluindo-se revisão de literatura) possuem alta centralidade (ligações externas muito desenvolvidas) e média densidade (ligações internas razoavelmente desenvolvidas). Isso indica que são importantes para o campo teórico em estudo, podendo ser considerados temas emergentes que carecem de maior desenvolvimento (Mumu; Tahmid; Azad, 2021). Assim, esse quadrante apresenta os temas que podem ser explorados como possíveis lacunas de pesquisa no campo teórico *Lean Six Sigma*.

Agenda de pesquisa para direcionamento de futuros trabalhos em *Lean Six Sigma*

Futuras pesquisas podem explorar aplicações dos temas emergentes (quadrante inferior direito da Figura 10), identificados nos trabalhos analisados, na atividade agroindustrial (Tupy; Serillo, 2006), tal como: laticínio, frigorífico e processamento de frutas (Campos *et al.*, 2005), usina de cana de açúcar (Arellano; Fregoso, 2010), tendo em vista os problemas de ineficiência operacional presentes, de forma geral, em empresas desse segmento econômico.

Campos *et al.* (2005), em pesquisa com agroindústrias processadoras de poupa de frutas no Pará, indicam que a atividade de processamento de frutas no estado tem baixo nível de eficiência operacional. Arellano e Fregoso (2010), em estudo sobre a eficiência de usinas sucroalcooleiras mexicanas, indicam que 75,4% das agroindústrias pesquisadas precisam aprimorar a forma de gestão para atingir taxas altas de eficiência; outras 7% das empresas estão em situação crítica de eficiência operacional. Tupy e Serillo (2006), em investigação sobre a eficiência produtiva de frigoríficos e laticínios, revelam que o nível de eficiência técnica dos frigoríficos está na casa de 70,3%, e dos laticínios na faixa de 82,5%.

Esses casos sugerem que gestores devem se atentar aos fatores determinantes da ineficiência operacional e aplicar técnicas de gestão capazes de melhorar os indicadores de eficiência, visando ao alcance de maior desempenho e, por consequência, de competitividade das empresas (Tupy; Serillo, 2006). A identificação de causas-raiz da ineficiência permite aos tomadores de decisão aperfeiçoarem rotinas, atividades e processos produtivos de forma a maximizar a utilização dos recursos.

Nesse sentido, pesquisas aplicadas sob o procedimento estudo de caso, com recorte temporal longitudinal, são mais indicadas para diagnosticar especificidades de processos produtivos, mapear cadeias de processos e unidades organizacionais (departamentos, setores etc.) com problemas de performance, identificar causas-raiz de problemas e estabelecer níveis de criticidade para os problemas identificados. A partir de então, poderão selecionar, propor e aplicar as técnicas e ferramentas do *Lean Six Sigma* mais adequadas em cada caso.

Sugere-se, inicialmente, aplicações de ferramentas do *Lean*, a partir das finalidades de cada uma. Excelente ponto de partida é o trabalho de Satolo *et al.* (2020), uma pesquisa que identificou como 31 técnicas e ferramentas do *Lean* são utilizadas por empresas de diferentes segmentos do agronegócio. Os autores mostram que as mais comuns são as aplicadas por 87,5% (*Jidoka*, *production flows*, *pull production* e *uniform work load*), por 75% (*supply chain integration*) e por 62,25% das empresas (*kainzen*, *poka-yoke*, *standardized work* e *total quality management - TQM*).

Como mostram Satolo *et al.* (2020), a adoção dessas e de outras técnicas do *Lean* dependerá de fatores que vão além das especificidades que afetam os ambientes produtivos no agronegócio. Enquanto algumas (*Jidoka*, *poka-yoke* e *standardized work*) são facilmente aplicadas e retornam resultados em curto prazo, outras (*production flows* e *uniform work load*) dependem de significativas mudanças no processo produtivo, algumas (*TQM* e *Kaizen*) requerem uma cultura de qualidade já desenvolvida, e outras (*supply chain integration*, *pull production* e *just in time*) exigem mudança no próprio modelo de negócio.

As técnicas e ferramentas do *Lean* podem ser empregadas isoladamente ou em conjunto com as do *Six Sigma*, como o DMAIC. Essa metodologia é central em programas *Lean Six Sigma*, tendo em vista sua consistência e robustez na operacionalização da melhoria contínua e na otimização e reorganização dos processos de negócios (Reis *et al.*, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve por objetivo identificar a evolução dos estudos no tema *Lean Six Sigma* e suas tendências, e propor uma agenda de pesquisa, de forma a contribuir com o desenvolvimento de futuros estudos no tema. Realizou-se análise bibliométrica, buscando por trabalhos disponíveis sobre a temática na base de dados *Web of Science* no período de 1992 a julho de 2022. Sobre a amostra final de 3.779 trabalhos, aplicou-se o pacote Bibliometrix para a análise dos textos, criação de mapa de domínio (contendo as principais redes de citação) e identificação da evolução dos estudos.

A melhoria da eficiência nos processos produtivos é o foco das discussões sobre *Lean Six Sigma* na busca por melhor desempenho operacional. Embora os estudos, originados na indústria automobilística, tenham se expandido para variados setores econômicos, alguns seguimentos são pouco investigados, como o agronegócio e o serviço público.

Como sugestões para futuras pesquisas, estudos longitudinais na forma de *estudo de caso* são indicados para melhor diagnosticar especificidades dos processos produtivos, mapear cadeias de processos e unidades organizacionais mais problemáticas, identificar causas-raiz de problemas e estabelecer aqueles mais prioritários à aplicação das técnicas e ferramentas de soluções.

Num primeiro momento, ferramentas mais comuns do *Lean* (*5S*, *Jidoka*, *poka-yoke* e *standardized work*) podem ser aplicadas devido à facilidade e maior possibilidade de resultados em curto prazo. Num segundo e terceiro momentos, a depender do contexto da pesquisa (natureza, tempo, e disponibilidade de recursos, por exemplo), pode-se

aplicar ferramentas que exigem mudanças no processo produtivo (*production flows* e *uniform work load*) e até mesmo aquelas que modificam o próprio modelo de negócio da empresa (*supply chain integration*, *pull production* e *just in time*).

Aplicadas de forma isoladas ou em conjunto, as técnicas e ferramentas do *Lean Six Sigma* são capazes de aperfeiçoar processos, eliminar desperdícios, aumentar a eficiência operacional e a produtividade e colocar as empresas no caminho da melhoria contínua de sua performance, garantindo a competitividade empresarial ao longo do tempo.

Sugere-se que futuros estudos bibliométricos sobre o tema contemplem outras bases de dados, ampliem o período temporal de buscas e especifiquem termos que remetem aos títulos específicos das ferramentas *Lean Six Sigma*, de forma a identificar quais delas têm movido as pesquisas atuais e quais são as emergentes que direcionarão as futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ALBLIWI, S., ANTONY, J., LIM, S.A.H., WIELE, T. Critical failure factors of Lean Six Sigma: a systematic literature review. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 31, n. 9, p. 1012-1030, 2014.
- ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, v. 14, p. 203-219, 2007.
- ARELLANO, C. P. L., FREGOSO, C. J. H. Análisis de la eficiencia técnica relativa de la agroindustria azucarera: el caso de México. **Revista Mexicana de Agronegocios**, v. 26, p. 202-213, 2010.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v.12 p. 959-975, 2017.
- ARNHEITER, E. D.; MALEYEFF, J. The integration of lean management and Six Sigma. **The TQM Magazine**, v. 17, n. 1, p. 5-18, 2005.
- BAÑUELAS, R., ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. **The TQM Magazine**, v. 6, n.4, p.250- 263, 2004.
- BLAKESLEE JR, J. A. Implementing the six sigma solution. **Quality Progress**, v. 32, n. 1, p. 77-85, 1999.
- CAMPOS, R. T.; SILVA, M. N.; ALVES D.; CARVALHO, R. M. Análise da eficiência técnica das agroindústrias de polpa de frutas do estado do Pará. In: CONGRESSO DA SOBER, 43, 2005, **Anais....Ribeirão Preto-SP**. Brasília-DF: SOBER, 2005. p. 1-12. CAPES – Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Classificação da Produção Intelectual**. Ministério da Educação. Disponível

em: <http://www.capes.gov.br/avaliacao/instrumentos-de-apoio/classificacao-da-producao-intelectual>. Acesso em: 15 fev. 2023.

CARVALHO, M. M.; HO, L.L.; BOARIN PINTO, S.H. Implementação e difusão do programa Seis Sigma no Brasil. **Produção**, v. 17, n. 3, p. 486-501, 2007.

CHIARINI, A. Risk management and cost reduction of cancer drugs using Lean Six Sigma tools. **Leadership in Health Services**, v. 25 n. 4, p. 318-330. 2012.

CIMA, R. R. *et al.* Use of lean and six sigma methodology to improve operating room efficiency in a high-volume tertiary-care academic medical center. **Journal of the American College of Surgeons**, v. 213, n. 1, p. 83-92. 2011.

DAVE, I. L. *et al.* Implementing Lean manufacturing in industry. **Quality Progress**, v 46. n. 1, p 256-270, 2015.

DERVIŞ, H. Bibliometric Analysis using Bibliometrix an R Package. **Journal of Scientometric Research**, p. 156-160, 2019.

ENDLER, K. D. *et al.* Lean seis sigma: uma contribuição bibliométrica dos últimos 15 anos. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 2, p. 575-605, 2016.

FERNANDEZ-RODRIGUEZ, M. A.; ALVAREZ, L. Microgels and Nanogels at Interfaces and Emulsions: Identifying Opportunities From a Bibliometric Analysis. **Frontiers in Physics**, p. 611, 2021.

GIJO, E. V.; ANTONY, J. Reducing Patient Waiting Time in Outpatient Department Using Lean Six Sigma Methodology, **Qual. Reliab. Engng. Int.**, v. 30, p 1481– 1491. 2014.

HAN, C.; LEE, Y. H. Intelligent integrated plant operation system for six sigma. **Annual Reviews Control**, v. 26, p. 27-43, 2002.

HARANDRE, Y. Exploring the literature of diabetes in Nigeria: a bibliometrics study. **African Journal of Diabetes Medicine**, v. 19, n. 2, p. 8-11, 2011.

HONG, G. Y.; GOH, T. N. Six Sigma in software quality. **The TQM Magazine**, v. 15, n. 6, p. 364-373, 2003.

HUANG, Y. *et al.* Rehabilitation using virtual reality technology: a bibliometric analysis, 1996-2015, **Scientometrics**, v. 109, n. 3, p. 1547-1559, 2016.

MACASKILL, J. A., GROBBELAAR, SARA S. A scoping review investigating the presence and evolution of literature focusing on regional innovation clusters and systems. In: **IEEE International Conference on Technology and Entrepreneurship (ICTE)**. IEEE. 2021, p. 1-6.

MASON, S.E.; NICOLAY, C.R.; DARZI, A. The use of Lean and Six Sigma methodologies in surgery: a systematic review. **Surgeon**, v. 13, n. 2, p. 91-100, 2015.

MUMU, J.; TAHMID, T.; AZAD, M. A. K. Job satisfaction and intention to quit: A bibliometric review of work-family conflict and research agenda.

Applied Nursing Research, v. 59, p. 151-334, 2021.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OKUBO, Y. Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems: Methods and Examples, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 1997. **OECD Publishing Systems**, 1997.

PACHECO, D. J. Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. **Production**, v. 24, p. 940-956, 2014.

PORTAL CAPES. *In*: MEC (Brasil). Portal de Periódico da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (ed.). **Portal de Periódico CAPES**. Online. Brasil, 2023. Disponível em: http://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pcontent&view=pcontent&alias=historico&Itemid=122. Acesso em: 15 fev. 2023.

REIS, M. E. D. M. *et al.* DMAIC in improving patient care processes: Challenges and facilitators in context of healthcare. **IFAC-PapersOnLine**, v. 55, n. 10, p. 215-220, 2022.

SATOLO, G. E., HIRAGA, S. E. L., GOES, A. G., LOURENZANI, L. W. Produção enxuta em organizações do agronegócio: vários estudos de caso em um país em desenvolvimento. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 8, n. 3, p. 335-358, 2017.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SNEE, R. D. Impact of Six Sigma on Quality Engineering. **Quality Engineering**, v. 12, n. 3, p. 31-34, 2000.

TUPY, O.; SERILLO, J. A., Eficiência produtiva de frigoríficos e laticínios no Brasil. *In*: CONGRESSO DA SOBER, 2006. Fortaleza-CE. SOBER, v.1 p. 1-14, 2006.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YOUNG, A. Six Sigma: creating an advantage competitive. **The Virtual Strategist**, p. 38-41, 2001.

ZUPIC, I.; CATER, T. Bibliometric Methods in Management and Organization. **Organizational Research Methods**, v. 2, n. 23, p. 429-472. 2015.