



PROSPECÇÃO CIENTÍFICA DA APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING NA SEGURANÇA OCUPACIONAL

SCIENTIFIC PROSPECTATION OF THE APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING IN OCCUPATIONAL SAFETY

PROSPECCIÓN CIENTÍFICA DE LA APLICACIÓN DEL LEAN MANUFACTURING EN SEGURIDAD LABORAL

Michelle de Oliveira Menezes^{1*}, Ângelo Márcio Oliveira Sant'Anna², & Cristiane Agra Pimentel³

^{1,2} Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica da UFBA

³ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade

¹ michelle.menezes@ufba.br ² angelo.santanna@ufba.br ^{3*} cristianepimentel@ufrb.edu.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 01.10.2024

Aprovado: 30.10.2024

Disponibilizado: 29.11.2024

PALAVRAS-CHAVE: lean manufacturing; segurança; ISO 45001:2018

KEYWORDS: lean manufacturing; safety; ISO 45001:2018

PALABRAS CLAVE: lean manufacturing; seguridad; ISO 45001:2018

*Autor Correspondente: Menezes, M. de O.

RESUMO

O número de acidentes ao longo dos anos vem crescendo e isso é reflexo também das medidas de gestão, que possuem mais recursos para mapear e identificar os fatos com ferramentas de diagnóstico. Com isso, implementar um sistema de gestão pautado em saúde e segurança ocupacional proporciona mecanismos, acurácia dos dados para prevenção e melhoria contínua. O objetivo da pesquisa foi realizar um estudo bibliométrico, visando identificar as principais publicações no âmbito do *lean manufacturing* e segurança ocupacional para mapear as principais ferramentas *lean* utilizadas e associá-las aos requisitos da NBR ISO 45001:2018. O método empregado foi a pesquisa bibliométrica, entre 2019 e 2024, a partir das palavras-chaves "Lean" OR "Lean Thinking" AND "safety" OR "ISO 45001" AND "industry" OR "manufacturing". Os resultados obtidos foram: predominância de artigos de conferências; Índia como o país com mais publicações; e as ferramentas mais difundidas foram 5s, VSM e o trabalho padronizado, sendo o item Operação da norma com maior frequência de correlação com as ferramentas *lean*. A pesquisa conclui que existem oportunidades para explorar a relação entre *lean*, segurança e a ISO 45001:2018, principalmente pelo fato da relevância estratégica que os temas possuem.

ABSTRACT

The number of accidents has been growing over the years and this is also a reflection of management measures, which have more resources to map and identify the facts with diagnostic tools. Thus, implementing a management system based on occupational health and safety provides mechanisms, data accuracy for prevention and continuous

improvement. The aim of the research was to apply a bibliometric study to identify the main publications in the field of lean manufacturing and occupational safety to map the main lean tools used and associate them with the requirements of NBR ISO 45001:2018. The method used was bibliometric research, between 2019 and 2024, using the keywords "Lean" OR "Lean Thinking" AND "safety" OR "ISO 45001" AND "industry" OR "manufacturing". The results obtained were a greater predominance of conference articles, the country with the most publications were India and the most widespread tools were 5s, VSM and standardized work, with the item Operation of the standard having the highest frequency of correlation with lean tools. The research concludes that there are opportunities to explore the relationship between lean, safety and ISO 45001:2018, mainly due to the strategic relevance of both topics.

RESUMEN

El número de accidentes ha ido creciendo con el paso de los años y esto también es un reflejo de las medidas de gestión, que tienen más recursos para mapear e identificar los hechos con herramientas de diagnóstico. Así, la implementación de un sistema de gestión basado en la salud y la seguridad en el trabajo proporciona mecanismos, precisión de los datos para la prevención y la mejora continua. El objetivo de la investigación fue aplicar un estudio bibliométrico para identificar las principales publicaciones en el área de lean manufacturing y seguridad ocupacional con el fin de mapear las principales herramientas lean utilizadas y asociarlas a los requisitos de la NBR ISO 45001:2018. El método utilizado fue la investigación bibliométrica, entre 2019 y 2024, utilizando las palabras clave «Lean» OR «Lean Thinking» AND «safety» OR «ISO 45001» AND «industry» OR «manufacturing». Los resultados obtenidos fueron que predominaron los artículos de conferencias, el país con más publicaciones fue India y las herramientas más extendidas fueron 5s, VSM y trabajo estandarizado, siendo el ítem Operación de la norma el que tuvo mayor frecuencia de correlación con herramientas lean. La investigación concluye que existen oportunidades para explorar la relación entre lean, seguridad e ISO 45001:2018, debido principalmente a la relevancia estratégica de ambos temas.



INTRODUÇÃO

De acordo com relatório abrangendo o ano de 2019 da International Labour Organization (ILO, 2022), cerca de 395 milhões de trabalhadores sofreram acidente não fatal de trabalho no mundo. Em comparação ao ano de 2000, o número de acidentes aumentou 12%. Além disso, o maior fator contribuinte para a métrica *disability-adjusted life years* (DALY), (em português, anos de vida perdidos ajustados por incapacidade) foi acidentes de trabalho. É importante salientar que uma das razões para o aumento dos casos detectados são as ferramentas de diagnóstico que melhoraram ao longo dos anos (ILO, 2022). Ainda, este relatório trouxe uma nova estratégia global para a promoção da segurança ocupacional pautada em 5 princípios, sendo um deles, normas e instrumentos internacionais em saúde e segurança ocupacional.

Diante disso, a implementação de sistemas de gestão pautados em normas, metodologias e ferramentas torna-se aliada à promoção da segurança no trabalho (ISO, 2018; Malysa & Furman, 2021; Madsen et al., 2022). Implementar um Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional (SSO) tem como principal objetivo proporcionar locais de trabalho seguros e saudáveis, evitando, por meio da prevenção e proteção de lesões e da eliminação de perigos e minimização dos riscos, os problemas relacionados à saúde ocupacional. A NBR ISO 45001:2018 é uma norma internacional que especifica requisitos e orientações para as organizações, com o intuito de fomentar um local de trabalho seguro e saudável, gerenciando seus riscos e melhorando seu desempenho do sistema de gestão. Os seus requisitos são: Contexto da organização; Liderança e participação dos trabalhadores; Planejamento; Apoio; Operação; Avaliação de desempenho; e Melhoria (ISO, 2018).

Há evidências de outra prática de gestão, como o *Lean manufacturing*, utilizada para assegurar um local de trabalho seguro. Primeiramente, é importante conceituar a filosofia *lean*, que tem como fundamento a eliminação de etapas de produção que não agregam valor para o cliente. Nessa jornada, é imprescindível a busca de 5 princípios: perceber o significado de valor para o cliente; especificar o fluxo de valor; eliminar os desperdícios; seguir a demanda do cliente; e buscar a perfeição. Essa busca acontece por meio da interação dos princípios em um ciclo virtuoso (Womack & Jones, 1996). Os desperdícios a serem eliminados são: excesso de produção; processamento; estoque; movimentação; espera; defeitos e uso inadequado da criatividade (Liker, 2004).

O estudo proposto por Elapanda (2020) conclui que, na literatura, encontram-se poucos trabalhos que referenciam gestão *lean* e sistema de gestão em saúde e segurança, mas o trabalho reforça que a aplicação dessas ferramentas combinadas pode resultar em mais segurança no local de trabalho e eficácia nos custos. Singh et al. (2020) sinalizam que há poucas evidências com trabalhos que pretendem encontrar relação entre ferramentas *lean* e segurança. Contudo, indicam que certas ferramentas, como 5S e Poka Yoke, podem ser aplicadas para melhorar a saúde e a segurança dos trabalhadores. Malysa e Furman (2021) realizaram um estudo no qual identificaram as maiores causas de acidentes no setor metalúrgico e elegeram as ferramentas gestão visual e padronização como as de maior impacto na redução de acidentes. Haste e Vang (2021) concordam que uma abordagem

integrada utilizando *lean*, saúde, segurança ocupacional e produtividade propiciará mais destaque e foco nos quesitos de segurança dentro do âmbito empresarial.

Diante disso, a pergunta norteadora da pesquisa foi: de que forma o *lean manufacturing* pode contribuir para o processo de certificação em norma NBR ISO 45001:2018 em indústrias? Portanto, o objetivo da pesquisa foi realizar um estudo bibliométrico visando identificar as principais publicações no âmbito do *lean manufacturing* e segurança ocupacional no setor industrial. E como objetivos específicos, mapear as principais ferramentas *lean* utilizadas e associá-las aos requisitos da NBR ISO 45001:2018.

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Segurança ocupacional

Um sistema de gestão em SSO baseado na ISO 45001:2018 proporciona para as organizações gerenciar seus riscos de SSO e melhorar seu desempenho. Ele segue o ciclo PDCA, acrônimo para *plan-do-check-act*, consistindo em um processo que almeja a melhoria contínua. Na fase “*Plan*” (planejar), há designação dos riscos e oportunidades para o sistema, dos objetivos e processos SSO para alcance dos resultados pretendidos a partir da política de SSO, por meio do planejamento. Na fase “*Do*” (fazer) ocorre a implementação dos processos da fase anterior, consolidando os itens ‘apoio’ e ‘operação’. Na fase “*Check*” (checkar) verificam-se e mensuram-se os resultados baseados na fase de planejamento e execução dos processos, seguindo o item ‘avaliação de desempenho’. E na fase “*Act*” (agir) fomenta-se a melhoria contínua para o desempenho do SSO e resultados mapeados, em consonância ao item ‘melhoria’. Os demais itens da norma, a saber: Contexto da organização e Liderança e participação dos trabalhadores, referem-se a uma análise do seu contexto externo e interno para o sucesso do sistema de gestão em SSO (ISO, 2018).

Na seção Contexto da organização é tratado sobre o pensamento sistêmico e identificação de fatores que podem comprometer os resultados pretendidos. Na seção Liderança, o foco são comportamentos esperados da liderança em relação ao SSO, determinação da política e de responsabilidades, além do envolvimento dos trabalhadores, ou seja, o que líderes devem assegurar para cumprimento dos objetivos e da política de SSO da organização. Na seção Planejamento, o intuito é determinar e avaliar os fatores, riscos, perigos, requisitos legais e objetivos, a fim de mapear ações para alcance dos resultados (ISO,2018).

A seção Suporte planeja a comunicação com as partes interessadas e a criação e o gerenciamento da informação documentada. A seção Operação refere-se à aplicação do que foi identificado e avaliado em relação às seções anteriores, inclusive os planos de ação, para mitigar, eliminar os riscos e perigos, realizando gestão de mudança, aquisição de serviços e recursos. Na seção Avaliação de desempenho, é estabelecido o sistema de medição de desempenho para medir, monitorar, auditar, analisar e avaliar os processos de SSO. E por fim, a seção Melhoria traz o conceito de melhorar os resultados do SSO (ISO,2018).

O estudo realizado por Madsen et al. (2022) reforçou que as empresas que implementam um sistema de gestão em SSO possuem melhor desempenho em segurança ocupacional, tanto em relação à identificação dos perigos e riscos quanto no controle deles. Um outro resultado

interessante do estudo diz respeito a não encontrar evidências sobre a crítica de que os sistemas de gestão em SSO aumentam a burocracia e não melhoram os níveis de qualidade do controle dos riscos ocupacionais, embora recomende mais estudos sobre a relação entre ambos.

Morgado et al. (2019) identificaram que 74% das empresas portuguesas que possuem sistema de gestão em SSO definiram metas e monitoraram sua performance, enquanto 88% implementaram programa de prevenção de riscos, e 95% realizavam auditorias para avaliar seu sistema. O estudo também identificou algumas dificuldades, como falta de cultura de segurança, envolvimento da gestão e execução voluntária das regras de segurança. Outra pesquisa, também com empresas portuguesas que possuem certificação na ISO 45001, identificou que cerca de 88% dos respondentes tinham como principal motivação para certificação assegurar melhores condições em saúde e segurança do trabalho, enquanto outros 57% estavam em busca do cumprimento dos requisitos legais e 56% queriam diminuir o número de acidentes (Pedrosa & Baptista, 2022).

Segundo Liu et al. (2023), existem barreiras para implementação da certificação ISO 45001:2018 que se relacionam com a falta de comprometimento e de participação ou atitude negativa e falta de cultura de segurança. Essas podem representar as principais barreiras para a eficácia, o que é explicado pelo seu alto poder de dependência e condução, implicando nas demais barreiras. Dessa forma, foi entendido que o compromisso e a motivação da alta gestão, assim como uma política SSO e recursos financeiros, também devem ser priorizados para eliminar as barreiras na eficácia da certificação. Como alternativas, esses problemas podem ser contornados por um esclarecimento do compromisso com a implementação do sistema de gestão em SSO, melhoria da política, garantindo os recursos e dando apoio à implementação e manutenção.

2.2. Filosofia Lean

Os princípios da filosofia *lean* ou *lean production* são baseados nos fundamentos do Sistema Toyota de Produção, sendo, muitas vezes, considerados sinônimos (Liker, 2004). É obtido sucesso em uma iniciativa de melhoria *lean* quando as etapas que não agregam valor são eliminadas (Liker, 2004). O ponto crucial para o *lean* é valor, e esse é definido pelo cliente. O trabalho do pensamento *lean* começa na tentativa de definir valor para produtos com capacidades e preços específicos para um cliente específico. Muitas vezes organizações, engenheiros e especialistas adicionam um valor distorcido, com complexidade que não é interessante para os clientes (Womack & Jones, 1996). A exemplo, nos países de economias emergentes, nos quais recursos são limitados, a oportunidade para redução de custos nas atividades que não agregam valor é grande. Utilizando ferramentas *lean* com captação de pequenos investimentos e melhorias, é possível agregar valor, poupar recursos e aumentar lucro (Bizuneh & Omer, 2024). *Kaizen*, 5S, trabalho padronizado e *Value Stream Mapping* são alguns exemplos de ferramentas que cumprem esse propósito. *Kaizen* ou evento *kaizen* é busca para a melhoria contínua. Apresenta-se um problema específico para uma equipe, que coleta dados e informações para resolução (Balaji et al., 2022; Paliz & Sacoto, 2023). O *Value Stream Mapping* (VSM) avalia as etapas do processo ou estado atual, geralmente de um

produto ou serviço, a fim de visualizar as atividades que não agregam valor. São coletadas métricas como *takt time*, *work in progress* (WIP) e tempo de ciclo. O *takt time* é a cadência que a produção precisa seguir para atender o cliente; o tempo de ciclo é o tempo necessário do início de um processo até o seu término, incluindo atividades que agregam e não agregam valor ao produto final; e WIP é o trabalho em andamento (Paliz & Sacoto, 2023; Bizuneh & Omer, 2024).

O 5S tem senso para atingir melhor eficiência no local de trabalho. O primeiro senso, *seiri* ou utilização, classifica os materiais conforme sua necessidade. Essa fase resulta na retirada de itens que não são mais necessários. Os necessários são armazenados e os desnecessários, descartados. O segundo senso, *seiton* ou ordenação, é a organização dos itens baseados em sua necessidade e para otimizar o fluxo; os itens mais frequentemente usados precisam ser acondicionados com fácil acesso. Pode-se usar o gerenciamento visual, por cores, para identificação. O terceiro senso, *seiso*, é a rotina de limpeza baseada em frequência, seja ela diária, semanal ou mensal. O objetivo é manter o local limpo, para que o foco seja concentrado em outros elementos. O quarto senso, *seiketsu*, é a padronização de como as coisas precisam ser feitas ou mantidas e devem ser seguidas por toda a organização. Sem essa etapa, os esforços dos primeiros senso podem ser em vão. O quinto e último senso, *shitsuke*, é a sustentação ou controle. É focada na manutenção ou melhoria dos padrões. Nesta fase pode ocorrer auditorias para verificar e apontar correções (Gupta & Chandna, 2020; Konrad et al., 2023).

O trabalho padronizado pode ser empregado na forma de procedimentos ou lições de um ponto. São documentos que detalham como as tarefas ou métodos de trabalhos devem ser realizados pelos funcionários. Podem conter também informações importantes sobre perigos e riscos ocupacionais (Malysa & Furman, 2021).

Por fim, a análise de causa pode ser realizada utilizando algumas ferramentas tais como os 5 Porquês e o Diagrama de Ishikawa, que são algumas das mais utilizadas e que detectam a causa raiz dos problemas e traçam um plano de ação. Na técnica 5 Porquês utiliza-se o porquê em questionamento por cinco vezes, no sentido de entender um problema específico. Já o Diagrama de Ishikawa, ou Diagrama de Causa e Efeito, consiste em descobrir as causas de problemas alocando-os em categorias como máquina, método, mão de obra, meio ambiente e material (Muotka et al., 2023; Amrani & Ducq, 2020).

METODOLOGIA

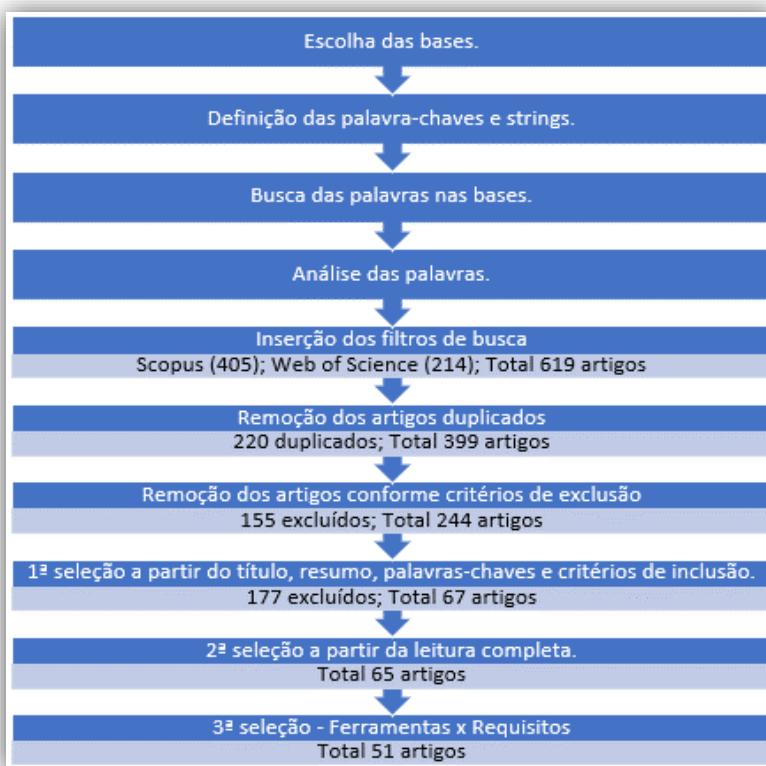
A pesquisa é caracterizada, quanto à abordagem, em quantitativa e qualitativa. A técnica empregada para a prospecção científica foi o estudo bibliométrico. Esse estudo é caracterizado pela medição dos níveis de produção e disseminação do conhecimento científico, utilizando técnicas quantitativas. Dentre seus objetivos, tem-se a identificação de tendências de conhecimentos de uma área, revistas, produtividades de autores, países, entre outros (Quevedo et al., 2016). Foi utilizado o software R e o pacote Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017) para análise dos artigos.

A pesquisa bibliométrica é gerida por três leis: Lei de Lotka, Lei de Bradford e Lei de Zipf. A Lei de Lotka tem por objetivo a identificação da produtividade dos autores em determinada área do conhecimento, encontrando o impacto da sua produção, por meio de tamanho-frequência. A Lei de Bradford identifica os periódicos que mais publicaram um determinado tema. A lei afirma que poucos periódicos possuem uma grande quantidade de artigos proeminentes. Por fim, a Lei de Zipf consiste em identificar as palavras-chaves mais recorrentes, ou seja, os temas mais tratados dentro de uma área de conhecimento. Segue o mesmo princípio das demais, uma pequena quantidade de palavras é utilizada com grande frequência (Quevedo et al., 2016; Stefanuto et al., 2022).

A abordagem qualitativa foi empregada a partir dos resultados da bibliometria, em que os dados foram discutidos para interpretar e descrever os fenômenos do objetivo de pesquisa.

A Figura 1 demonstra as etapas da pesquisa bibliométrica. O estudo iniciou com levantamento documental nas bases científicas Scopus e Web of Science. O motivo da escolha foi a facilidade de acesso e relevância de ambas na pesquisa científica. A definição das palavras-chaves passou por alguns critérios como relevância e quantidade de artigos encontrados. Por fim, foram escolhidas as palavras-chaves “Lean” OR “Lean Thinking” AND “safety” OR “ISO 45001” AND “industry” OR “manufacturing”, por representarem a aplicação do *lean* na indústria e a palavra “safety”, pois representa a área na qual o escopo da pesquisa pretende contribuir. Para o operador booleano, foi definido “AND” e “OR”, para restringir aos dois temas. Os filtros de buscas selecionados foram artigos publicados entre 2019 e 2024, em inglês, português e espanhol.

Figura 1. Processo de busca, seleção e quantidade de artigos em cada etapa do fluxo de seleção



Fonte: Autores (2024).

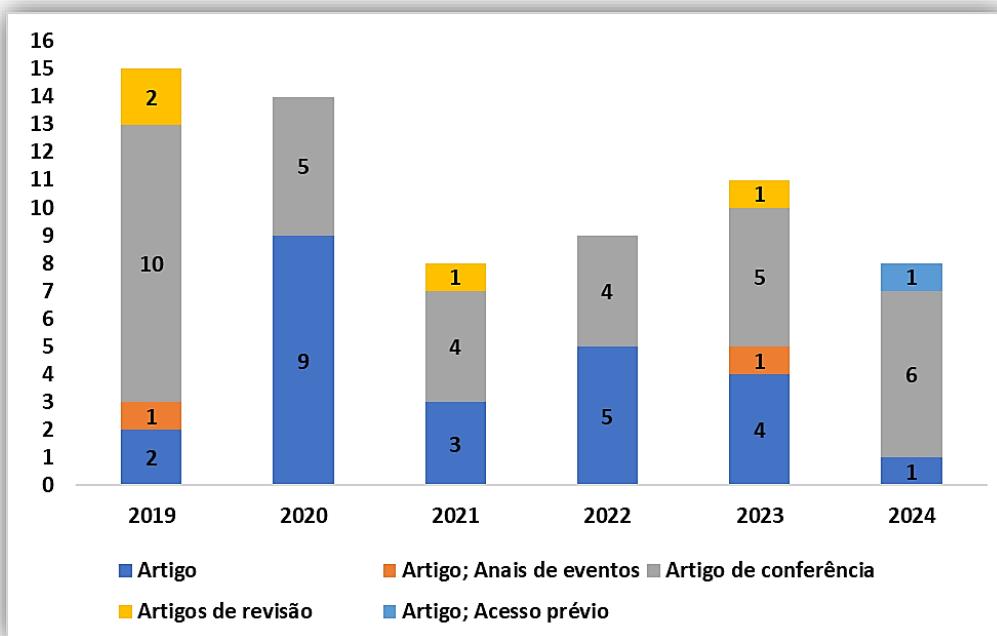
Os critérios de inclusão foram artigos que têm em seu contexto o tema segurança e *lean*, além de se relacionarem com a área industrial. Os critérios de exclusão foram artigos que não possuem discussão e/ou relação entre segurança e *lean*; discussões nas áreas de serviços, saúde, construção civil, ergonomia, entre outros; artigos duplicados e sem acesso; bases predatórias. Os artigos escolhidos, após a 2^a seleção, foram analisados e classificados de acordo com os critérios definidos baseados nas três leis da pesquisa bibliométrica. Após uma 3^a seleção, foram desconsiderados 14 artigos, pois não foi possível acessá-los para leitura, e, assim, foram mapeadas as ferramentas e requisitos da norma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da coleta de artigos, foi utilizado o pacote Bibliometrix do software R (Aria & Cuccurullo, 2017) para análise dos artigos. Foi possível identificar os pontos mais relevantes dos estudos, como autores, temáticas, países e ferramentas *lean* mais citadas.

A Figura 2 demonstra a produção científica anual dentro do limite temporal da pesquisa, 2019-2024, sendo 2019 o ano com maior predominância, com 15 artigos publicados. Entre 2019 e 2024, a produção obteve uma taxa de decrescimento anual de 11,81%. É possível que esse indicador esteja relacionado com a variação anual das bases Web of Science e Scopus.

Figura 2. Produção científica anual nas bases *Web of Science* e *Scopus*



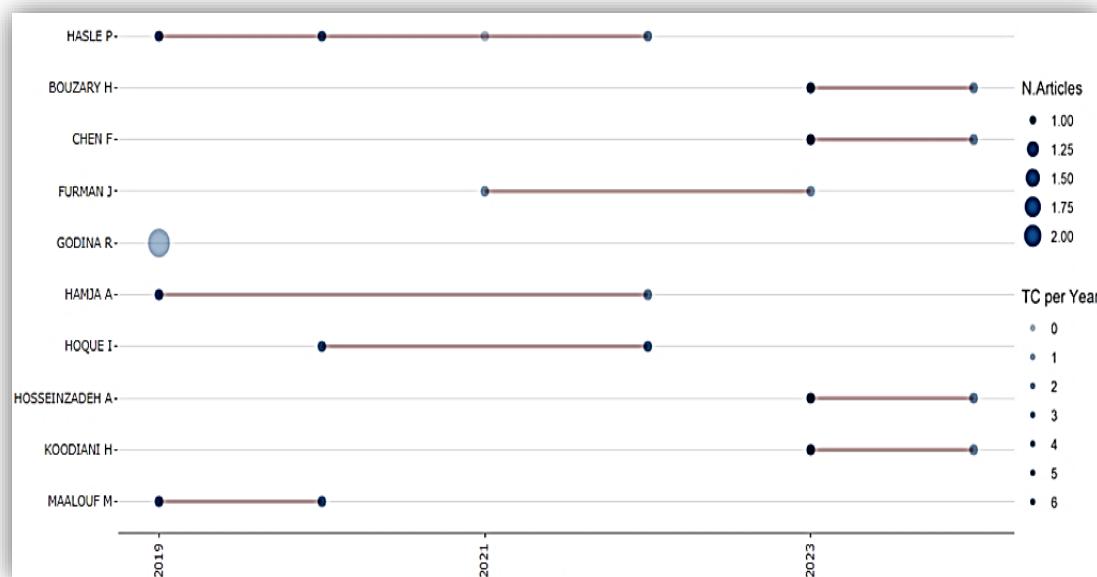
Fonte: Aria e Cuccurullo (2017).

No ano de 2021, a produção científica mundial na base Web of Science foi afetada em decorrência da pandemia da covid-19, ocasionando uma diminuição do ritmo na maioria dos países (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos [CGEE], 2022). Atrelado a isso, outro fator que pode ter influenciado foi o aumento do tempo médio para avaliação dos trabalhos (CGEE, 2022). A produção científica mundial na base Scopus segue a mesma tendência de decréscimo no ritmo de publicações que a base Web of Science. As taxas de crescimento, tendo como referência o ano anterior, foram de 7,45% em 2021, 1,96% em 2022 e -0,37% em 2023 (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação [MCTI], 2024).

A Figura 2 também mostra a quantidade por tipo de documento. Nota-se que a maioria são trabalhos advindos de conferências, 34 no total. É importante ressaltar a diferença entre o objetivo de ambos os tipos. Os artigos de periódicos geralmente passam por uma avaliação mais criteriosa, e os trabalhos são completos, reportando resultados conclusivos. Os artigos de conferência são escolhidos pela velocidade de publicação e resultados preliminares, principalmente em novas áreas com rápido crescimento, para garantir um posicionamento no mercado, e integração entre clientes, fornecedores, desenvolvedores e fabricantes. Pesquisadores em ciência e engenharia publicam para gerar conhecimento que beneficie financeiramente as organizações e, por isso, esse tipo de pesquisa é preferencialmente escolhido por pesquisadores da indústria (Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers [SPIE], 2015).

Segundo a Lei de Lotka, na qual se analisa a produtividade, a pesquisa apresentou uma alta porcentagem de autores com baixo número de artigos publicados, correspondente a 92,9%. E os autores que publicaram acima de 4 trabalhos correspondem a 0,5%. A Figura 3 demonstra os 10 autores com maior produtividade: Peter Hasle, da University of Southern Denmark, com 4 artigos, e os demais, com 2 artigos. Nota-se também que cada autor teve uma publicação no ano, exceto Radu Godina, da NOVA School of Science and Technology, com 2 publicados em 2019. Em 2023, os autores Hamed Bouzary, Frank Chen, Ali Hosseinzadeh e Hamid Koodiani, da University of Texas at San Antonio, obtiveram maior intensidade de citações, 6 cada um.

Figura3. Produtividade dos Autores 2019-2024



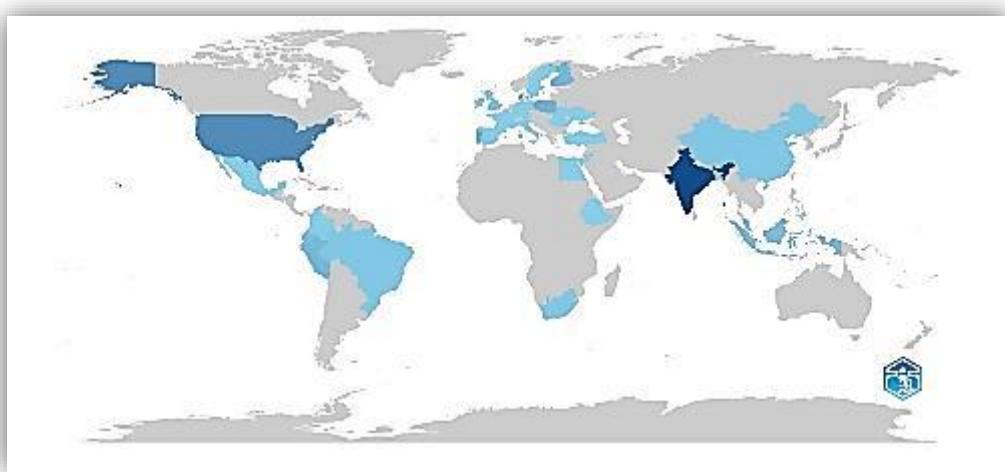
Fonte: Aria e Cuccurullo (2017).

De acordo com a classificação de perfil do Google Scholar, as áreas de atuação dos autores citados na Figura 3 perpassam por *lean*, engenharia/manufatura, cadeia de suprimentos e segurança e saúde ocupacional. O autor Peter Hasle atua em linhas de pesquisa como ambiente de trabalho, sustentabilidade, produtividade, gestão de saúde e segurança e *lean*.

Hamed Bouzary pesquisa manufatura inteligente/nuvem, pesquisa operacional, análise de dados e inteligência computacional. Já Frank Chen, manufatura flexível, produção industrial, cadeia de suprimentos, *lean*. Ao analisar o quantitativo de publicações em ordem decrescente por setor, tem-se metalúrgico com 7 publicações e vestuário com 6 com maiores frequências. Todos os trabalhos do autor com maior número de publicações, Peter Hasle, foram aplicados no setor vestuário. Na maioria dos trabalhos não foi possível identificar o setor do estudo, obtendo como categoria N/A (13).

Analizando-se sob a ótica do total de publicações por países, incluído coautoria, na Figura 4, tem-se a Índia com 23%, Estados Unidos com 12%, Dinamarca com 7%, Polônia e Portugal com 6%.

Figura 4. Produção por país (com coautoria)



Fonte: Aria e Cuccurullo (2017).

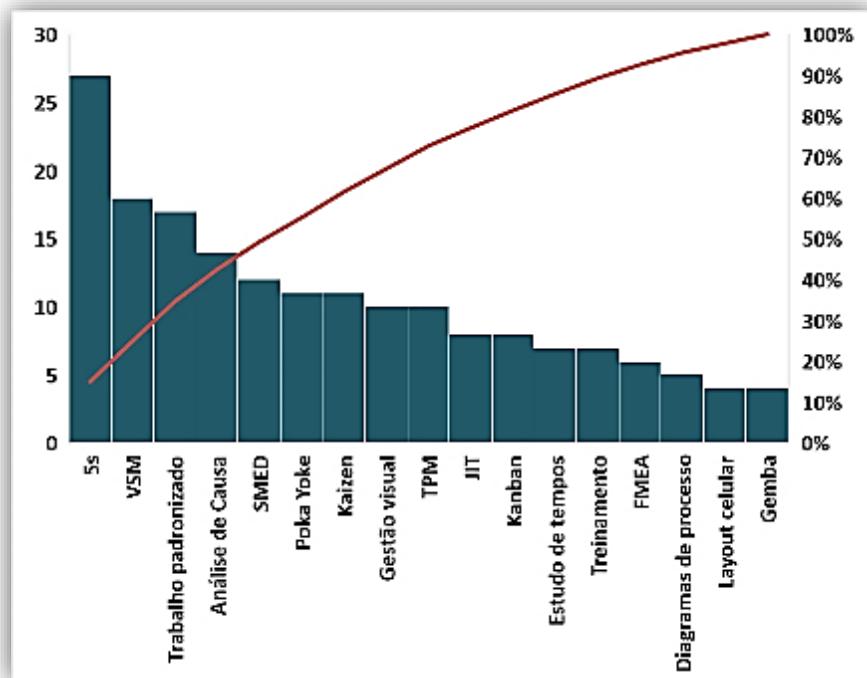
A Índia, ao longo dos anos, tem demonstrado alto empenho nos níveis de inovação. Segundo World Intellectual Property Organization (WIPO, 2023), o Índice Global de Inovação (IGI) do país demonstrou desempenho acima do esperado, considerando seu grau de desenvolvimento econômico, destacando-se como uma das economias que mais avançaram na última década (2013-2023), saindo da 65^a posição para 40^a, configurando um recorde de 13 anos consecutivos em ascensão. Vale ressaltar que, em relação ao número de formados em engenharia, o país encontra-se na 11^a posição (WIPO, 2023). Em relação a produções científicas, a Índia (4º), em 2022, ultrapassou países como Reino Unido (4º) e Alemanha (5º). Já os Estados Unidos ocupam a 3^a posição no IGI e possuem um desempenho acima do esperado, considerando seu grau de desenvolvimento econômico. A classificação para os demais países são: Dinamarca (9º), Polônia (41º) e Portugal (30º) (WIPO, 2023).

Em relação à Lei de Zipf, a Figura 5 demonstra as palavras-chaves mais relevantes escolhidas pelos autores. Destaque para *lean manufacturing* com 23 ocorrências, seguida por *lean* com 10 ocorrências, 5S com 8, *productivity* com 8 e *kaizen*, 6. Nota-se que a maioria das publicações tem *lean* como o tema central, diferentemente do tema segurança, cuja frequência é baixa, configurando pouca atuação dos pesquisadores nessa área no período pesquisado.

Figura 5. Palavras chaves com maior relevância

Fonte: Aria e Cuccurullo (2017).

A Figura 6 apresenta as principais ferramentas citadas nos trabalhos. As que apresentaram maior frequência foram 5S, VSM, Trabalho Padronizado, Análise de Causa e Efeito e SMED. É importante frisar que, para fins de nomenclatura, algumas ferramentas foram agrupadas em categorias, por exemplo, 5S, 6S e 7S foram consideradas em 5S; Lição de um ponto, em trabalho padronizado; Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês e Análise de Gargalo, em Análise de Causa e Efeito.

Figura 6. Quantitativo de ferramentas citadas nos trabalhos

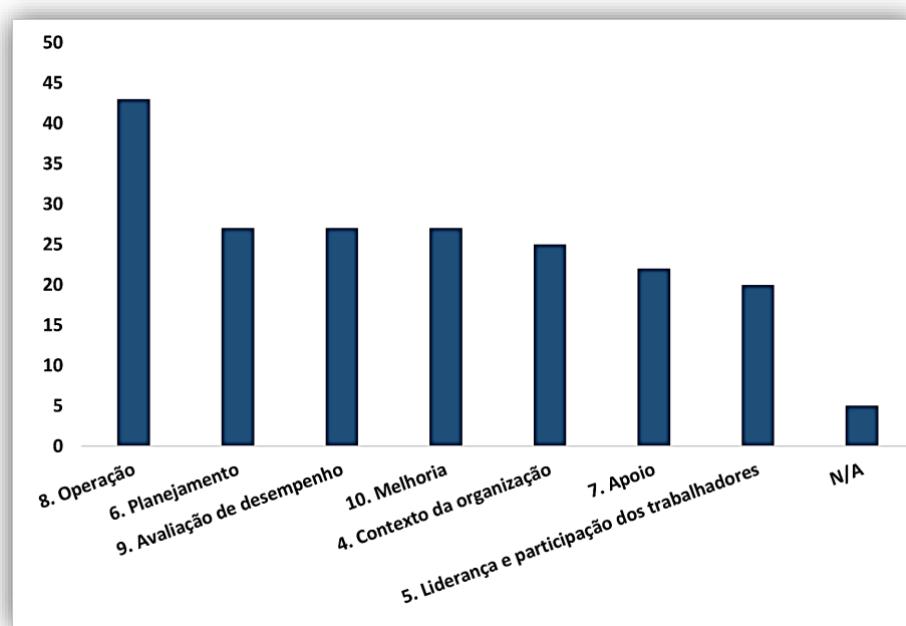
Fonte: Autores (2024).

O 5S foi a ferramenta mais empregada, podendo ser considerada a ferramenta base para implementação de outros sistemas, bem como para ganhos de produtividade, qualidade e segurança, sendo ela também uma ferramenta primária para a compreensão do *lean* (Mrugalska et al., 2020). Já a segunda ferramenta mais citada, o VSM pode estar relacionado ao seu objetivo, diagnosticar a situação atual e identificar gargalos no processo (Liza et al., 2022), podendo ser considerado ponto de partida da análise inicial em uma iniciativa *lean*.

Trabalho padronizado pode ser aplicado em diversos contextos industriais e contribui para minimizar desperdícios e melhorar a eficiência (Vijayanand & Rao, 2024). Lara et al. (2020), em um estudo bibliométrico, identificaram que VSM, trabalho padronizado e 5S também estão entre as 5 principais ferramentas implementadas.

Foi realizada uma correlação entre requisitos da NBR ISO 45001:2018 e ferramentas *lean* encontradas em cada estudo selecionado, conforme Figura 7. Em alguns trabalhos não foi possível identificar ferramentas e, por consequência, requisitos da norma. É importante frisar que foi associado trabalho padronizado a todos os itens da norma listados anteriormente: Contexto da organização; Liderança e participação dos trabalhadores; Planejamento; Apoio; Operação; Avaliação de desempenho; e Melhoria, pois, é uma ferramenta que pode ser aplicada, a fim de determinar como os itens serão executados dentro do sistema de gestão. Nota-se também que o requisito mais associado (Figura 7) foi o item Operação. Isso pode ser explicado pela natureza das ferramentas *lean* que propiciam otimização e melhoria dos processos produtivos e operacionais.

Figura 7. Frequência de requisitos associados a ferramentas *lean* dos trabalhos selecionados



Fonte: Autores (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *lean* amplamente difundido no contexto industrial auxilia nos resultados em produtividade, eficiência e eficácia dos processos, utilizando métodos e ferramentas para diferentes cenários. Utilizá-lo para atingir resultados em segurança é um caminho estratégico.

Entre 2019 e 2024, a pesquisa mostrou que o número de artigos nas bases pesquisadas, que englobam *lean* e segurança ou NBR ISO 45001:2018, foi reduzido, o que pode configurar uma vertente pouco explorada. Os principais autores são pesquisadores e atuam em linhas de pesquisa em manufatura. Outro resultado interessante é a quantidade de estudos realizados por autores da Índia, destacando-se como o principal país a pesquisar o tema. Resultado alinhado com sua crescente atuação nos últimos anos em formação de engenheiros e inovação.

Quando explorado o âmbito das ferramentas mais empregadas, destacaram-se o 5S, VSM e o trabalho padronizado, ferramentas muitas vezes consideradas na literatura como bases para a melhoria contínua e manutenção dos resultados. Ao analisar sob a ótica dos setores mais empregados, foram o metalúrgico e vestuário.

Na correlação entre ferramentas e requisitos da norma NBR ISO 45001:2018, o requisito mais frequente foi o item Operação. Resultado alinhado com o propósito da aplicação do *lean*.

A pesquisa é relevante para área acadêmica e profissional, pois explora uma vertente de pesquisa que requer mais atenção, visto a sua implicação na saúde e segurança ocupacional, alinhado ao tema de gestão altamente empregado no mundo como o *lean manufacturing*.

A escolha do pacote Bibliometrix do software R para executar a análise bibliométrica foi uma vantagem, pois é um software de código aberto. Porém, oferece suporte para poucos bancos de dados bibliográficos, sendo este um limitador para esta pesquisa.

Por fim, a relação entre *lean manufacturing* e segurança ocupacional pode ser mais explorada em trabalhos futuros, em relação a aplicação, vantagens e desvantagens.

REFERÊNCIAS

- Amrani, A. & Ducq, Y. (2020). Lean practices implementation in aerospace based on sector characteristics: methodology and case study. *Production Planning and Control*, 31(16), 1313–1335. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1706197>
- Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Balaji, M., Dinesh, S. N., Raja, S., Subbiah, R., & Manoj Kumar, P. (2022). Lead time reduction and process enhancement for a low volume product. *Materials Today: Proceedings*, 62, 1722–1728. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.12.240>
- Bizuneh, B. & Omer, R. (2024). Lean waste prioritisation and reduction in the apparel industry: application of waste assessment model and value stream mapping. *Cogent Engineering*, 11(1), 2341538. <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2341538>
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. (2022). *Boletim Anual OCTI 2021*, Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília, v.2, maio 2022. 176 p. Recuperado de <https://www.cgee.org.br/estudoscgee>.
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. (2023). *Boletim anual OCTI 2022*, Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília, v. 3, jun. 122 p. Recuperado de <https://www.cgee.org.br/estudoscgee>.
- Elapanda, S., Rao, D. U., Kumar, E. S., Raju, D. I. B., & Rama Rao, D. S. G. (2020). An Analysis on Application of Lean Framework in Health and Safety Management for Manufacturing & Service Organizations. *International Journal of Management (IJM)*, 11(4), 88-97. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:23752647>
- Gupta, S. & Chandna, P. (2020). A case study concerning the 5S lean technique in a scientific equipment manufacturing company. *Grey Systems*, 10(3), 339–357. <https://doi.org/10.1108/GS-01-2020-0004/FULL/PDF>
- Hasle, P., & Vang, J. (2021). Interventions to Improve Occupational Safety and Health in the Garment Industry – Development of New Integrated Strategies. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 221 LNNS, 467-474. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74608-7_58
- International Labour Organization. (2023). *A call for safer and healthier working environments*. Recuperado de <https://doi.org/10.54394/HQBQ8592>.
- International Organization for Standardization. (2018). *Sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional — Requisitos com orientação para uso* (NBR ISO 45001:2028).
- Konrad, K., Sommer, M., & Shareef, I. (2023). Crate consolidation and standardization using lean manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 35, 1264–1275. <https://doi.org/10.1016/J.MFGLET.2023.08.105>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Education.

- Liu, X., Liu, Y., Li, H., & Wen, D. (2023). Identification and analysis of barriers to the effectiveness of ISO 45001 certification in Chinese certified organisations: A DEMATEL-ISM approach. *Journal of Cleaner Production*, 383, 135447. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.135447>.
- Muotka, S., Togiani, A., & Varis, J. (2023). A Design Thinking Approach: Applying 5S Methodology Effectively in an Industrial Work Environment. *Procedia CIRP*, 119, 363–370. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.03.103>
- Madsen, C. U., Thorsen, S. V., Hasle, P., Laursen, L. L., & Dyreborg, J. (2022). Differences in occupational health and safety efforts between adopters and non-adopters of certified occupational health and safety management systems. *Safety Science*, 152, 105794. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105794>
- Małysa, T. & Furman, J. (2021). Application of selected Lean Manufacturing (LM) tools for the improvement of work safety in the steel industry. *Metalurgija*, 60(3-4), 434-436. Recuperado de <https://hrcak.srce.hr/en/clanak/372294>.
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. (2024, abril 17). 8.3.1 Número de artigos brasileiros, da América Latina e do mundo publicados em periódicos científicos indexados pela Thomson/ISI e Scopus, 1996-2023. Recuperado de <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/indicadores/paginas/comparacoes-internacionais/producao-cientifica/8-3-1-numero-de-artigos-brasileiros-da-america-latina-e-do-mundo-publicados-em-periodicos-cientificos-indexados-pela-thomson-isi-e-scopus>.
- Morgado, L., Silva, F. J. G., & Fonseca, L. M. (2019). Mapping Occupational Health and Safety Management Systems in Portugal: outlook for ISO 45001:2018 adoption. *Procedia Manufacturing*, 38, 755–764. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.01.103>
- Pedrosa, M. H. & Baptista, A. (2022). The perception of the impact of certification on organisational culture relative to the environment and occupational health and safety. *International Conference on Quality Engineering and Management*, 306-328. <https://www.researchgate.net/publication/362421029>
- Mrugalska, B., Konieczna, M., & Wyrwicka, M. K. (2020). How to improve manufacturing process implementing 5S practices: A case study. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1131 AISC, 1225-1232. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39512-4_187.
- Paliz, J. S. B. & Sacoto, S. V. A. (2023). Characterizing the integration of BRC food safety certification and lean tools: the case of an Ecuadorian packaging company. *TQM Journal*, 35(4), 872-892. <https://doi.org/10.1108/TQM-05-2021-0120>
- Quevedo, F. -S., Santos, E. B. A., Brandão, M. M., & Vils, L. (2016). Estudo Bibliométrico: Orientações sobre sua Aplicação. *Revista Brasileira de Marketing*, 15(2), 246–262. <https://doi.org/10.5585/remark.v15i2.3274>.
- Singh, C., Singh, D., & Khamba, J. S. (2020). Exploring an alignment of lean practices on the health and safety of workers in manufacturing industries. *Materials Today: Proceedings*, 47, 6696–6700. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.116>.
- Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers. (2015). *The Value of Proceedings*. Recuperado de <https://spie.org/Documents/Publications/Value-of-Proceedings.pdf>.
- Stefanuto, V. A., Oliveira, S. M. P. de, Moreira, J. F., Aguiar, A. S., & Farias, E. (2022). Análise bibliométrica como ferramenta metodológica. *Revista Nova Paideia - Revista Interdisciplinar Em Educação e Pesquisa*, 307-326. <https://doi.org/10.36732/EditoraNovaPaideia..250>.
- Vieira, L. C. N., Menezes, M. D. O., Pimentel, C. A., & Juventino, G. K. S. (2020). Lean healthcare no Brasil: uma revisão bibliométrica. *Revista de Gestão Em Sistemas de Saúde*, 9(3), 381–405. <https://doi.org/10.5585/rgss.v9i3.16882>.
- Vijayanand, J. & Rao, V. S. (2024). An Artificial Neural Network Model Supported with Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Approaches to Rank Lean Tools for a Foundry Industry. *Transactions of FAMENA*, 48(2), 45–68. <https://doi.org/10.21278/TOF.482046022>
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (1996). Lean thinking. New York: Simon & Schuster.
- World Intellectual Property Organization. (2023). *Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty*. Geneva: WIPO. <https://doi.org/10.34667/tind.48220>