

Lean 4.0 sob a Perspectiva da Gestão da Demanda

Cicero Gomes Leo (Universidade Federal Fluminense - UFF) cicerogl@gmail.com

Solange Fortuna Lucas (Universidade Federal Fluminense - UFF)

solangefortunallucas@gmail.com

Carlos Francisco Simões Gomes (Universidade Federal Fluminense - UFF) cfsgl@bol.com

Resumo

Um dos objetivos da gestão de demanda é prever e influenciar a demanda dos clientes, alinhando a oferta com as necessidades do mercado. O *Lean 4.0* é a aplicação dos princípios *Lean Manufacturing* à era da Indústria 4.0, com o uso de tecnologias como *Internet of Things*, *Big Data* e inteligência artificial. A gestão de demanda e os princípios do *Lean 4.0*, quando integrados, tem o potencial de formar uma sinergia que otimiza processos, reduz custos e aumenta a satisfação do cliente. Essa integração permite que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças do mercado, minimizando desperdícios e maximizando a eficiência. Contudo, poucos trabalhos abordam a integração entre a gestão de demanda e o *Lean 4.0*. Desta forma, a presente pesquisa busca entender como os conceitos de gestão de demanda se integram com os princípios do *Lean 4.0*. Para isto, foi conduzida uma revisão sistemática da literatura por meio do método *Systematic Search Flow* (SSF) nas bases Scopus e Web of Science. A digitalização e a conectividade dos sistemas de produção trazem diversos benefícios para as empresas, como aumento da receita e da eficiência, redução de paradas e tempos de ciclo, e melhor alinhamento entre oferta e demanda. Ao combinar essas tecnologias com os princípios *Lean 4.0*, as empresas conseguem otimizar seus processos, reduzir desperdícios e aumentar sua competitividade no mercado, além de promover a sustentabilidade a longo prazo.

Palavras-Chaves: *Lean 4.0, gestão de demanda, revisão sistemática da literatura.*

1. Introdução

A gestão de demanda é um conjunto de práticas e ferramentas que as empresas utilizam para entender, analisar e atender às necessidades dos seus clientes de forma eficiente e eficaz.

O processo de gerenciamento de demanda da cadeia de suprimentos pode impulsionar o fornecimento aprimorado e o atendimento da demanda, minimizando os efeitos da variabilidade da demanda e atendendo à demanda do cliente (Flores *et al.*, 2023).

A correta previsão de demanda na cadeia de suprimentos pode reduzir incerteza em relação à demanda do cliente na cadeia de suprimentos, reduzindo os custos e atividades excedentes de empresas e organizações (Rezaeefard *et al.*, 2022).

Enquanto que o *Lean* 4.0 representa a convergência entre os princípios da filosofia *Lean* e as tecnologias da Indústria 4.0. A Indústria 4.0 complementa o *Lean Manufacturing* ao permitir que este se adapte às demandas cada vez mais complexas e personalizadas do mercado atual (Gil-Vilda; Yagüe-Fabra; Sunyer, 2021).

À medida que o *Lean* tradicional busca a otimização de processos, a Indústria 4.0, com suas tecnologias digitais, oferece as ferramentas necessárias para que o *Lean* possa acompanhar a crescente demanda por produtos personalizados, sem comprometer sua eficiência e robustez (Cifone *et al.*, 2021).

Poucos trabalhos abordam estas duas temáticas, assim a presente pesquisa busca entender como os conceitos de gestão de demanda se integram com os princípios do *Lean* 4.0. As questões de pesquisa (QP) que este trabalho pretende responder são:

QP1 - Como a implementação de tecnologias *Lean* 4.0 influencia a precisão das previsões de demanda?

QP2 - Quais os impactos do *Lean* 4.0 na redução de lead time e no aumento da flexibilidade para atender às variações da demanda?

QP3 - De que forma o *Lean* 4.0 contribui para a diminuição dos níveis de estoque e para a otimização da gestão de materiais?

QP4 - Quais as tecnologias e ferramentas *Lean* 4.0 mais adequadas para a gestão de demanda em diferentes contextos?

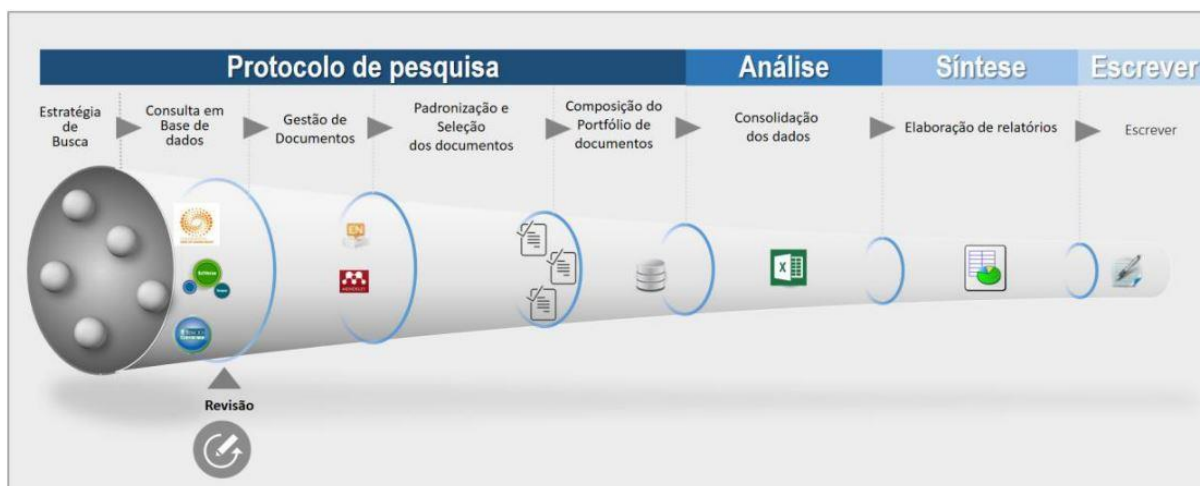
Para isto, foi conduzida uma revisão sistemática da literatura pelo método SSF (Ferenhof; Fernandes, 2016) e pontuação conforme protocolo de pesquisa de Júnior *et al.* (2023).

2. Metodologia

Uma revisão sistemática da literatura acerca dos seguintes eixos temáticos *Lean* 4.0 e Gestão de Demanda foi conduzida. Para tanto, foi utilizado o método *Systematic Search Flow* (SSF) que visa sistematizar o processo de busca na base de dados científica para garantir a reprodução

e evitar o viés do pesquisador (Ferenhof; Fernandes, 2016). A Figura 1 contém as etapas e atividades, que serão descritas em seguida.

Figura 1 - Método SSF



Fonte: Ferenhof e Fernandes (2016)

A atividade 1 é a estratégia de busca, ou protocolo de pesquisa, abrangendo um conjunto de procedimentos que definem os mecanismos de busca e recuperação da informação. O protocolo de pesquisa compreendeu o seguinte conjunto de palavras ("LEAN 4.0" AND ("DEMAND" OR "PREDICT*" OR "FORECAST*" OR "INVENTORY" OR "MANAGEMENT"))).

A atividade 2 é a parametrização e execução, por meio de uma interface computacional, de acordo com a estratégia formulada na atividade 1, nas bases previamente selecionadas. As bases de dados científicas Scopus e Web of Science (WoS) foram usadas para este estudo por causa de seu escopo abrangente, fontes confiáveis, recursos avançados de pesquisa e ferramentas de análise de citações que os tornam indispensáveis para acadêmicos que se esforçam para gerar artigos de revisão abrangentes e legítimos (Zhu; Liu, 2020).

Na atividade 3, o objetivo é separar as respostas de cada pesquisa, utilizando um *software* que organiza bibliografias e referências. A atividade 3 foi concluída com a organização dos artigos no gerenciador de referências Mendeley e removendo os arquivos duplicados.

A atividade 4 é o processo de criação de filtros de seleção, leitura dos títulos, resumos e palavras-chave de cada artigo, levando à escolha daqueles que estão alinhados com o tema de pesquisa. Para esta pesquisa foram removidos os capítulos de livros, artigos que não estavam no idioma inglês ou que não estavam disponíveis. O filtro por leitura dos títulos, resumos e

palavras-chave não foi aplicado, visando manter a maior quantidade de artigos para leitura na íntegra.

A atividade 5 envolve a leitura na íntegra de todos os artigos resultantes do filtro anterior, permitindo uma filtragem adicional para excluir aqueles que não demonstraram aderência ao tema sob investigação. Nesta atividade também foi considerado pontuar os artigos selecionados para leitura na íntegra, conforme protocolo de Júnior *et al.* (2023) que foi inspirado no método PRISMA (Page *et al.*, 2021).

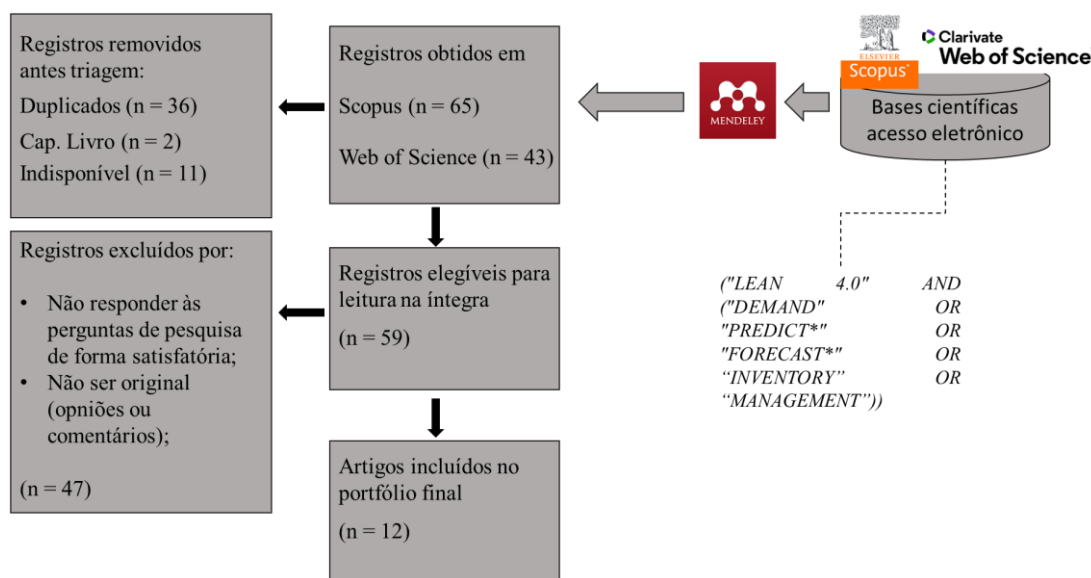
Artigos que respondem completamente às perguntas de pesquisa recebem a pontuação máxima (2 pontos), enquanto aqueles que respondem parcialmente (1 ponto) ou não respondem (zero pontos) são pontuados de forma decrescente. Apenas os artigos com pontuação igual ou superior a 4 pontos são considerados relevantes para a pesquisa e são incluídos na revisão.

A atividade 6 é a interpretação dos dados, levantamento das lacunas de conhecimento existentes, bem como a obtenção de dados bibliométricos para auxiliar na análise exploratória da pesquisa. A análise bibliométrica foi realizada por meio do pacote bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017).

A atividade 6 marcou a transição da Análise para a Síntese no método SSF. Na atividade 7, as respostas às perguntas de pesquisa foram consolidadas e comparadas, permitindo a construção de inferências e a elaboração de relatórios. Por fim, a atividade 8 culminou na escrita científica do artigo, finalizando a etapa de Escrita.

3. Resultados e Discussão

A pesquisa ocorreu em 19/11/2024 nas bases mencionadas anteriormente e os resultados podem ser encontrados na Figura 2.

Figura 2 - Resultados da pesquisa


Primeiro foram encontrados 108 documentos, que depois da exclusão dos documentos duplicados, indisponíveis e capítulos de livro, restaram 59 documentos. Estes foram submetidos a leitura na íntegra e pontuação buscando responder às QP's. Os artigos que alcançaram pontuação inferior a 4 pontos do total geral foram excluídos, não fazendo parte do portfólio final. Assim, o portfólio final dos 12 artigos encontra-se na Tabela 1. Com base nos 12 artigos foi feita uma análise bibliométrica por meio do pacote bibliometrix.

Tabela 1 - Artigos portfólio final

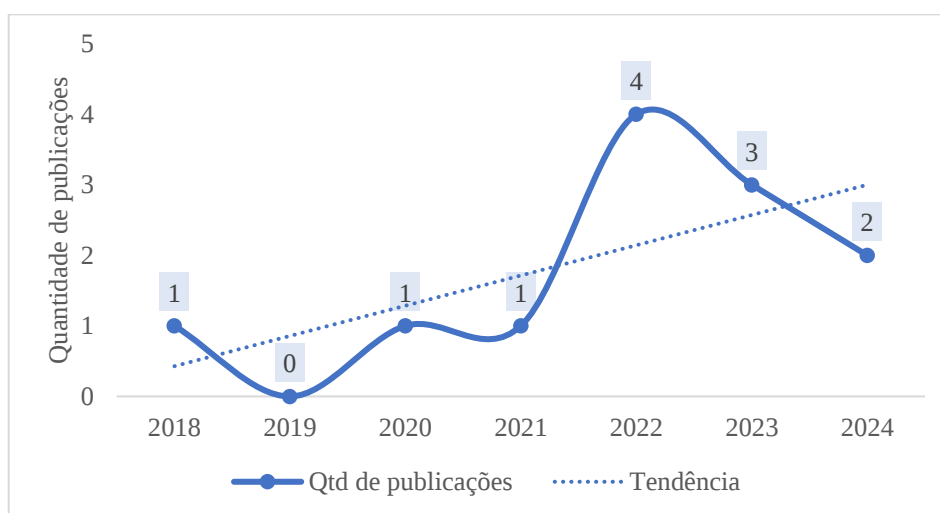
Título	Autor/Ano
EMPOWERING PROCESS AND CONTROL IN LEAN 4.0 WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE	(Perico; Mattioli, 2020)
LEAN 4.0': HOW CAN DIGITAL TECHNOLOGIES SUPPORT LEAN PRACTICES?	(Cifone <i>et al.</i> , 2021)
EXPLORING RELATIONSHIPS BETWEEN LEAN 4.0 AND MANUFACTURING INDUSTRY	(Javaid <i>et al.</i> , 2022)
HOW TO ADAPT LEAN PRACTICES IN SMES TO SUPPORT INDUSTRY 4.0 IN MANUFACTURING	(Mofolasayo <i>et al.</i> , 2022)
LEAN TOOLS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0: LITERATURE REVIEW, IMPLEMENTATION AND TRENDS	(Rossi <i>et al.</i> , 2022)
THE CONFLUENCE OF LEAN MANUFACTURING AND INDUSTRY 4.0: A LITERATURE REVIEW	(Rojas; Huamanchahua, 2022)
A PRODUCTION MODEL THAT COMBINES LEAN AND INDUSTRY 4.0 PRINCIPLES TO ENHANCE THE PRODUCTIVITY OF SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES (SMES) IN PERU'S FOOD MANUFACTURING SECTOR	(Komori-Zevallos <i>et al.</i> , 2023)
LEAN 4.0: A DIGITAL TWIN APPROACH FOR AUTOMATED CYCLE TIME COLLECTION AND YAMAZUMI ANALYSIS	(Pinheiro <i>et al.</i> , 2023)

LEAN AND INDUSTRY 4.0: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS, OPPORTUNITIES FOR FUTURE RESEARCH DIRECTIONS	(Alsadi <i>et al.</i> , 2023)
A NOVEL TOOL-INPUT-PROCESS-OUTPUT (TIPO) FRAMEWORK FOR UPGRADING TO LEAN 4.0	(Koteswarapavan; Pattanaik, 2024)
UNLOCKING POTENTIAL FOR A CIRCULAR BIOECONOMY TRANSITION THROUGH DIGITAL INNOVATION, LEAN MANUFACTURING AND GREEN PRACTICES: A REVIEW	(Halim-Lim <i>et al.</i> , 2024)

Fonte: Autores

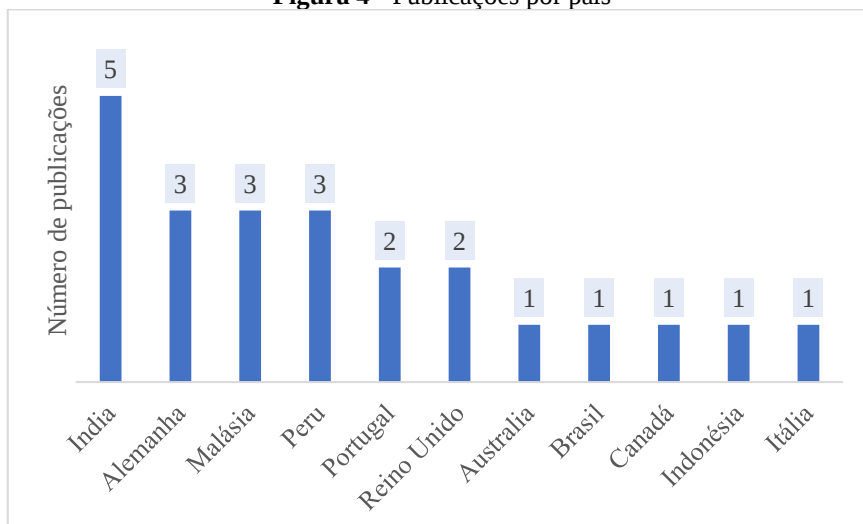
A Figura 3 contém a quantidade de publicações por ano. Percebe-se uma tendência de crescimento em artigos com as duas temáticas.

Figura 3 - Publicações por ano



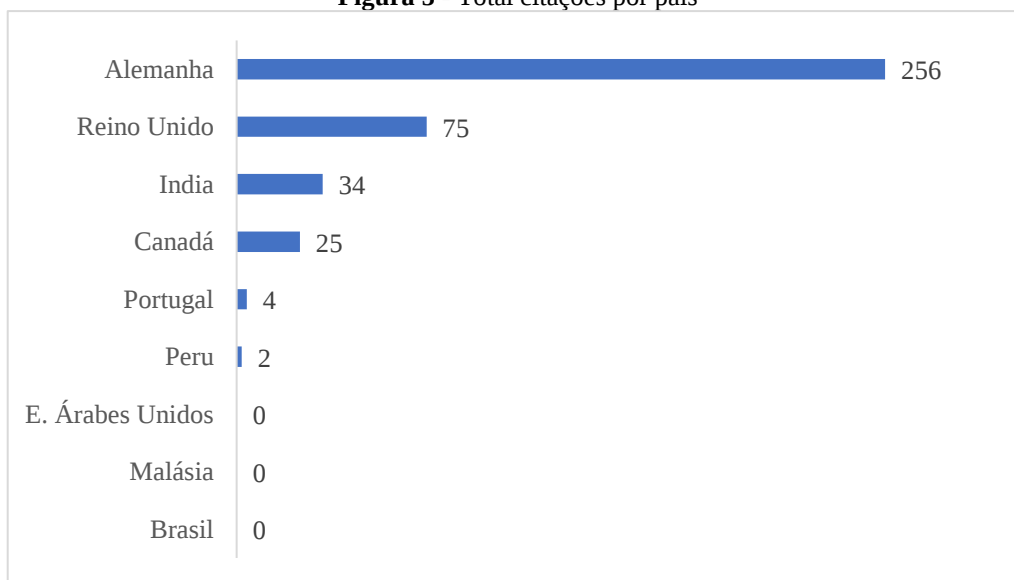
Fonte: Autores

A Figura 4 contém a publicação por país e pode-se perceber que a Índia lidera com 5 publicações, seguida da Alemanha, Malásia e Peru com 3 publicações cada.

Figura 4 - Publicações por país


Fonte: Autores

A Figura 5 contém o total de citações por país. Ao contrário da Figura 4, a Alemanha lidera com o artigo de Mayr *et al.* (2018), seguido do Reino Unido (Cifone *et al.*, 2021) e em terceiro lugar a Índia (Javaid *et al.*, 2022).

Figura 5 - Total citações por país


Fonte: Autores

A Figura 6 contém dois nichos onde as duas temáticas são discutidas: Indústria 4.0 e *Lean Production*.

Figura 6 - Rede de co-ocorrência



Fonte: Autores

A Figura 7 contém a nuvem de palavras por palavras-chave, título e resumo dos artigos finais. As palavras *Industry* e *Lean* aparecem em todos os três campos dos artigos. Isso se deve em função do *Lean 4.0* ser a sinergia entre estes dois conceitos.

Figura 7 - Nuvem palavras



Palavras-chave



Título



Resumo

Fonte: Autores

3.1. Respostas à QP1

De acordo com Mayr et al. (2018), a implementação de ferramentas *Lean 4.0* demonstra potencial para otimizar o processo de *Heijunka*. A análise de dados preditiva, por exemplo, possibilita aprimorar a precisão das previsões de demanda, uma vez que combina dados históricos com uma compreensão mais profunda das necessidades dos clientes, obtida por meio de análises de mercado detalhadas.

Essa maior acurácia nas previsões, por sua vez, contribui para a estabilização do planejamento da produção. Além disso, o *Lean 4.0* oferece uma abordagem promissora para lidar com a crescente volatilidade da demanda do mercado. Ao aumentar a flexibilidade dos processos

produtivos, o *Lean* 4.0 permite uma resposta mais ágil e eficiente a flutuações na demanda, superando as limitações de um sistema de produção nivelada tradicional.

Conforme Perico e Mattioli (2020), a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina tem demonstrado um potencial significativo para otimizar a colaboração entre compradores e fornecedores, resultando em uma gestão mais eficiente da cadeia de suprimentos. Através da análise preditiva de dados históricos e em tempo real, é possível aprimorar a precisão das previsões de demanda, reduzindo os níveis de estoque e aumentando a confiabilidade no cumprimento dos prazos de entrega.

Um experimento conduzido Cifone *et al.* (2021) reuniu um grupo para discutir como melhorar as previsões de demanda utilizando dados e inteligência artificial. Eles identificaram diversas fontes de dados e técnicas de Inteligência Artificial que podem ser aplicadas para aprimorar esses modelos. Os resultados indicam que uma previsão de demanda mais precisa pode otimizar processos como o pedido de suprimentos e o planejamento de pessoal, resultando em uma gestão mais eficiente das operações.

Mofolasayo *et al.* (2022) esperam que a resposta quase em tempo real às mudanças nas preferências/demanda/valor do cliente (ou seja, *Big Data*/análise de mercado) ajude a resolver o problema do processamento excessivo.

Rossi *et al.* (2022) utiliza o mapeamento de processos digitais com base em dados históricos e demandas futuras para gerenciar processos e suas aquisições futuras. No entanto, isso demanda uma enorme quantidade de dados que também são complexos de analisar.

Já Komori-Zevallos *et al.* (2023) aplicaram a ferramenta VSM (*Value Stream Mapping*) com um modelo integrado de previsão de demanda com aprendizado de máquina para otimizar a produção de uma Pequena e Média Empresa no setor de fabricação de alimentos no Peru.

3.2. Respostas à QP2

No geral, o Just in Time 4.0 (JIT 4.0) convence com maior transparência, prazos de entrega mais curtos e maior flexibilidade (Mayr *et al.*, 2018). Através de tecnologias avançadas, a Indústria 4.0 permite a implementação eficiente do JIT (*Just in Time*), reduzindo custos, prazos e desperdícios, e aumentando a flexibilidade e a personalização da produção (Mofolasayo *et al.*, 2022). Ao implementar a estrutura JIT 4.0, é possível obter vários resultados desejáveis, como minimizar o excesso de estoque, reduzir o tempo de espera, aumentar a eficiência

operacional, obter economia de custos, garantir a rastreabilidade e aumentar a adaptabilidade (Halim-Lim *et al.*, 2024; Koteswarapavan; Pattanaik, 2024).

O *Kanban 4.0* otimiza a gestão de processos, utilizando etiquetas de rastreabilidade para monitorar atividades em tempo real. Ao integrar os dados operacionais, ela permite uma visibilidade completa das etapas, reduzindo prazos e garantindo maior eficiência (Rossi *et al.*, 2022).

De acordo com Mayr *et al.* (2018), o SMED 4.0 (*Single Minute Exchange of Dies*) visa reduzir o tempo de inatividade e o custo causados pelos processos de *setup*. O aumento da flexibilidade por meio de tempos de *setup* curtos facilita a produção de lotes pequenos, ao mesmo tempo em que alcança prazos de entrega curtos e mantém um baixo nível de estoque.

O VSM 4.0 (*Value Stream Mapping*) aumenta a transparência do fluxo de materiais e informações dentro da cadeia de criação de valor para identificar desperdícios (Mayr *et al.*, 2018). Posteriormente, um estado-alvo aprimorado é definido no design do fluxo de valor e essa otimização visa reduzir o lead time e facilitar o fluxo de produção (Halim-Lim *et al.*, 2024).

Usando o aprendizado de máquina, compradores e fornecedores podem colaborar de forma mais eficaz e reduzir a falta de estoque, melhorar a precisão das previsões e cumprir ou superar mais datas de entrega ao cliente (Perico; Mattioli, 2020). Através de modelos de aprendizado de máquina, é possível prever a demanda com maior precisão, evitando excessos ou faltas de produtos (Komori-Zevallos *et al.*, 2023). Essa otimização na gestão da produção reduz custos, equilibra a carga de trabalho e garante uma entrega mais eficiente, atendendo melhor às necessidades dos clientes.

Com o *Lean 4.0*, os fabricantes podem reduzir o tempo de espera, eliminando atividades sem valor agregado e otimizando o fluxo de produção. Ao integrar as tecnologias Indústria 4.0, os fabricantes podem identificar e eliminar gargalos e reduzir o tempo de espera, permitindo a entrega de produtos de alta qualidade, mantendo-se flexíveis e ágeis diante das mudanças nas demandas do mercado (Pinheiro *et al.*, 2023).

O benefício do *Lean 4.0* é contribuir para uma organização flexível que possa responder às variações da demanda devido à personalização do produto, ciclo de vida reduzido do produto e aumento da complexidade no design do produto e nos processos de produção (Alsadi *et al.*, 2023). O *Lean 4.0* visa otimizar processos e reduzir custos operacionais, sem comprometer a qualidade dos produtos. Ao fornecer aos clientes informações detalhadas sobre o status de seus pedidos, as empresas podem aumentar a satisfação e a fidelidade dos consumidores, sendo a

flexibilidade na entrega é um dos desafios durante a implementação do *Lean*, mas os benefícios a longo prazo compensam (Javaid *et al.*, 2022).

A Indústria 4.0 potencializa os princípios *Lean*, otimizando processos e aumentando a eficiência. Ao integrar tecnologias digitais e análise de dados, ela facilita a comunicação, melhora a precisão de previsões e acelera a identificação e eliminação de desperdícios. Como resultado, as empresas conseguem aumentar a produção, reduzir custos e atender às demandas dos clientes de forma mais ágil e personalizada (Rojas; Huamanchahua, 2022).

Para agilizar processos, tecnologias são exploradas para que reduzam significativamente o lead time, o tempo de *setup* e o tempo de entrega. O planejamento utiliza dados em tempo real para aumentar a visibilidade e otimizar a gestão da demanda. Com isso, é possível prever as necessidades dos clientes, analisar dados históricos para aprimorar o planejamento, evitar estoques desnecessários e reduzir o tamanho dos lotes (Cifone *et al.*, 2021).

3.3. Respostas à QP3

Ao adotar as tecnologias *Lean* 4.0, as empresas podem integrar diversas áreas de suas operações, e essa integração, combinada com a análise de *Big Data*, otimiza processos, aumenta a produtividade e permite uma tomada de decisão mais precisa (Javaid *et al.*, 2022). As tecnologias *Lean* 4.0, ao fornecerem dados precisos e em tempo real, permitem uma tomada de decisão estratégica mais eficaz, otimizando o gerenciamento de estoque e a cadeia de suprimentos.

O *Kanban* 4.0, ao integrar tecnologias da Indústria 4.0, otimiza a gestão de estoque. Além disso, a simulação virtual permite planejar e ajustar os sistemas *Kanban* de forma mais precisa, identificando gargalos e otimizando o fluxo de produção (Mayr *et al.*, 2018). Ao implementar o sistema *Kanban* 4.0, um modelo de produção puxada pela demanda, as empresas podem otimizar o fluxo de produção, tornando-o mais flexível e eficiente (Perico; Mattioli, 2020).

O *Kanban* 4.0 é uma ferramenta essencial para a otimização de processos na era digital, auxiliando no controle de estoque, reabastecimento e na busca pelo JIT, que visa otimizar a cadeia de suprimentos, reduzindo o excesso de estoque e o tempo de espera (Koteswarapavan; Pattanaik, 2024), complementando o VSM 4.0 na visualização da cadeia de valor (Rossi *et al.*, 2022).

O *Kanban* 4.0 poderia utilizar caixas *Kanban* que podem detectar seus níveis de estoque e solicitar automaticamente peças de fornecedores podem ajudar a reduzir os níveis de estoque para estações de trabalho modulares e linhas de fabricação flexíveis (Alsadi *et al.*, 2023).

As empresas adotaram a combinação VSM e simulação para aumentar a capacidade de produção devido aos requisitos de demanda, melhorar a eliminação de desperdícios, aumentar a utilização de recursos, diminuir os níveis de estoque e maximizar o tempo de valor agregado, o tempo de produção e a produção por dia (Rojas; Huamanchahua, 2022).

Com a capacidade de gerenciar a demanda antes dela ocorrer, prevendo-a e antecipando as necessidades dos clientes, analisar dados após sua realização para melhor planejar as atividades, a *Lean* 4.0 otimiza a produção (Komori-Zevallos *et al.*, 2023). Ao evitar estoques, material em processo e reduzir o tamanho do lote, a *advanced analytics* e a *Internet of Things* possibilitam um melhor equilíbrio das linhas de produção, resultando em uma produção mais eficiente e com menor desperdício (Cifone *et al.*, 2021).

A combinação de logística interconectada e manufatura aditiva permite uma gestão de estoque ágil e personalizada. Através do rastreamento de ativos e da previsão da demanda, é possível adaptar rapidamente o estoque às necessidades do mercado, garantindo a satisfação do cliente (Mofolasayo *et al.*, 2022).

Os fabricantes que adotam o sistema SMED 4.0 podem obter vantagens estratégicas fundamentais reduzindo estoques e aumentando a flexibilidade de produção (Perico; Mattioli, 2020).

A redução do tempo de setup, além de aumentar a eficiência da produção, contribui para a sustentabilidade ambiental. Ao diminuir o consumo de energia e os desperdícios, como estoque e defeitos, a linha de produção reduz significativamente suas emissões de carbono, tornando o processo mais ecológico (Halim-Lim *et al.*, 2024).

3.4. Respostas à QP4

A *advanced analytics* utiliza ferramentas como aprendizado de máquina, inteligência artificial, mineração de dados e simulação para extrair insights valiosos de grandes volumes de dados (Cifone *et al.*, 2021). Diferente das ferramentas tradicionais, a análise avançada permite lidar com a complexidade e o volume de dados atuais, proporcionando uma visão mais profunda e precisa sobre os negócios.

A análise preditiva, baseada em aprendizado de máquina, oferece uma nova perspectiva para a manutenção de equipamentos. Ao identificar padrões e correlações em grandes conjuntos de dados (Alsadi *et al.*, 2023), é possível prever falhas com antecedência, otimizando a manutenção e aumentando a vida útil dos equipamentos (Mayr *et al.*, 2018).

Através da implementação do *Heijunka* 4.0, empresas podem alcançar maior eficiência e flexibilidade em seus processos produtivos. Ao otimizar a utilização de recursos e reduzir os tempos de setup, o método contribui para a redução de custos e o aumento da competitividade. O *Heijunka* é adequado para ser usado junto com as tecnologias da Indústria 4.0, incluindo Inteligência Artificial, *Internet of Things*, *Big Data* e computação em nuvem (Koteswarapavan; Pattanaik, 2024). Ao combinar *Heijunka* com ferramentas como VSM, *Kanban* e tecnologias como RFID e simulação, pesquisadores visam otimizar ainda mais os processos de produção, aumentando a eficiência e a flexibilidade das operações (Rojas; Huamanchahua, 2022).

Simulações e gêmeos digitais, ferramentas da Indústria 4.0, permitem que os fabricantes testem novas ideias em um ambiente virtual antes de implementá-las na produção real. Essa abordagem, aliada aos princípios *Lean*, acelera o processo de melhoria contínua, reduzindo custos e otimizando os processos produtivos (Javaid *et al.*, 2022).

As tecnologias Realidade Aumentada, RFID, *Big Data*, Simulação, Computação em Nuvem, Manufatura Aditiva, bem como o *Kanban* 4.0 e o VSM 4.0, suportam na consolidação de informações para tomada de decisão e ajudam a identificar padrões e planejar a produção flexível (Rossi *et al.*, 2022). Por exemplo, a pesquisa de Komori-Zevallos *et al.* (2023), onde eles criaram um VSM com uso de ferramentas de aprendizado de máquina para monitoramento da demanda contra a previsão, sendo a previsão calculada pelos métodos SARIMA e ARIMA.

4. Considerações Finais

A presente pesquisa buscou entender como os conceitos de gestão de demanda se integram com os princípios do *Lean* 4.0. Este objetivo foi atendido por meio da revisão sistemática da literatura por meio do método SSF.

Sistemas de produção digitalizados e altamente conectados proporcionam uma série de vantagens competitivas, como aumento da receita, maior eficiência e produtividade, redução de paradas de máquinas e tempos de ciclo. Além disso, garantem uma melhor adequação entre

oferta e demanda, maior visibilidade sobre os produtos e rastreabilidade na cadeia de suprimentos. Essas tecnologias, quando combinadas com os princípios *Lean 4.0*, geram sinergias que impulsionam a competitividade e a sustentabilidade das empresas no longo prazo.

À luz do *Lean 4.0*, a previsão de demanda possui potencial de contribuição para a redução de estoques e melhora no atendimento ao cliente. Os desperdícios da superprodução e processamento excessivo podem ser reduzidos e a perda de vendas pode ser evitada com emprego de previsões de demanda mais acuradas.

As ferramentas mais utilizadas na gestão de demanda, tanto para planejamento de produção quanto gestão dos estoques são: *Kanban 4.0*, *JIT 4.0*, *VSM 4.0*, *Heijunka 4.0*, *SMED 4.0*, *Aprendizado de Máquina* e *Data Analytics*.

Como trabalhos futuros, propõe-se uma aplicação empírica dos métodos de previsão que utilizam aprendizado de máquina e analisar à luz do *Lean 4.0*.

REFERÊNCIAS

- ALSADI, J. *et al.* Lean and Industry 4.0: A bibliometric analysis, opportunities for future research directions. **Quality Management Journal**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 41–63, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10686967.2022.2144785>.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.
- CIFONE, F. D. *et al.* Lean 4.0: How can digital technologies support lean practices?. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 241, n. August, p. 108258, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527321002346>.
- FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SSF. **Revista ACB**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 550–563, 2016.
- FLORES, R. *et al.* Demand management process assessment in food supply chains: an empirical study in coffee supply chains from Peru. **International Journal of Process Management and Benchmarking**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 261–283, 2023. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85161840794&doi=10.1504%2FIJPMB.2023.130920&partnerID=40&md5=718cc99405873c4a6392ad1d286e3a9e>.
- GIL-VILDA, F.; YAGÜE-FABRA, J. A.; SUNYER, A. From Lean Production to Lean 4.0: A Systematic Literature Review with a Historical Perspective. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 11, n. 21, p. 10318, 2021. Disponível em: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/lean-production-4-0-systematic-literature-review/docview/2624250844/se-2?accountid=132582>.
- HALIM-LIM, S. A. *et al.* Unlocking potential for a circular bioeconomy transition through digital innovation, lean manufacturing and green practices: a review. **Management of Environmental Quality**, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85203719132&doi=10.1108%2FMEQ-11-2023-0386&partnerID=40&md5=ff2b7609e8cbefed55ea63727fa2dfd>.
- JAVAID, M. *et al.* Exploring relationships between Lean 4.0 and manufacturing industry. **Industrial Robot**, [s. l.], v. 49, n. 3, p. 402–414, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IR-08-2021-0184>.
- JÚNIOR, E. L. P. *et al.* Systematic Literature Review on Virtual Electronics Laboratories in Education: Identifying the Need for an Aeronautical Radar Simulator. **Electronics (Switzerland)**, [s. l.], v. 12, n. 12, 2023.

- KOMORI-ZEVALLOS, A. R. *et al.* A Production Model That Combines Lean And Industry 4.0 Principles To Enhance The Productivity Of Small And Medium-Sized Enterprises (SMEs) In Peru’s Food Manufacturing Sector. *In:* , 2023. **Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics**. [S. l.: s. n.], 2023. p. 139–150. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85188011428&doi=10.15488%2F15256&partnerID=40&md5=6b3847d9d8ce9f74f2e77b36ed0f6a14>.
- KOTESWARAPAVAN, C.; PATTANAIK, L. N. A novel tool-input-process-output (TIPO) framework for upgrading to lean 4.0. **International Journal of Production Management and Engineering**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 65–77, 2024.
- MAYR, A. *et al.* Lean 4.0-A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 72, n. March, p. 622–628, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.292>.
- MOFOLASAYO, A. *et al.* How to adapt lean practices in SMEs to support Industry 4.0 in manufacturing. *In:* , 2022. (L. F., A. M., & P. A., Org.) **Procedia Computer Science**. [S. l.]: Elsevier B.V., 2022. p. 934–943. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85127768542&doi=10.1016%2Fj.procs.2022.01.291&partnerID=40&md5=55edeff8ed8ef3e0e2ce390af9d51959>.
- PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **The BMJ**, [s. l.], v. 372, 2021.
- PERICO, P.; MATTIOLI, J. Empowering Process and Control in Lean 4.0 with Artificial Intelligence. *In:* , 2020. **Proceedings - 2020 3rd International Conference on Artificial Intelligence for Industries, AI4I 2020**. [S. l.]: IEEE COMPUTER SOC, 2020. p. 6–9.
- PINHEIRO, J. *et al.* Lean 4.0: A Digital Twin approach for automated cycle time collection and Yamazumi analysis. *In:* , 2023. **International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering, ICECCME 2023**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85173465845&doi=10.1109%2FICECCME57830.2023.10253311&partnerID=40&md5=b42ac0b80d4690fa67ff8ff071312c89>.
- REZAEEFARD, M. *et al.* Reducing the bullwhip effect in supply chain with factors affecting the customer demand forecasting. **International Journal of Services Operations and Informatics**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 144–183, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85142685939&doi=10.1504%2Fijsoi.2022.126328&partnerID=40&md5=86aa587cf6501f3feb577b097f604c9a>.
- ROJAS, M. A. L.; HUAMANCHAHA, D. The Confluence of Lean Manufacturing and Industry 4.0: A Literature Review. *In:* , 2022. (M. C. Lozada & P. S. Mendoza, Org.) **2022 IEEE ANDESCON: Technology and Innovation for Andean Industry, ANDESCON 2022**. [S. l.]: IEEE, 2022. p. 228–233.
- ROSSI, A. H. G. *et al.* Lean Tools in the Context of Industry 4.0: Literature Review, Implementation and Trends. **SUSTAINABILITY**, [s. l.], v. 14, n. 19, p. 12295, 2022. Disponível em: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/lean-tools-context-industry-4-0-literature-review/docview/2724321033/se-2?accountid=132582>.
- ZHU, J.; LIU, W. A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. **Scientometrics**, [s. l.], v. 123, n. 1, p. 321–335, 2020.