

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA EM
SISTEMAS PRODUTIVOS

ADEVAIR SOARES GONÇALVES

A DIGITALIZAÇÃO DO KANBAN EM UMA EMPRESA NACIONAL DO SETOR DE
AUTOPEÇAS

São Paulo
Março/2024

ADEVAIR SOARES GONÇALVES

A DIGITALIZAÇÃO DO KANBAN EM UMA EMPRESA NACIONAL DO SETOR DE
AUTOPEÇAS

Dissertação apresentada como exigência para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob a orientação do Prof. Dr. Fabrício José Piacente

Área de Concentração: Sistemas Produtivos

São Paulo
Março/2024

Gonçalves, Adevair Soares

G635d A digitalização do Kanban em uma empresa nacional do setor de autopeças / Adevair Soares Gonçalves. – São Paulo: CPS, 2024.
93 f. : il.

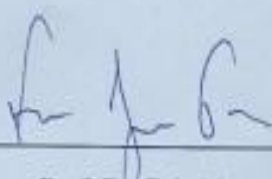
Orientador: Prof. Dr. Fabrício José Piacente

Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2024.

1. Kanban. 2. Lean manufacturing. 3. Digitalização. 4. Kanban eletrônico. I. Piacente, Fabrício José. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

ADEVAIR SOARES GONÇALVES

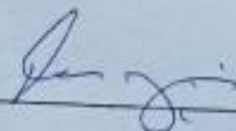
A DIGITALIZAÇÃO DO KANBAN EM UMA EMPRESA NACIONAL DO SETOR
AUTOPEÇAS



Prof. Dr. Fabricio José Piacente
Orientador - CEETEPS



Prof. Dr. Fernando Celso de Campos
Examinador Externo - UNIMEP



Prof. Dr. Alexandre Formigoni
Examinador Interno - CEETEPS

São Paulo, 7 de março de 2024

A Renata, minha esposa, pelo apoio incondicional, compreensão admirável e companheirismo sempre presente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Neuza Maria Soares de Oliveira, minha tia, Maria Creuza Soares, e a Daiana Soares Gonçalves, que, mesmo diante de todas as dificuldades, nunca deixaram de se esforçar para que eu tivesse condições de estudar, pois a educação é a única maneira de superar os obstáculos da vida.

Agradeço aos professores do programa do CPS pela dedicação na disseminação de conhecimento. Ao meu orientador, Prof. Dr. Fabrício José Piacente, pelo apoio e compartilhamento de conhecimento. Agradeço também ao Prof. Dr. Alexandre Formigoni e ao Prof. Dr. Fernando Celso de Campos, pela disposição e pelas contribuições no aprimoramento desta pesquisa.

Agradeço ao Centro Paula Souza pelo acolhimento e por proporcionar-me a oportunidade de adquirir conhecimento.

“Quando vires uma boa jogada, tenta
encontrar uma melhor.”

Emmanuel Lasker

RESUMO

GONÇALVES, S. A **DIGITALIZAÇÃO DO KANBAN EM UMA EMPRESA NACIONAL DO SETOR DE AUTOPEÇAS**. 93f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos).

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2024.

Em um mercado globalizado e altamente competitivo, a adoção de novas tecnologias e a busca incessante pela redução de custos e melhoria contínua são fundamentais para a sobrevivência das empresas. Com a crescente implementação da manufatura enxuta, muitas organizações têm recorrido às ferramentas do *Lean Manufacturing* para solucionar desafios industriais. Contudo, à medida que a tecnologia avança, é necessário que essas ferramentas também se adaptem a esse novo cenário e sejam digitalizadas. Uma dessas ferramentas é o Kanban, cujo objetivo é regular a produção de acordo com a demanda do cliente. Embora existam trabalhos que abordem a digitalização do Kanban, poucos se concentraram em preservar a essência dos cartões no contexto digital. Diante disso, a questão de pesquisa dessa dissertação é: "Como aprimorar a gestão da produção por meio da digitalização do Kanban de forma interativa e tecnológica, mantendo sua essência?". O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um sistema Kanban digital que elimine a necessidade de cartões físicos, oferecendo informações em tempo real de maneira visual para que os gestores possam tomar decisões a qualquer momento e em qualquer lugar. O método científico adotado nesta dissertação é o *Design Science Research*, que se concentra na criação e avaliação de artefatos para resolver problemas específicos. Isso permite que os pesquisadores não apenas compreendam os problemas, mas também desenvolvam soluções tangíveis com impacto real. Além dos ganhos qualitativos alcançados pelo Kanban digital, destaca-se a redução de 13% nos itens críticos e 12% nos itens em excesso. Além disso, espera-se uma economia financeira projetada de R\$ 60.000,00 a partir do terceiro ano de implementação do artefato.

Palavras-chave: Kanban, *Lean Manufacturing*, Digitalização, Kanban Eletrônico.

ABSTRACT

GONÇALVES, S. A DIGITALIZATION OF KANBAN IN A NATIONAL AUTOPARTS COMPANY. 93 f.

Dissertation (Professional Master's Degree in Management and Technology in Production Systems).

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2024.

In a globalized and highly competitive market, the adoption of new technologies and the relentless pursuit of cost reduction and continuous improvement are essential for the survival of companies. With the increasing implementation of lean manufacturing, many organizations have turned to Lean Manufacturing tools to solve industrial challenges. However, as technology advances, it is necessary for these tools to also adapt to this new scenario and be digitized. One of these tools is Kanban, whose objective is to regulate production according to customer demand. Although there are works addressing the digitization of Kanban, few have focused on preserving the essence of cards in the digital context. Therefore, the research question of this dissertation is: "How to enhance production management through the digitization of Kanban in an interactive and technological way, while preserving its essence?". The overall objective of this work is to develop a digital Kanban system that eliminates the need for physical cards, providing real-time visual information so that managers can make decisions at any time and from anywhere. The scientific method adopted in this dissertation is Design Science Research, which focuses on the creation and evaluation of artifacts to solve specific problems. This allows researchers not only to understand the problems but also to develop tangible solutions with real impact. In addition to the qualitative gains achieved by digital Kanban, it is worth noting a 13% reduction in critical items and a 12% reduction in excess items. Furthermore, a projected financial saving of R\$ 60,000.00 is expected from the third year of artifact implementation.

Keywords: Kanban, Lean Manufacturing, Digitalization, Eletronic Kanban

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1: Os 7 desperdícios e as ferramentas do <i>Lean M.</i> que podem eliminá-los..... | 26 |
| Quadro 2: Comparativo de pesquisa desta dissertação com a abordagem DSR..... | 45 |
| Quadro 3: Resumo das Publicações | 62 |
| Quadro 4: Planejamento de desenvolvimento do artefato | 70 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Ganhos obtidos com a implantação do <i>Kaizen</i> (abril/2014 a maio/2015)..... | 34 |
| Tabela 2: Exemplo de cadastro de Kanban..... | 72 |
| Tabela 3: Itens Kanban por setor antes do projeto..... | 81 |
| Tabela 4: Itens Kanban por setor depois do projeto..... | 82 |
| Tabela 5: Comparativo de resultados..... | 83 |
| Tabela 6: Comparativo de resultados percentual..... | 84 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Desenho da Pesquisa | 22 |
| Figura 2: Os sete desperdícios | 24 |
| Figura 3: Excesso de movimentação | 25 |
| Figura 4: Disposição das ferramentas antes e depois | 28 |
| Figura 5: Acompanhamento de troca de ferramentas..... | 30 |
| Figura 6: Codificador como <i>Poka-Yoke</i> | 31 |
| Figura 7: Quadro <i>Kamishibai</i> | 33 |
| Figura 8: Quadro Kanban - 1963..... | 35 |
| Figura 9: Relevância e rigor em <i>Design Science Research</i> | 43 |
| Figura 10: Etapas genéricas do processo de DSRM percorridas nesta pesquisa..... | 44 |
| Figura 11: Etapas da aplicação do DSR proposto por Gregor e Jones | 46 |
| Figura 12: Etapas da aplicação do DSR por Cole <i>et al.</i> (2005)..... | 47 |
| Figura 13: Gráfico Previsão de Vendas | 50 |
| Figura 14: Principais Clientes..... | 52 |
| Figura 15: Portifólio de Produtos | 53 |
| Figura 16: Modelo de Processo DSRM..... | 56 |
| Figura 17: Resultado obtido a partir da pesquisa bibliométrica proposta sobre Kanban D | 59 |
| Figura 18: Fluxo de desenvolvimento do artefato | 69 |
| Figura 19: Ambiente SQL para recebimento dos arquivos | 72 |
| Figura 20: Robô faz a leitura do estoque | 73 |
| Figura 21: Robô faz os cálculos de produção..... | 74 |
| Figura 22: Layout Proposto | 75 |
| Figura 23: Resumo do Kanban por setor | 75 |
| Figura 24: Detalhamento dos itens em vermelho | 76 |
| Figura 25: Detalhamento dos itens em amarelo | 77 |
| Figura 26: Relatório itens em verde | 78 |
| Figura 27: Relatório itens em roxo | 79 |
| Figura 28: Resultado Pré-Teste..... | 80 |
| Figura 29: Resultado do projeto..... | 81 |
| Figura 30: Kanban digital para celulares | 84 |
| Figura 31: Análise financeira do projeto..... | 85 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-----------|--|
| AGV | Automated Guided Vehicle |
| ANFAVEA | Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos automotores |
| COP | Conferência das Partes |
| DSR | Design Science Research |
| ERP | Enterprise Resource Planning |
| FENABRAVE | Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores |
| FIFO | First in, First out |
| IA | Inteligência Artificial |
| IMPV | International Motor Vehicle Program |
| INMETRO | Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia |
| IoT | Internet of Things |
| JIS | Just in Sequence |
| JIT | Just in Time |
| MIT | Massachusetts Institute of Technology |
| PCP | Planejamento e Controle de Produção |
| PEPS | Primeiro que entra, primeiro que sai |
| RFID | Radio Frequency Identification |
| S&OP | Sales and Operations Planning |
| SI | Sistema da Informação |
| SINDPEÇAS | Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotivos |
| SMED | Single Minute Exchange of Die |
| SQL | Structured Query Language |
| TI | Tecnologia da Informação |
| TPM | Total Productive Maintenance |
| VSM | Value Stream Mapping |
| WIP | Work In Process |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| INTRODUÇÃO | 15 |
| 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 23 |
| 1.1 <i>Lean Manufacturing</i> | 23 |
| 1.2 Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> | 24 |
| 1.3 Kanban..... | 35 |
| 1.4 Tipos de Kanban | 36 |
| 1.5 Vantagens e Desvantagens do Sistema Kanban | 38 |
| 1.6 Digitalização do Kanban | 39 |
| 1.7 Método de pesquisa Design Science Research (DSR)..... | 41 |
| 2 ABORDAGEM METODOLÓGICA | 49 |
| 2.1 Apresentação da Empresa – Unidade de Análise da Aplicação | 49 |
| 2.2 Estudo bibliométrico | 54 |
| 2.3 <i>Design Science Research (DSR)</i> | 56 |
| 3 ANÁLISE E RESULTADOS..... | 59 |
| 3.1 Análise e resultados do estudo bibliométrico sobre o Kanban digital | 59 |
| 3.2 Apresentação do artefato e resultados | 66 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 87 |
| REFERÊNCIAS | 90 |

INTRODUÇÃO

As indústrias exercem papel fundamental na sociedade por meio da produção de bens e serviços. Em um mercado globalizado e extremamente competitivo, desenvolver e aplicar novas tecnologias, buscar incessantemente a redução de custos, ter uma base de *Supply Chain* sinérgica e suprir as necessidades dos clientes são fatores primordiais para enfrentar desafios adversos provenientes de cenários micro e macroeconômicos. O ramo automobilístico é um dos setores relevantes da indústria, uma vez que os veículos são essenciais na sociedade moderna, seja para transporte de pessoas ou de bens materiais (VASCONCELOS, 2023).

Pelo lado dos usuários de automóveis, os novos sistemas de segurança, conectividade, automação e versatilidade oferecidos nos veículos têm se tornado um requisito cada vez mais relevante para a aquisição. Além disso, com a melhora dos prazos de logística, o consumidor pode optar por carros importados em vez dos locais. Enquanto isso, os governos se esforçam, incentivando a expansão do parque industrial para gerar pesquisa, desenvolvimento, conhecimento estratégico e empregos de alta qualidade em âmbito nacional. Por fim, a eliminação da emissão de carbono na atmosfera terrestre é uma preocupação predominante para manter o ecossistema e assegurar vida às futuras gerações, compromissos assumidos e reforçados pelos países industrializados nas Conferências das Partes (COPs) mais recentes. Desta forma, ser competitivo e estar adequado à demanda e preferência dos usuários é uma preocupação relevante nas organizações (ANUÁRIO ANFAVEA, 2023).

No mundo, o setor automotivo, em 2018, produziu 96.869 milhões de unidades, enquanto em 2022 foram fabricados 85.017 milhões, refletindo um declínio significativo devido a dois grandes fatores. O primeiro fator foi a pandemia COVID-19, que paralisou ou reduziu as atividades de manufatura em várias empresas ao redor do mundo. O segundo fator foi a escassez de semicondutores, que, além da demanda crescente, enfrentou a concentração da produção mundial em poucos países da Ásia (ANUÁRIO ANFAVEA, 2023).

No Brasil, a produção de veículos no ano de 2022 foi de 2.370 milhões de unidades, representando 2,8% da produção mundial. Com a vacinação em massa para evitar casos de infecção por COVID-19 e os novos anúncios feitos por alguns países para a criação de fábricas de semicondutores, vislumbra-se que o setor automotivo possa apresentar volumes recordes até 2030 (ANUÁRIO ANFAVEA, 2023).

Enquanto os grandes produtores de veículos não recuperam os volumes de produção, as negociações de veículos usados ganham proporção no mercado brasileiro, impulsionadas por dois fatores. O primeiro é a evolução tecnológica, que tem sustentado a longevidade dos veículos, permitindo que os consumidores tenham custos de manutenção reduzidos. O segundo fator está relacionado à redução da renda dos brasileiros, devido à fraca evolução dos salários e à elevação da taxa de juros. As negociações de veículos usados com mais de 10 anos de vida tiveram índices de comercialização relevantes, passando de 46,6% em 2020 para 55,3% em 2022. A frota brasileira ultrapassou 63 milhões de unidades em 2022, e a idade média de um veículo aumentou de 16,4 anos para 16,9 anos (ANUÁRIO FENABRAVE, 2022, pág. 26).

Além dos principais produtores de veículos, existem as autopeças que suprem diferentes tipos de peças integrantes de um veículo que contribuem para a economia nacional e geram empregos ao longo de uma cadeia de distribuição. Os fabricantes de autopeças têm as montadoras como seus principais clientes, trabalhando em conjunto para desenvolver componentes modernos com elevado grau de inovação, qualidade, segurança e tecnologia. O setor de autopeças desempenha um papel importante na economia de vários países, gerando empregos e desenvolvendo parques tecnológicos e laboratórios de pesquisa localmente. Segundo estimativas feitas pela assessoria de economia do SINDIPEÇAS em 2022, o setor de fabricação de peças e acessórios para veículos automotores teve um faturamento nominal estimado de R\$ 234 bilhões, com cerca de 224.731 pessoas empregadas no Brasil (ANUÁRIO SINDIPEÇAS, 2023).

As importações no setor de autopeças ano de 2022 totalizaram 19,6 bilhões de dólares, superando de forma relevante as exportações, que totalizaram 8,3 bilhões de dólares no mesmo período, no setor de fabricação de peças e acessórios para veículos automotores. Esse dado corrobora o potencial que esta indústria tem para expansão da produção e comercialização de produtos (ANUÁRIO SINDIPEÇAS, 2023).

Além das possibilidades macroeconômicas e incentivos tributários proporcionados pelas organizações governamentais, há ações que as empresas precisam realizar para sustentar o desempenho competitivo. Entre elas, destaca-se o desenvolvimento de produtos e processos tecnológicos, a presença de profissionais qualificados, a obtenção de certificações requeridas pelos clientes e o compromisso com a melhoria contínua, visando a redução de desperdícios dentro da organização. O processo de melhoria contínua e a redução dos desperdícios podem ser alcançados por meio da utilização das ferramentas do *Lean Manufacturing* (VASCONCELOS, 2023).

Lean Manufacturing pode ser considerado uma filosofia que visa otimizar a capacidade produtiva nas fábricas por meio de tecnologias inovadoras, conciliadas com as melhores práticas de gestão. Em seu cerne, tem a missão de eliminar desperdícios ao longo da cadeia produtiva e logística. O termo *Lean Manufacturing* foi apresentado ao público pela primeira vez por meio do livro “*The Machine that changed the World*”, lançado em 1990. Atualmente, é uma das referências mais citadas em trabalhos científicos que abordam operações de gestão da produção. O *Lean Manufacturing* surge em um ambiente de pesquisa desenvolvido por pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que faziam parte do programa *International Motor Vehicle Program* (IMPV). Esse programa tinha como meta criar, desenvolver, aplicar e monitorar metodologias de sistema de produção para melhorar a eficiência (HOLWEG, 2007).

Uma das ferramentas do *Lean Manufacturing* é o Kanban, pode ser definido como um sistema de gestão que controla a produção em sintonia com a necessidade dos produtos, na quantidade exata e no momento correto quando exigido pelo cliente. O objetivo do Kanban é fazer que os problemas nos processos de produção venham para a superfície para que possam ser tratadas pelo *Kaizen* (OHNO 2015).

O Kanban é um sistema puxado que controla o material em processo em estações entre vários postos de trabalho sendo alimentado por sinais, cartões ou pinturas em paredes ou no chão. Alguns dos principais benefícios do Kanban estão relacionados a limitar os estoques restringindo a produção em excesso funcionando como um auto regulador nos processos produtivos, a gestão é visual e de fácil entendimento, ajuda a manter o FIFO (*First-in-First-out*) ou PEPS (primeiro que entra, primeiro que sai), minimiza o risco de obsolescência e elimina a dependência de funcionários para o disparo das ordens de produção

ou para a realização de *setups* nas máquinas (IDRIS; PRAKASH; ABDULLAH, 2020).

Para Pekarcikova *et al.* (2021), com o passar dos anos e o avanço da tecnologia, a competitividade entre empresas tornou-se mais acirrada. Nesse contexto, a digitalização dos processos, promovendo a agilidade em receber dados processados de forma instantânea e de fácil interpretação, tornou-se um tópico relevante para as empresas gerenciarem suas operações. As ferramentas do *Lean Manufacturing* seguiram essa tendência e estão se tornando digitais. Em Kihel e Embarki (2022), foi realizado um estudo que demonstra as tecnologias mais utilizadas entre os anos de 2016 e 2021, vinculadas à ferramenta do *Lean Manufacturing Value Stream Mapping* (VSM). Pekarcikova *et al.* (2021) destacam que aproximadamente 40% das empresas mapeadas no estudo esperam que a digitalização conduza a um aumento de volumes por meio do *Just in Time* (JIT) e do *Just in Sequence* (JIS), Kanban e menores estoques dentro dos processos produtivos.

Em muitas empresas, o Kanban tradicional tem sido aplicado e mantido como uma ferramenta de apoio na gestão da produção, contribuindo significativamente para a melhoria da eficiência, precisão nos inventários e comunicação durante os processos produtivos. Com o foco na melhoria contínua, torna-se imperativo que o Kanban passe por uma digitalização. No entanto, considerando as particularidades da ferramenta, digitalizá-la e estruturar suas funções de forma a preservar sua essência e, ao mesmo tempo, possibilitar uma solução ideal para que os gestores possam realizar e consultar o planejamento da produção em tempo real, representa um desafio (RICKY e KADONO, 2020).

Existem poucas informações sobre como surgiu o Kanban digital. De acordo com Ricky e Kadono (2020), o Kanban digital foi inicialmente desenvolvido em montadoras de carros japonesas durante a década de 1980. Posteriormente, houve a implementação em uma subsidiária dessa montadora de veículos, localizada na Indonésia, onde o processo do Kanban digital era alimentado e suportado pelo sistema SAP 3.0, desenvolvido a partir do ano de 1996. Em Kotani (2007), para aprimorar ainda mais o sistema Kanban, a Toyota desenvolveu o sistema e-Kanban, por meio de acesso à internet e conectado a uma rede de computadores e comunicações, com o objetivo principal de melhorar a comunicação para o abastecimento com seus fornecedores.

Para Monden (1981), as melhores práticas proporcionadas pelo Kanban tradicional

estão relacionadas a limitar o estoque em processo, normalmente por meio de espaços físicos, visualizar melhor a cadeia de produção identificando os gargalos, administrar a produção e seguir uma política de trabalho. Com a digitalização do Kanban, além de manter as melhorias na gestão da produção, proporciona acesso e compartilhamento instantâneo das informações, atualização e sincronização com os softwares das organizações, gerando customização dos processos e outros benefícios, dependendo do segmento e processo de aplicação. Em *Wijaya et al.* (2018), a digitalização do Kanban diminuiu a ineficiência na linha de produção devido à falta de instruções, perda de cartões Kanban e erros de inventário. Para *Romeira, Cunha e Moura* (2021), o e-Kanban proporcionou redução de estoques, e as ocorrências por falta de peças na linha de produção diminuíram significativamente. Segundo *Idris, Prakash e Abdullah* (2020), o e-Kanban permite que o banco de dados de produção seja registrado, monitorado e documentado, contendo detalhes de produção em tempo real. Para *Trebuna et al.* (2023), a digitalização do Kanban permite análise de estatísticas e gráficos em tempo real para avaliar diferentes cenários de fabricação. Seu potencial pode ser maximizado no contexto da logística, especialmente na descentralização da gestão e na tornando-se autorregulada, aumentando a eficiência dos processos.

Foi demonstrado que existem alguns casos de aplicação da digitalização do Kanban em diversos segmentos para melhorar o processo interno da produção em linhas de montagem, cadenciar a produção em equipamentos, abastecer matérias-primas entre fábricas, abastecer armazéns e outros. A digitalização do Kanban é um assunto moderno e pouco explorado. Neste trabalho, é proposto que o Kanban seja digitalizado em uma empresa de autopeças mantendo sua essência, ou seja, mesmo em um contexto digital, preservar as características dos cartões Kanban, faixas de cálculo por produto e o quadro visual para que a gestão tome as melhores decisões dentro da organização. Também é esperado resultados conforme mencionado em outros trabalhos, como gráficos com estatísticas da produção, número de produtos críticos, número de produtos que ultrapassaram o estoque ideal e acesso às informações em tempo real.

A empresa alvo deste estudo fabrica produtos e acessórios de iluminação veicular, sendo a mais relevante no mercado brasileiro com mais de 85 anos de existência. Ela implantou o Kanban tradicional (gestão realizada por cartões) há muitos anos, obtendo êxito em vários aspectos, como redução dos níveis de estoque, melhoria do fluxo produtivo,

integração de departamentos, aprimoramento do planejamento da produção e eliminação de desperdícios. A contextualização da problemática desta dissertação surge após dois grandes fatores na empresa relacionados ao manuseio e gestão do Kanban tradicional. O primeiro fator refere-se ao elevado nível de quebra e extravio dos cartões, e informações impressas nos cartões ilegíveis, resultando em erros nas operações. O segundo fator diz respeito à tomada de decisão dos gestores, que necessariamente dependiam de memorizar o quadro Kanban que estava no chão de fábrica para realizar *reports* em reuniões. A diretoria da empresa autorizou estudos para obter soluções para os problemas do Kanban atual. Após a submissão de duas opções à diretoria da empresa, foi decidido autorizar o desenvolvimento de um projeto moderno para o Kanban, no qual fosse realizada a digitalização do mesmo, com a premissa de que não perdesse sua essência.

O artefato resultante desse desenvolvimento buscará responder ao seguinte questionamento de pesquisa: "Como aprimorar a gestão da produção por meio da digitalização do Kanban de maneira interativa e tecnológica, mantendo sua essência?". Assim, o objetivo geral deste trabalho de pesquisa é construir um artefato na forma de um sistema Kanban digital, que elimine a necessidade de cartões físicos e forneça informações em tempo real de maneira visual, permitindo que os gestores tomem decisões a qualquer momento, dentro e fora da empresa.

A questão de pesquisa está conectada com os seguintes objetivos específicos:

- a. Propor uma adaptação do modelo de Kanban tradicional para o digital, especificamente em uma empresa do setor de autopeças.
- b. Descrever o processo de implementação do Kanban digital na empresa, de forma a contemplar uma gestão visual e interativa, mantendo sua essência e proporcionando acesso às informações em tempo real dos processos por meio de dispositivos eletrônicos.
- c. Quantificar o resultado financeiro da implementação do sistema de Kanban digital.

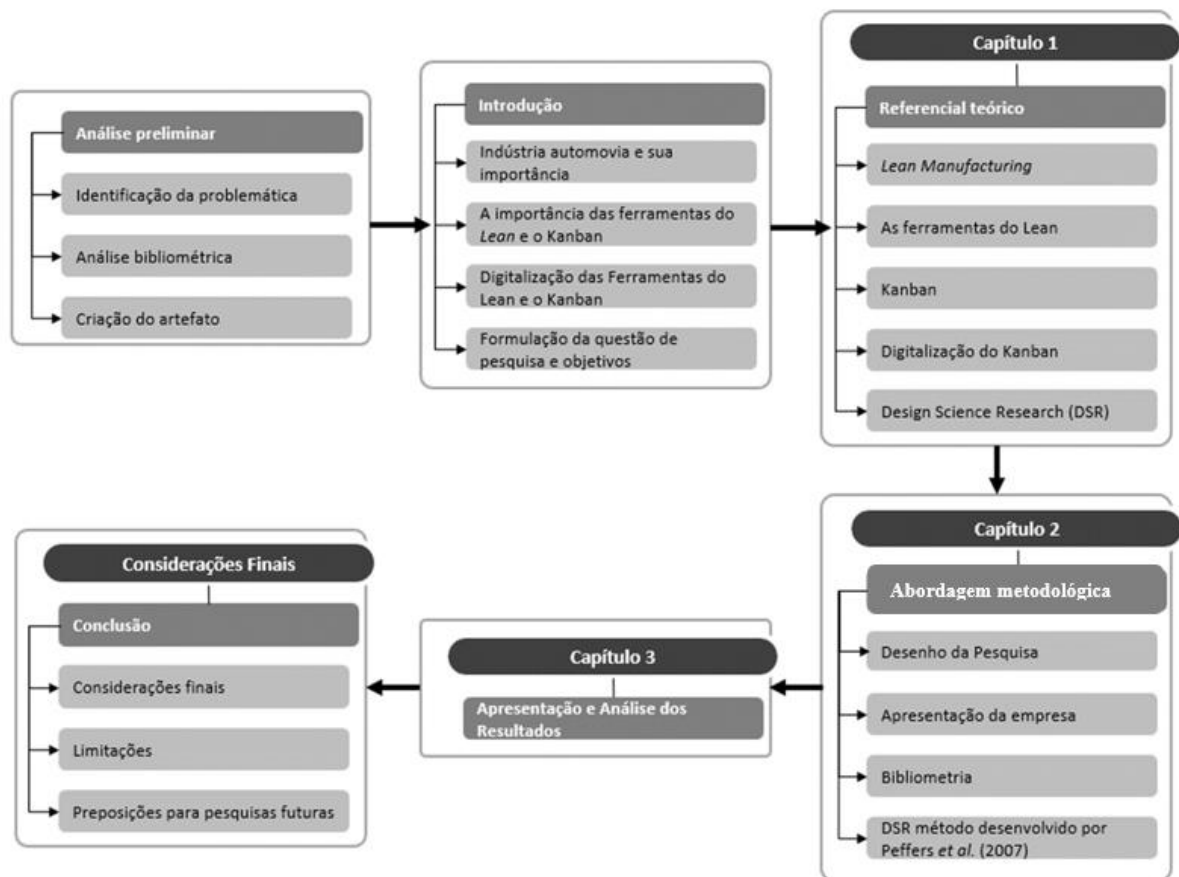
No trabalho de Papadimitropoulou *et al.* (2023), que contém uma revisão da literatura sobre o Kanban, foram identificados 4 ciclos, que fundamentou a direção tecnológica desse trabalho de dissertação. O primeiro ciclo do Kanban foi introduzido pela *Toyota Motor Company* por volta da década de 40 e era baseado em cartões físicos para o abastecimento de matérias-primas e para o abastecimento do armazém com peças acabadas. O segundo ciclo do Kanban envolvia o uso direto da internet e de redes de computadores, onde era possível trocar informações com os fornecedores para suprir a demanda da montadora de veículos. O terceiro ciclo do Kanban contempla a era do desenvolvimento do código de barras na década de 90, evitando erros e contribuindo para a assertividade do processo. O quarto ciclo, iniciado a partir do ano de 2011, considera a automação dos processos com mínima interferência humana, utilizando tecnologias como *Radio Frequency Identification* (RFID) tags, *Internet of Things* (IoT) e inteligência artificial como aliadas ao Kanban.

Uma das barreiras de digitalizar o Kanban foi enfrentada em Menano *et al.* (2019), onde inicialmente houve divergências com os gestores do departamento de tecnologia da informação porque a aprimoração da comunicação nos processos produtivos, empregando meios tecnológicos inovadores, como aparelhos com sensores de alta precisão, contabilizadores e dispositivos que dispensam o uso de cabos poderia ser um risco para empresa em virtude de *hackers* e *spams*. Este problema também foi encontrado ao longo do processo de implementação do Kanban Digital na empresa alvo deste estudo e serviu como base para haver um planejamento mais restrito com a troca de informações entre empresa e servidores de serviços externos.

Outro ponto relevante para a condução desta dissertação foi encontrado no trabalho realizado pelos autores Kreutz *et al.* (2021), no qual foi desenvolvido o Kanban digital considerando módulos de sensores para medir o nível de enchimento de pequenos e grandes transportadores de carga. Esses sensores contabilizadores podem considerar a quantidade exata de componentes dentro de uma embalagem sem a intervenção humana e com um alto grau de acuracidade. Dessa forma, o ERP é alimentado automaticamente, sem a dependência de relatórios manuais, digitação de informações contidas nas fichas de produção ou mesmo a necessidade de balanças. Embora o sensor utilizado nesta dissertação tenha sido diferente, o detalhamento da aplicação e os benefícios foram bem correlacionados.

Diante dos objetivos traçados e dos trabalhos analisados, o desenho deste trabalho de dissertação está apresentado na Figura 01. Ele foi elaborado com o propósito de definir os objetivos de pesquisa, a direção geral do estudo e proporcionar uma estrutura sólida para a aplicação de métodos e técnicas apropriados.

Figura 01: Desenho da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda o referencial teórico, explorando os conceitos e definições do *Lean Manufacturing*, as ferramentas do *Lean Manufacturing*, o Kanban, tipos de Kanban e digitalização. Adicionalmente, foi incluído um subcapítulo sobre o método de pesquisa *Design Science Research (DSR)* que será aplicado nesta dissertação.

1.1 *Lean Manufacturing*

Para Womack, Jones e Roos (1990) o *Lean Manufacturing*, também conhecido como *Lean Production* ou simplesmente *Lean*, é uma filosofia de gestão e um conjunto de princípios e práticas desenvolvidos para melhorar a eficiência, eliminar desperdícios e aumentar a qualidade nos processos de produção e operações. Essa abordagem foi originalmente desenvolvida pela Toyota como parte do Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System*) e posteriormente se espalhou para outras indústrias e setores. Os princípios fundamentais do *Lean Manufacturing* estão centrados na criação de valor para o cliente enquanto se busca a otimização dos recursos disponíveis.

Alguns dos princípios-chave do *Lean Manufacturing* são:

- **Identificação do Valor:** Definir o que é valor para o cliente e compreender como os produtos ou serviços são percebidos pelo cliente.
- **Mapeamento do Fluxo de Valor:** Mapear todo o fluxo de valor dos processos, identificando etapas, atividades e pontos de desperdício ao longo do caminho.
- **Criação de Fluxo Contínuo:** Projetar fluxos de trabalho contínuos e sem interrupções, eliminando gargalos e atrasos.
- **Produção Puxada:** Trabalhar de acordo com a demanda do cliente, produzindo apenas o necessário quando necessário, em vez de produzir em excesso e acumular estoques.
- **Perfeição:** Buscar continuamente a melhoria e aperfeiçoamento dos processos, visando atingir níveis cada vez maiores de eficiência e qualidade.

O *Lean Manufacturing* tem sido aplicado em diversos setores, como a indústria automotiva, saúde, serviços financeiros e tecnologia, com uma abordagem que visa aprimorar a eficiência e a qualidade por meio da eliminação de desperdícios, foco no valor para o cliente e melhoria contínua dos processos (BHAMU; SINGH SANGWAN, 2014).

1.2 Ferramentas do *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* é uma abordagem abrangente que contempla vários princípios e ferramentas para melhorar a eficiência, eliminar desperdícios e otimizar processos. Não há um número fixo de ferramentas definidas, pois diferentes fontes e especialistas podem listar as ferramentas de forma ligeiramente diferente.

O maior objetivo do *Lean Manufacturing* é a eliminação dos desperdícios que ocorrem nos processos produtivos, possibilitando a redução do tempo entre o pedido e o envio dos produtos acabados ao cliente, além de proporcionar maior produtividade e redução dos custos de produção. Taiichi Ohno descreve sete tipos de desperdícios: superprodução, estoque, erros e defeitos de qualidade, espera, superprocessamento, transporte desnecessário e movimentação desnecessária. Esses sete desperdícios podem ser visualizados conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2: Os sete desperdícios



Fonte: Adaptado de Ohno (1988)

A superprodução: significa a antecipação da produção em quantidades superiores à necessidade do cliente. Por isso, é considerado o tipo mais perigoso de desperdício, pois pode resultar em custos elevados, como espaço adicional para armazenamento da produção em excesso, risco de obsolescência e comprometimento do fluxo de caixa da empresa, além de outros desperdícios (OHNO, 1988).

Estoques: Para Ohno (1988), consistem em manter mais materiais, matérias-primas, materiais em processo e produtos acabados do que o necessário, com risco de danos ou destruição de produtos e geração de custos significativos de transporte e armazenamento.

O tempo de espera: é o tempo perdido devido à espera por pessoas, materiais, informações ou ferramentas que não agregam valor ao processo de fabricação. Para Thurer *et al.* (2019), o desperdício referente ao tempo de espera está ligado à ociosidade, ou seja, aos intervalos de tempo em que o processo produtivo fica em espera para seguir com o fluxo, gerando desperdício na cadeia de valor.

Superprocessamento: São atividades ineficientes ou desnecessárias que não agregam valor para a organização e atrapalham ou atrasam a produção. Conforme a Figura 3, esse desperdício é compreendido como o tempo desnecessário para atender à demanda do cliente, bem como o uso de tecnologias sofisticadas e custosas sem justificativa (HIRANO, 1989).

Figura 3: Excesso de movimentação



Adaptado de Hirano (1989)

Transporte desnecessário: para Hirano (1989), é o movimento desnecessário de materiais, produtos semiacabados ou acabados dentro da empresa. Isso leva a um aumento nos custos de produção e ao aumento do risco de destruição ou danos ao produto.

Movimentação desnecessária: não agrega nenhum valor físico ao funcionário e geralmente resulta de uma organização inadequada do trabalho (OHNO, 1988).

Erros e defeitos de qualidade: são entendidos como o trabalho que não é concluído com resultados positivos. Para Womack, Jones e Roos (1990), um produto sem qualidade corresponde a um produto fora das especificações exigidas pelo cliente, e, portanto, os produtos precisam ser reparados. Contudo, os produtos que não podem ser reparados representam um desperdício total.

Para cada tipo de desperdício, é possível utilizar uma ou mais ferramentas na solução dos problemas diagnosticados durante o processo de fabricação. No Quadro 1, é possível verificar as ferramentas utilizadas para eliminação de cada desperdício.

Quadro 1: Os sete desperdícios e as ferramentas do *Lean Manufacturing* que podem eliminá-los

| Descrição do tipo de desperdício | Sugestão de ferramenta(s) do <i>Lean Manufacturing</i> para solucionar o problema |
|--|---|
| Superprodução | Kanban, Heijunka, VSM |
| Estoque em excesso | Kanban, Heijunka, VSM |
| Produtos com problemas de qualidade oriundos de erros e defeitos | Poka-Yoke, Jidoka, Kamishibai |
| Movimentação desnecessária | 5S, Trabalho padronizado |
| Transporte desnecessário | Kanban |
| Tempo de espera | TPM, SMED |
| Processamento excessivo | Kanban, Trabalho padronizado |

Adaptado e traduzido de Rewers *et al.* (2016)

No trabalho de Rewers, Trojanowska e Chabowski (2016) é apresentada uma visão geral das ferramentas do *Lean Manufacturing*, que são utilizadas em empresas para

aprimorar os processos de produção. O objetivo é compartilhar com o leitor as ferramentas frequentemente mais utilizadas nas empresas, disponibilizando uma descrição de cada método, seus principais objetivos e os resultados esperados. As principais ferramentas descritas no trabalho são:

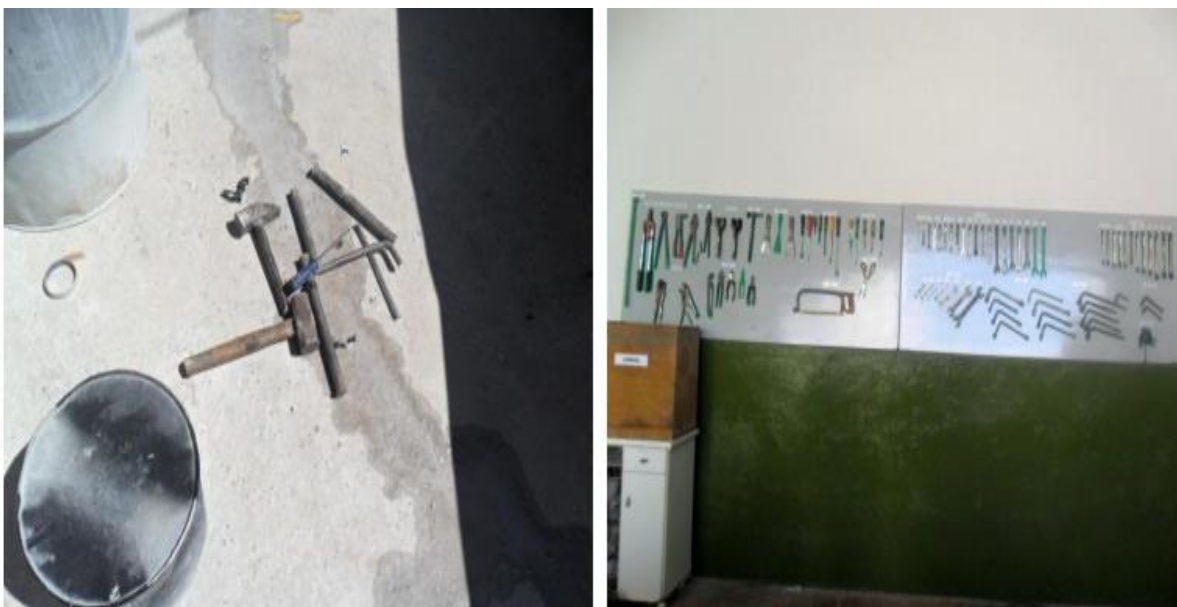
1.2.1 Value Stream Mapping (VSM): é uma ferramenta importante que permite a visualização e o entendimento do fluxo de materiais e informações ao longo da cadeia de valor. Comumente aplicada nas empresas para mapear o fluxo de valor contido nas operações, é normalmente demonstrada de forma gráfica, apresentando o roteiro do fluxo de materiais e informações dentro do sistema do processo de produção. O VSM detalha todas as tarefas realizadas em cada estação, desde a compra de matérias-primas até a entrega dos produtos acabados aos clientes, considerando o tempo de operação, o número de operadores dedicados para a realização da atividade e os estoques entre estações (LACERDA; XAMBRE; ALVELOS, 2016).

1.2.2 5S: é derivado de outra ferramenta chamada *Kaizen* e é a base para a implementação da Manufatura Enxuta. Esta ferramenta foi criada no Japão e formalmente apresentada no final dos anos 1960, sendo a principal estrutura para entendimento e aplicabilidade desenvolvida por Osada. O nome do método é derivado das primeiras letras das palavras japonesas: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*. Para Osada (1991), são os nomes das cinco etapas de organização do trabalho:

- I. *Seiri:* significa classificação ou seleção, refere-se à eliminação dos itens desnecessários da estação de trabalho. Ao aplicar o *Seiri* como princípio da seleção, o primeiro passo é marcar todos os itens desnecessários com um rótulo vermelho e disponibilizá-los para que a empresa faça um uso mais adequado. Seu foco está em diminuir o estoque e melhorar o ambiente de trabalho.
- II. *Seiton:* é uma sistemática para designar ou demarcar um local apropriado para todas as ferramentas utilizadas na estação de trabalho. Exemplos de aplicação incluem um quadro de sombras das ferramentas, numeração e definição de cores diferenciadas para cada ferramenta. O objetivo principal é reduzir o tempo que um funcionário pode perder ao ter que procurar ferramentas ou até mesmo ao utilizar ferramentas não apropriadas para a execução da atividade.

No trabalho de Misquiatti, Costa e Polioni (2013), o *seiton* foi aplicado em uma empresa do ramo automotivo, na Figura 4 é possível visualizar o antes e depois da aplicação do *seiton*:

Figura 4: Disposição das ferramentas antes e depois



Fonte: Adaptado de Misquiatti, Costa e Polioni (2013)

- III. *Seiso*: significa limpeza. Seu propósito é conservar as estações de trabalho em boas condições, monitorar e eliminar as causas de poluição, além de cuidar das máquinas. Para Campos *et al.* (2005), o conceito de *Seiso* é que limpar deve ser uma tarefa recorrente na rotina do trabalho, mas não sujar deve ser um hábito a ser buscado pelos funcionários.
- IV. *Seiketsu*: significa padronização. Consiste em realizar instruções de trabalho para que as regras das três primeiras etapas do 5S possam ser seguidas. Nesta etapa, principalmente, são definidas as responsabilidades dos funcionários e são criados procedimentos que apoiam a execução das atividades nas estações de trabalho.
- V. *Shitsuke*: significa disciplina, intensificando os hábitos dos funcionários para cumprir as mudanças dos sentidos anteriores. Para alcançar a implementação do *Shitsuke*, são necessários treinamentos frequentes dos funcionários para que consigam aperfeiçoar as atividades práticas da estação de trabalho e assimilar os procedimentos adotados.

O método 5S não requer grandes investimentos, sendo o hábito, a cultura e a padronização elementos fundamentais para o seu sucesso. As organizações precisam promover mecanismos para acompanhar o progresso da implementação do 5S entre os funcionários, estações de trabalho e a liderança, para que os objetivos organizacionais gerais sejam cumpridos (RANDHAWA; AHUJA, 2017).

1.2.3 Total Productive Maintenance (TPM): é uma ferramenta utilizada na Gestão para eliminar o desperdício associado às máquinas tecnológicas na empresa. O TPM é uma forma de gestão que integra todos os funcionários na manutenção da continuidade da produção, não sendo esta uma função exclusiva do departamento de manutenção. Para Nakajima (1988), o principal objetivo desse método é aumentar a eficiência e a produtividade de máquinas e equipamentos, alcançando:

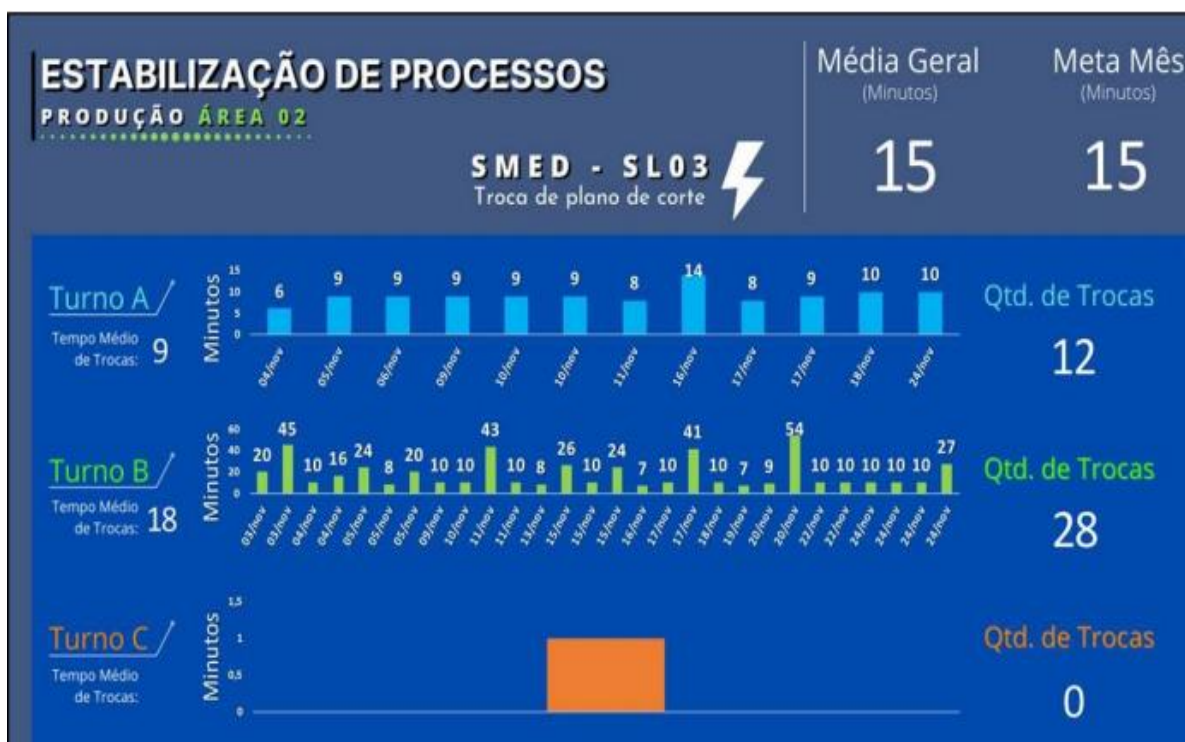
- I. Redução significativa no número de falhas;
- II. Redução no tempo de ajuste e reconfiguração de máquinas;
- III. Diminuição dos tempos de parada e inatividade causados frequentemente por ausências de funcionários ou pela espera por ferramentas, materiais, informações, etc.
- IV. Redução de defeitos na qualidade do produto;
- V. Diminuição do tempo gasto no início da produção;

O TPM quando efetivamente aplicado, traz melhorias fundamentais para a estabilização do processo de produção e desempenho na organização. Deste modo, as organizações poderão ter sucesso em um ambiente altamente competitivo (AHUJA; KHAMBA, 2008).

1.2.4 Single Minute Exchange of Die (SMED): significa troca rápida de ferramentas. Shingo (2000) identificou quatro estágios de melhoria do processo de troca de equipamento: (i) análise do tempo de troca do ferramental atual na estação de trabalho; (ii) distinguir as operações de troca internas e externas; (iii) transformação das operações internas em externas; e (iv) buscar melhoria detalhada em todos os aspectos da troca. No trabalho de Bandeira (2022), o time multifuncional de uma empresa de bobinas de aço conseguiu, em um dos maquinários, após a

implementação da ferramenta SMED, diminuir o tempo de troca do ferramental de um patamar médio de 33 minutos para 13,5 minutos, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5: Acompanhamento de troca de ferramentais

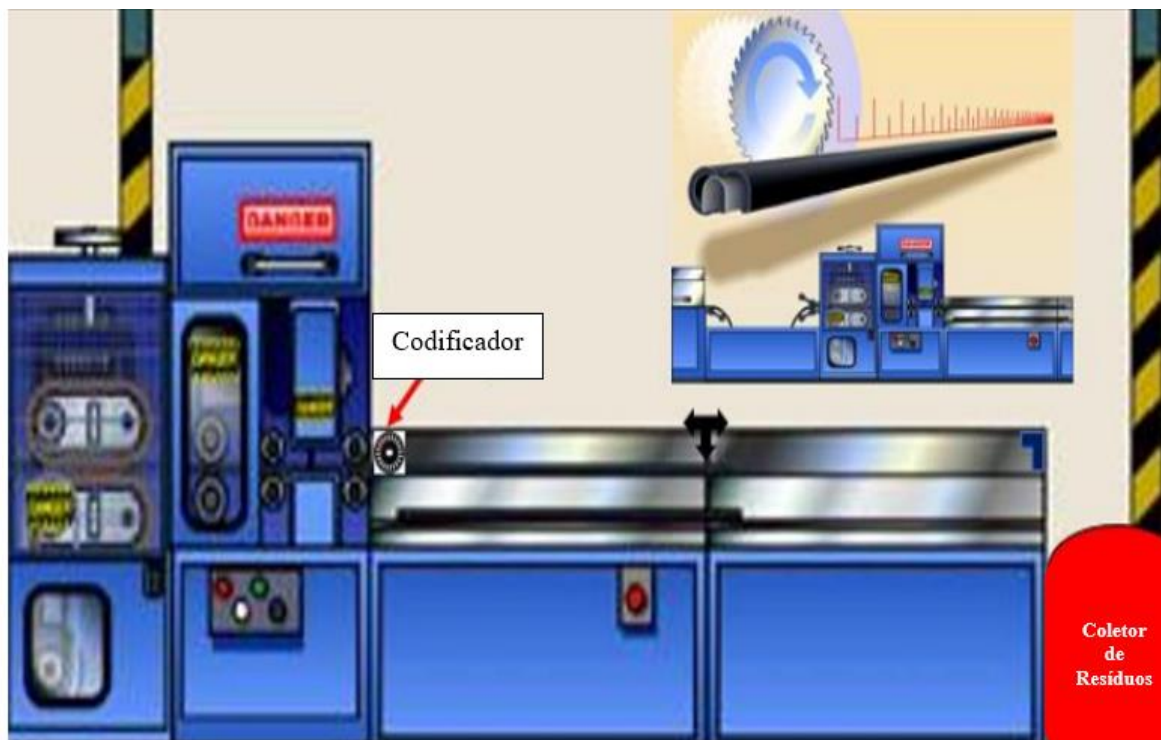


Fonte: Adaptado de Bandeira (2022)

- 1.2.5 *A padronização do trabalho*: é uma ferramenta utilizada na Manufatura Enxuta para melhorar a execução das atividades e aprimorar os processos de produção. Padronização significa uniformizar as operações ou tarefas realizadas pelos funcionários da empresa. A padronização do trabalho é o melhor método definido pela empresa para que a execução de todas as atividades no processo de fabricação seja realizada da mesma maneira, na mesma ordem e no mesmo tempo, mantendo os custos fixos estáveis. A padronização do trabalho deve ser melhorada continuamente em virtude de novos padrões, de forma a se adaptar às constantes mudanças do cenário macroeconômico e às exigências dos clientes (BENETTI, 2007).
- 1.2.6 *Poka-Yoke*: O fundamento do sistema *Poka-Yoke* é que os erros são causados pelos processos, não pelos funcionários, sendo assim, o *Poka-Yoke* é uma ferramenta

caracterizada por prevenir erros. Um exemplo de solução *Poka-Yoke* foi realizado no trabalho de Santos, Mendes e Antônio (2020), onde foi implementado um encoder no eixo de uma esteira transportadora, conforme mostrado na Figura 6. Este dispositivo tem o objetivo de automaticamente selecionar peças ruins e retirá-las do processo de seleção, diminuindo o valor de refugo significativamente.

Figura 6: Codificador como *Poka-Yoke*



Fonte: Adaptado e Traduzido de Santos; Mendes e Antônio (2020)

1.2.7 *Heijunka*: significa nivelar a produção, tendo como principal meta eliminar as variações que afetam a produtividade ou o refugo. Nivelar a produção representa um método de sequenciar os produtos de forma a equilibrar a produção em uma mesma linha de produção ou máquina. Com isso, é vislumbrado o aumento da produtividade e da flexibilidade, eliminando os desperdícios da cadeia de valor e minimizando as diferenças na troca de equipamentos nas estações de trabalho.

No trabalho de Lucinda e Oliveira (2017), o *Heijunka* foi implementado em uma empresa do ramo de eletrônicos que, diante de uma elevada competitividade e das altas oscilações na demanda, enfrentava o desafio de manter a competitividade em um cenário desafiador. Após dois anos de implementação, as sobrecargas nos equipamentos e as ociosidades foram eliminadas, e hoje a empresa tem uma

produção nivelada.

1.2.8 *Jidoka*: é a capacidade dos funcionários nas linhas de produção terem autonomia para interromper os processos eventualmente quando houverem problemas. Esses problemas podem ser um mau funcionamento de um determinado equipamento, peças defeituosas ou falta de um membro da equipe para continuar a produção. A máquina automatizada com um toque humano permite liberdade aos operadores para trabalharem simultaneamente com diversas máquinas (multifuncionalidade), reduzindo a demanda de operadores na produção e aumentando a eficiência do sistema produtivo (OHNO, 1988).

1.2.9 *Hoshin Kanri*: para Thurer *et al.* (2019), o *Hoshin Kanri* é uma ferramenta que possibilita conter todas as habilidades da empresa para melhorar seu desempenho por meio do desenvolvimento de metas organizacionais. O *Hoshin Kanri* pode ser aplicado em várias áreas da empresa, mas existe uma forte ligação inicial com a área de vendas e planejamento estratégico, seguida pela gestão de projetos de engenharia, sistema de gestão da qualidade, gestão financeira e sistema operacional, garantindo que as metas de longo prazo possam ser cumpridas. As ações desse método podem ser realizadas nas seguintes etapas:

- I. Definição da missão e a visão da empresa;
- II. Definir objetivos estratégicos para os próximos cinco anos;
- III. Definir metas anuais;
- IV. Compartilhar as metas com os demais funcionários;
- V. Implementar metas de curto prazo;
- VI. Auditar se os objetivos estão sendo proporcionalmente cumpridos ao longo do tempo;
- VII. Avaliação e compartilhamento dos resultados anuais com os funcionários da empresa;

Por meio do método *Hoshin Kanri*, foi elaborado o planejamento e os objetivos estratégicos, assim como a missão e visão de uma empresa de laticínios. As ações tomadas para atingir esses objetivos principais foram realizadas com o time

multifuncional da empresa. Em seguida, foi elaborado o cascadeamento do planejamento, estabelecendo objetivos de curto prazo e interligando às áreas individuais da organização com o mesmo foco, visando que as estratégias sejam implementadas (CAMPOS *et al.*, 2020).

1.2.10 *Kamishibai*: é um conjunto de monitoramento em um quadro simples e visível com as metas projetadas de trabalho, bem como para ensinar a pessoa responsável a encontrar possíveis melhorias. Em Barros, Heineck e Souza (2005), o *Kamishibai* é formado com cartões que representam os setores da empresa. Nos cartões, contêm instruções com as metas locais que devem ser seguidas e cumpridas com rigor e disciplina. Caso o *Kamishibai* seja bem executado, é colocado no quadro kamishibai um cartão com a cor verde assinalada; caso contrário, é colocado um cartão com a cor vermelha. Em Silva (2016), o *Kamishibai* foi implementado em uma empresa de grande porte do setor metalúrgico, cuja a utilização do quadro pode ser visualizada pelos funcionários e determinar as prioridades, conforme Figura 7.

Figura 7: Quadro *Kamishibai*



Fonte: Adaptado de Silva (2016)

1.2.11 Kaizen: Significa "melhoria contínua", que constantemente busca por ideias para melhorar todas as áreas e processos da empresa. A participação de todos os funcionários da empresa, desde os operadores até os mais altos níveis de gestão, é fundamental para o êxito das atividades. Segundo Imai (1992), sempre é possível fazer melhor, e todos os dias alguma melhoria deve ser aplicada.

Em Pierre e Martins (2016), os resultados obtidos com a melhoria do atendimento ao ciclo, performance de entrega, melhoria dos índices de qualidade, redução de movimentação desnecessária e horas extras indicaram que a iniciativa em aplicar o *Kaizen* contribuiu positivamente para empresa, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Ganhos obtidos com a implantação do *Kaizen* (abril/2014 a maio/2015)

| RESUMO DOS GANHOS NO PERÍODO DE ABR./14 A MAR./15 | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Movimentação desnecessária (km) | Tempo (horas) | Água (litros) | Redução de Custo da Não Qualidade (%) | Economia x Faturamento (%) |
| 985 | 3017 | 30600 | 87 | 3,11 |

Fonte: Adaptado de Pierre e Martins (2016)

1.2.12 Kanban: Esta ferramenta foi desenvolvida pela produção da *Toyota Motor Company* em 1962. Nesta época, o Japão estava em pleno crescimento. Os primeiros Kanbans funcionavam através de cartões carregando informações da produção e eram pendurados em vários suportes, como na Figura 8. Seguindo o conceito de supermercados, as mercadorias somente são abastecidas nas prateleiras quando um produto é vendido. O Kanban é uma das formas de alcançar o *Just In Time*, reduzindo a mão-de-obra e estoques desnecessários (OHNO, 1988).

Figura 8: Quadro Kanban - 1963



Fonte: A 75-Year History of Toyota (1963)

1.3 Kanban

O Kanban tem sua origem no Japão, onde o termo significa "cartão" ou "sinalização". Seu conceito está relacionado à utilização dos cartões para sinalizar o comportamento do processo produtivo em série nas empresas. Esses cartões contêm informações específicas sobre o produto, quantidade por lote, o número de lotes e se a rotina daquela atividade possui o status de "a realizar", "em andamento" ou "atividade concluída" (OHNO, 1988).

O Kanban é uma ferramenta oriunda do Sistema de Produção Toyota (TPS), criada para controlar os níveis de estoque, regular o início e fim da produção, e o fornecimento de componentes, e, em alguns casos, matéria-prima. Ele é definido como um mecanismo de controle de fluxo de material, regulando a quantidade adequada e o momento adequado do abastecimento. O Kanban tem sido usado em todo o mundo com o significado de "cartão", pois utiliza cartões para gerenciar a entrega ou produção de peças, itens ou matéria-prima. No entanto, se a interpretação do sistema Kanban não for tão restrita, pode-se dizer que a

maioria das empresas usa um sistema assim, uma vez que os materiais da área de produção são controlados usando cartões de algum tipo, como ordens de produção, folhas de programação, lista de materiais ou estrutura do produto. Para que o termo Kanban não seja usado indiscriminadamente, é importante que o conceito da ferramenta em sua essência seja realmente aplicado nos processos, proporcionando uma regulação automática da produção por meio de uma gestão visual com o uso dos termos "cartões", "sinal de acionamento" ou "sinal de comunicação" (LAGE JUNIOR; GODINHO FILHO, 2010).

Para Silva e Anastácio (2018), as fábricas buscam alinhar suas metas e ganhar vantagens competitivas em seus mercados de atuação, e o Kanban pode ser uma ferramenta de auxílio na busca do planejamento e controle da estação de produção com alto desempenho e obtenção de bons resultados. Já para Silva e Volante (2019), o Kanban tem por objetivo melhorar a cadência no processo produtivo, priorizando a produção dos itens críticos e diminuir os desperdícios.

1.4 Tipos de Kanban

1.4.1 Kanban de Produção: é o tipo mais tradicional e está relacionado ao controle do fluxo de produção. É usado para sinalizar quando itens precisam ser produzidos ou montados. Um cartão Kanban é movido de um estágio de produção para o próximo, indicando que uma nova produção deve ser iniciada. Conforme Santos (2011), o cartão Kanban que acompanha as peças nas embalagens durante as linhas de produção deve conter informações importantes que permitam o acompanhamento do fluxo do processo, como a identificação dos materiais, a quantidade de peças por embalagem, a quantidade de cartões em circulação daquele material, o tamanho do lote de produção, o destino das peças ou o próximo estágio de produção, entre outras informações relevantes.

1.4.2 Kanban de Transporte: é utilizado para o transporte de materiais entre diferentes processos ou áreas dentro de uma fábrica. Ele informa a necessidade de transferir um lote cheio de matéria-prima de uma estação de trabalho predecessora “i” para a próxima estação adiante “i+1”. Esta estação intermediária recebe matéria-prima

junto com os cartões Kanbans na entrada e também alimenta as informações do Kanban de saída, conforme destacado por Parra Ortega (2013).

- 1.4.3 *Kanban de Fornecedor (Kanban Externo)*: neste caso, um fornecedor externo à empresa é aliado neste processo, onde quando o estoque de um item atinge o ponto de ressuprimento, um cartão Kanban é enviado ao fornecedor para que mais materiais sejam enviados à fábrica. O ponto central deste tipo de Kanban é minimizar o nível de estoque de matéria-prima e *Work In Process* (WIP) da empresa, reduzir o *lead time* total desde o pedido do cliente até a entrega do produto final, padronizar e cadenciar a quantidade de peças recebidas por dia (ALI; SANTINI; RAHMAN, 2012).
- 1.4.4 *Kanban de Emergência*: o Kanban de Emergência é emitido quando ocorre uma situação inesperada que requer intervenção imediata. Estes cartões de emergência geralmente possuem uma cor diferenciada e sinalizam a necessidade de substituição de uma peça fora do padrão de qualidade, suspeita de estar fora do padrão aprovado, ou ainda quando ocorre uma mudança repentina na matéria-prima utilizada (ALI; SANTINI; RAHMAN, 2012).
- 1.4.5 *Kanban de Retirada*: Está ligado às particularidades do sistema de gestão da empresa, onde é notificado por meio de um ou mais cartões Kanban quando um produto de uma estação de trabalho é concluído. Em muitos processos de produção, é exigido que os itens antecessores estejam plenamente concluídos para que um processo de fabricação possa ser iniciado (MONDEN, 1981).
- 1.4.6 *Kanban Expresso ou Kanban Extra*: Este tipo de Kanban surge quando ocorre uma escassez imprevista de produtos em uma estação de trabalho ou para o suprimento de uma empresa por outra. Os Kanbans expressos notificam a necessidade de mais produtos além da demanda estimada no estudo de Kanban original, pois se os cartões acabarem rapidamente, a produção pode ser interrompida ou a estação de trabalho poderá ser operada de forma reduzida. Esses cartões são essenciais para manter um fluxo contínuo do processo e melhorar a eficiência e a comunicação dentro de uma fábrica (MONDEN, 1981).

1.5 Vantagens e Desvantagens do Sistema Kanban

As empresas buscam eliminar ao máximo os desperdícios e reduzir os tempos de processo, a fim de tornar as indústrias mais produtivas e com custos estáveis, tornando-se assim competitivas no mercado. Segundo Santos (2011), as principais vantagens da aplicação do Kanban são:

- **Redução de Estoque:** quando a cultura do Kanban é adotada nas organizações, os grandes estoques em processo são drasticamente reduzidos ou eliminados, uma vez que eles mascaram ou ocultam os problemas reais nas estações de trabalho. Segundo Ali, Santini e Rahman (2012), após a maturação do sistema de fornecedores Kanban para controlar a quantidade de matéria-prima no processo logístico entre as empresas, houve uma redução significativa nos estoques.
- **Limitar o estoque mínimo e máximo:** com a definição da política de Kanban, é possível determinar o espaço disponível para o armazenamento de peças, além de calcular os níveis mínimo e máximo de peças que estarão na empresa, desde que as regras do Kanban sejam seguidas.
- **Obsolescência:** minimiza o risco de produtos ficarem sem utilização.
- **Otimização de funções:** na maioria dos casos de empresas que aplicam o Kanban, há uma redução de tarefas, uma vez que a programação da produção, anteriormente realizada por um ou mais funcionários, é substituída pelos cartões Kanban.

Para Fernandes (2016), as principais desvantagens do Sistema Kanban são:

- **Retrabalho da política do Kanban:** caso não haja pedidos nivelados e constantes por parte dos clientes, as variações agressivas exigem um novo dimensionamento do sistema de Kanban, pois é necessário atualizar todas as informações do processo, como tamanho de lotes, área, novas metas de estoque, etc.
- **Perda de cartões Kanban:** a falta de rigor na execução do sistema Kanban pode levar a falhas no planejamento da produção. Se os funcionários esquecem de colocar os cartões no lugar correto ou os perdem, isso pode afetar significativamente a programação da produção e a quantidade de produtos a serem fabricados nas

máquinas ou linhas de produção. Portanto, é essencial garantir que haja um treinamento adequado dos funcionários e um acompanhamento rigoroso para evitar tais problemas.

- **Quadro Kanban:** a dependência de um ponto físico, como um quadro Kanban, é comum para que os funcionários entendam o cenário da produção e realizem análises para relatórios em reuniões do dia a dia da empresa. O quadro Kanban serve como uma representação visual do fluxo de trabalho e do status de cada tarefa ou processo, permitindo que os funcionários identifiquem rapidamente o que está sendo feito, o que precisa ser feito e onde estão os gargalos ou problemas. Isso facilita a comunicação entre os membros da equipe e fornece uma visão geral do desempenho da produção, ajudando nas tomadas de decisão e na resolução de problemas de forma ágil e eficiente. No entanto, é importante lembrar que, embora o quadro Kanban seja uma ferramenta útil, ele não substitui a necessidade de comunicação verbal e relatórios formais em reuniões.

1.6 Digitalização do Kanban

Ao revisar a literatura científica, encontram-se muitos exemplos de formas de digitalização de ferramentas de Lean Manufacturing e seu impacto positivo na excelência operacional das empresas no processo de manufatura e logística. Isso inclui a redução da distância a ser percorrida, aumento da produtividade, melhoria na comunicação, redução dos prazos de entrega do material, acesso à informação em tempo real, entre outros benefícios. O Kanban é uma das ferramentas do *Lean Manufacturing* que as empresas têm interesse em digitalizar em um futuro próximo. Nos estudos, existe convergência entre as ferramentas digitais e tecnologias inovadoras, como sensores, RFID, Big Data, AGVs e simulações (PAPADIMITROPOULOU *et al.*, 2023).

Para Ricky e Kadono (2020), o processo de digitalização do Kanban pode ser complexo e de difícil execução sem o apoio da alta direção da empresa, treinamentos, investimentos e suporte para adequar a cultura do Kanban na organização. Em uma pesquisa realizada por Rizad *et al.* (2020) para investigar o potencial de implementação da

metodologia e-Kanban na gestão de estoques, constatou-se que a falta de conhecimento dos funcionários e o custo são os principais obstáculos que podem impedir a empresa de adotar a mudança da plataforma manual para a eletrônica do Kanban.

Em muitas empresas, o Kanban digital foi implementado com sucesso, atendendo a particularidades específicas das organizações e de diversos setores. Em Adam *et al.* (2013), o Kanban digital é uma forma de sinalização sistêmica que utiliza uma combinação de técnicas para acionar a movimentação de materiais utilizados na fabricação interna de uma empresa. Ele difere do Kanban convencional, pois faz uso de informações tecnológicas, como códigos de barras e mensagens digitais, para substituir a função do Kanban manual em cartões. No design do E-Kanban, um dispositivo de computação digital monitora o movimento de estoque marcado com códigos de barras, os quais são digitalizados em vários estágios do processo de fabricação. Essas informações são então utilizadas para sinalizar as partes interessadas internas e externas, organizando assim a reposição de produtos.

O método Kanban, desenvolvido como software, teve suas primeiras adaptações em 2004, quando David J. Anderson estava auxiliando uma pequena equipe de tecnologia de informação (TI) na Microsoft que estava operando de forma deficiente. Sua orientação foi fundamental para guiar as equipes do projeto a visualizarem o fluxo de trabalho, limitar os estoques em processo em cada estação de trabalho e medir o tempo de ciclo. A utilização de *softwares* visa adaptar rapidamente o processo por meio de ciclos de informações mais curtos e rápidos, estreitando os canais de comunicação, nessa condição, o sistema gera valor ao fluxo produtivo, produzindo somente os itens de trabalho liberados para os clientes (AHMAD; MARKKULA; OIVO, 2013).

Tecnologias denominadas como cognitivas, que incluem aprendizado automático das máquinas, interfaces com reconhecimento facial, reconhecimento de linguagem e grandes bancos de dados, entre outros, têm demonstrado auxiliar nas rotinas de processos logísticos para tomada de decisões autônomas e inteligentes. Neste trabalho, o desenvolvimento da ferramenta Kanban conectada com outras tecnologias resultou em elevada produtividade ao digitalizar os processos manuais, disponibilidade e uso das informações em tempo real, beneficiando assim as áreas de gerenciamento de estoques, reduzindo prazos de entrega e melhorando a flexibilidade (PEKARCIKOVA *et al.*, 2021).

Neste trabalho, foi realizado o desenvolvimento de um sistema de Kanban digital para uma linha de produção de modelos mistos de automóveis na Indonésia. Na empresa em questão, o sistema Kanban tradicional apresentava ineficiências na linha de produção, resultando em atrasos nas instruções de produção, perda de cartões Kanban, imprecisão na posição de estoque e outros erros relacionados ao comportamento humano. Além disso, foi identificado que essas ineficiências aumentam com o aumento da variedade e do volume de produtos em uma linha de produção de modelos mistos (WIJAYA *et al.*, 2018).

1.7 Método de pesquisa Design Science Research (DSR)

DSR (Design Science Research), ou Pesquisa em Ciência do Design, é uma abordagem que busca resolver problemas por meio da criação de artefatos, como sistemas, métodos, processos ou produtos, que possam melhorar uma situação ou contexto específico. Esta abordagem é fundamentada na ideia de que o design pode ser uma forma eficaz de resolver problemas complexos, através da aplicação de princípios de design e métodos de pesquisa científica. Um dos precursores dessa abordagem foi Fuller (1981), que destacou a importância de criar soluções inovadoras para problemas existentes. Ele ilustrou isso com o exemplo da necessidade de atravessar um rio: enquanto as pessoas estiverem enfrentando o desafio de atravessar o rio sem uma ponte, elas correm o risco de se afogar. No entanto, ao criar uma ponte, uma solução é fornecida, e as pessoas podem atravessar o rio com segurança, abandonando os métodos antigos e se adaptando à nova solução. Assim, a DSR procura não apenas entender os problemas, mas também criar soluções práticas e eficazes por meio do design, promovendo a melhoria e a inovação em diversas áreas do conhecimento e da prática (FULLER 1981).

Em Deng e Ji (2018), por meio de uma revisão da literatura sobre o método científico DSR, é demonstrado que este método está cada vez mais sendo aceito e adotado por pesquisadores como um paradigma legítimo de pesquisa. Isso se deve à sua capacidade de equilibrar a relevância da pesquisa com a rigurosidade metodológica, com foco principalmente na solução de problemas relevantes ao criar artefatos eficazes. Existem diversos argumentos que explicam essa rápida proliferação do DSR, como o equilíbrio entre

rigor e relevância da pesquisa, a avaliação e análise dos artefatos desenvolvidos sob a ótica de sua aplicabilidade e aceitabilidade pela organização em todos os aspectos, inclusive financeiros, e principalmente pelos stakeholders.

DSR é um método que estabelece e opera pesquisas científicas quando o objetivo desejado é alcançado pela utilização de um artefato recomendado. Neste método, a pesquisa pode ser realizada tanto na academia quanto em um contexto de integração com ambientes organizacionais, visando agregar conhecimento sobre como as coisas podem e devem ser construídas ou projetadas, geralmente por ações humanas, para alcançar um conjunto de metas desejadas. Com foco na concepção e implementação de artefatos digitais inovadores, o método DSR está idealmente posicionado para contribuições tanto na pesquisa quanto na prática (HEVNER; GREGOR, 2022).

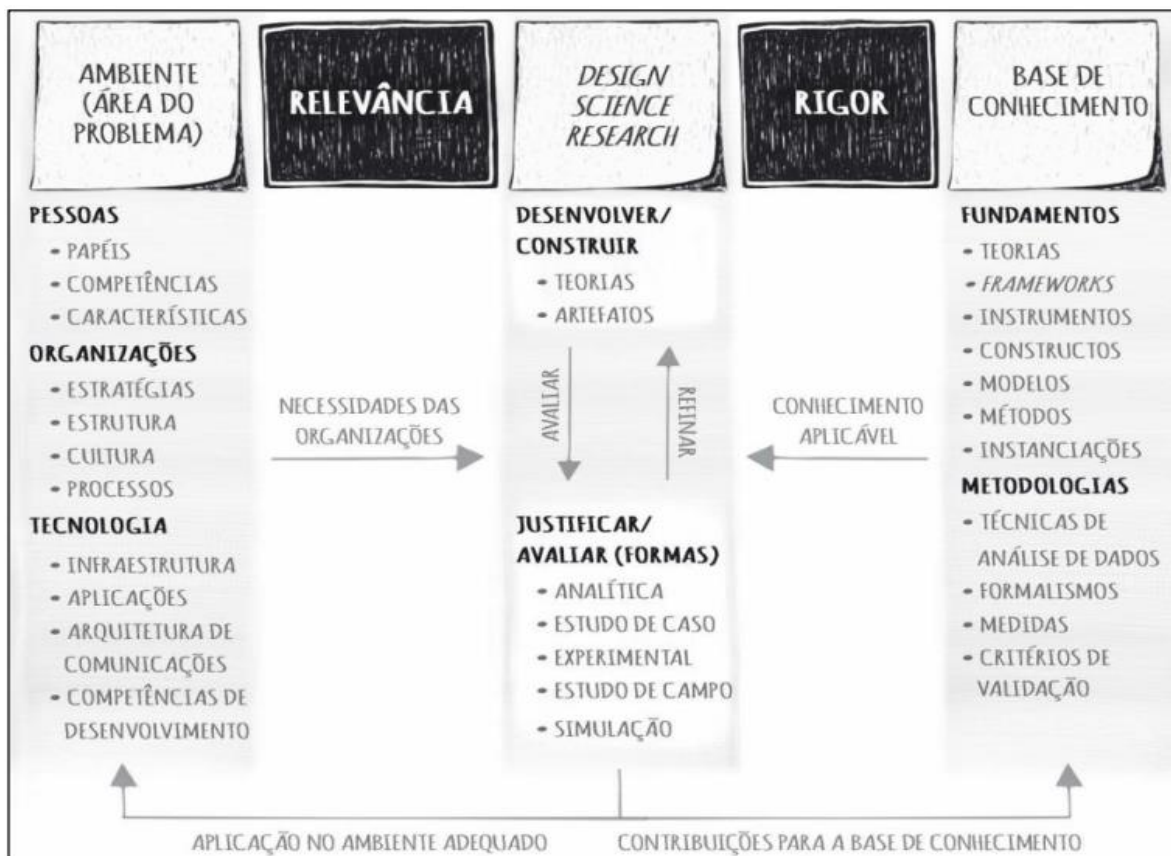
No trabalho de Dresch; Lacerda e Antunes (2015) os conceitos fundamentais do DSR podem ser relacionados da seguinte forma:

- **Definição do Design Science** – É um método que busca estabelecer uma abordagem de pesquisa centrada na criação e avaliação de artefatos (soluções práticas) para resolver problemas do mundo real.
- **Artefato** – Algo produzido pelo ser humano, são produtos concretos criados no processo de pesquisa, como sistemas, modelos, métodos, algoritmos, protótipos, entre outros. Esses artefatos são projetados para resolver problemas específicos ou atender a necessidades identificadas.
- **Classes de problemas** – Este critério de demarcação estabelece que a pesquisa conduzida por meio da design science não deve estar focada apenas em melhorar uma situação particular, mas sim em propor uma solução para uma classe de problemas que possam ser replicadas por outras organizações.
- **Validade pragmática** – Busca afirmar a adequação da solução proposta para o problema identificado. Os artefatos desenvolvidos no DSR são avaliados rigorosamente para determinar sua eficácia na resolução do problema. A avaliação pode incluir testes, simulações, experimentos e outros métodos de validação.

A Figura 9 demonstra que a relevância de uma pesquisa é um fator extremamente importante, pois está focada na solução dos problemas do dia a dia. Seguir um método conhecido para conduzir uma pesquisa na abordagem DSR é útil para apoiar o pesquisador

a alcançar o rigor metodológico, o qual é fundamental para que uma pesquisa seja considerada válida e confiável.

Figura 9: Relevância e rigor em Design Science Research



Fonte: Dresch, Lacerda e Antunes (2015).

De acordo com Dresch *et al.* (2015), as pesquisas que utilizam o método DSR têm sua referência na solução de problemas específicos, sem necessariamente buscar a solução ótima, mas sim uma solução que seja satisfatória.

É fundamental ressaltar que o pesquisador deve considerar o contexto ao pensar na criação do artefato para que a interação artefato-contexto ocorra de forma a atingir o objetivo da pesquisa (WIERINGA, 2014).

Existem diferentes formas de conduzir uma pesquisa científica baseada no método DSR, No trabalho conduzido por Costa (2017) as etapas de aplicação do DSR foram adaptadas de diversos autores corroborando para as particularidades da sua pesquisa

conforme é ilustrado na Figura 10. Na descrição das etapas o autor formulou as perguntas chaves para que os elementos das etapas fossem supridos com o intuito de criar um ambiente para desenvolvimento do artefato.

Figura 10: Etapas genéricas do processo de DSRM percorridas nesta pesquisa

| # | Etapas | Descrição das etapas |
|---|---|--|
| 1 | Identificação do problema (*) | - <i>Qual é o problema que se deseja estudar?</i> Definir questões de pesquisa e justificar a motivação e relevância da sua solução. |
| 2 | Conscientização do problema | - <i>O que já se sabe sobre o problema?</i> Definir melhor o contorno do problema, recorrendo a revisão sistemática da literatura. |
| 3 | Definição dos resultados esperados | - <i>Quais são os resultados esperados da solução?</i> Definir os resultados e artefatos esperados e especificar os critérios que devem ser utilizados para avaliar as soluções propostas. |
| 4 | Projeto e desenvolvimento | - <i>Quais são os artefatos propostos?</i> Projetar e desenvolver os artefatos – construtos, modelos e métodos. |
| 5 | Demonstração | - <i>Como os artefatos são demonstrados?</i> Encontrar um contexto específico e mostrar que os artefatos funcionam, por meio da realização de uma ou mais demonstrações. |
| 6 | Avaliação | - <i>Como os artefatos e sua instanciação são avaliados?</i> Observar os artefatos e a sua demonstração e avalia-los, por meio de técnicas adequadas. |
| 7 | Explicitação das aprendizagens e Conclusões | - <i>O que se pode aprender e concluir com a pesquisa?</i> Declarar os pontos de sucesso e de insucesso obtidos com a realização da pesquisa. Expor os resultados, as decisões tomadas e as limitações da pesquisa. |
| 8 | Comunicação | - <i>Como o resultado da pesquisa é comunicado?</i> Comunicar os resultados da pesquisa: o problema, as soluções propostas e sua utilidade, novidade e eficiência para acadêmicos e outras audiências relevantes. |

Fonte: Adaptado de Costa (2017).

A justificativa para a utilização do DSR sustenta-se pelo fato de ser um método adequado para buscar respostas prescritivas por meio da construção de artefatos. Este método não se ocupa apenas em explorar, descrever ou explicar o problema, mas também em desenvolver o artefato de modo a contribuir para uma melhor atuação humana, seja na sociedade, empresas ou organizações. A execução da pesquisa permite avaliar o artefato

proposto, demonstrado em campo, sendo relevante na solução dos problemas. O Quadro 2 compara as características desta pesquisa de dissertação com a abordagem metodológica do DSR.

Quadro 2: Comparativo de pesquisa desta dissertação com a abordagem DSR

| Elemento | Design Science Research (DSR) | Pesquisa desta Dissertação | Alinhamento |
|-------------------------------------|---|--|-------------|
| Objetivos | Desenvolver artefatos que permitam soluções satisfatórias aos problemas práticos | Desenvolver um artefato para apoiar na transformação do Kanban | Sim |
| | Projetar e Prescrever | Projetar e aplicar | Sim |
| Principais Atividades | Definir o problema, sugerir, desenvolver, avaliar e concluir | -Contextualização do Problema -Opções de solução -Ideação -Projeto e Desenvolvimento -Demonstração -Avaliação -Comunicação | Sim |
| Resultados | Artefatos (constructos, modelos, métodos, instanciações) e aprimoramento de teorias | Artefato e evolução de uma ferramenta de gestão | Sim |
| Tipo de Conhecimento | Como as coisas deveriam ser | Como as coisas deveriam ser | Sim |
| Papel do Pesquisador | Construtor e/ou avaliador do artefato | Construtor e avaliador do artefato | Sim |
| Base Empírica | Não obrigatória | Foi utilizada | Sim |
| Colaboração Pesquisador- Pesquisado | Não obrigatória | Foi utilizada | Sim |
| Implementação | Não obrigatória | Estudo de campo para suportar a dissertação | Sim |
| Avaliação dos Resultados | Aplicações, simulações e experimentos | Aplicações | Sim |
| Abordagem | Qualitativa e/ou quantitativa | Qualitativa e quantitativa | Sim |
| Especificidade | Generalizável à uma determinada classe de problemas | Generalizável com limitações | Parcial |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Dresch, Lacerda e Antunes (2015).

A Figura 11 apresenta a condução do DSR proposto por Gregor e Jones (2007), baseado em 8 etapas fundamentadas no desenvolvimento de trabalhos científicos realizados na área de Sistemas da Informação.

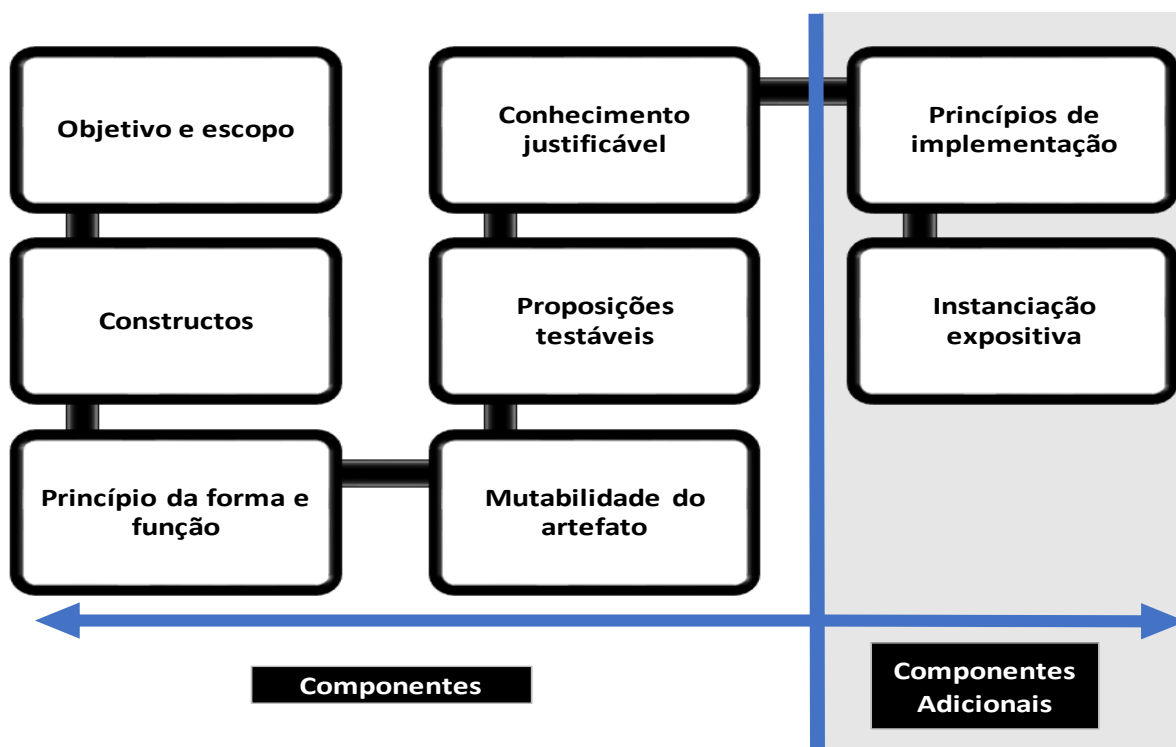
Na primeira etapa do método proposto por Gregor e Jones (2007), trata-se da definição do objetivo e do escopo da pesquisa. É nesse estágio que o pesquisador deve esclarecer em que tipo de sistema ou teoria a pesquisa será aplicada.

Na segunda etapa, os constructos estão relacionados à representação dos componentes que são de interesse da teoria. Eles devem ser claros e concisos.

Na terceira etapa, são definidos os princípios de forma e função. Isso envolve a definição das características do sistema que está sendo desenvolvido ou melhorado, ou seja, o ambiente interno do artefato.

A quarta etapa aborda a mutabilidade do artefato, que corresponde às mudanças de estado do artefato e às adaptações que podem ocorrer de acordo com o contexto em que foi aplicado.

Figura 11: Etapas da aplicação do DSR proposto por Gregor e Jones



Fonte: Adaptado de Gregor Jones (2007).

Na quinta etapa do método, "proposições testáveis", é possível testar a teoria e submetê-la a diferentes cenários. A capacidade de generalizar a aplicação do artefato pode demonstrar a robustez da teoria.

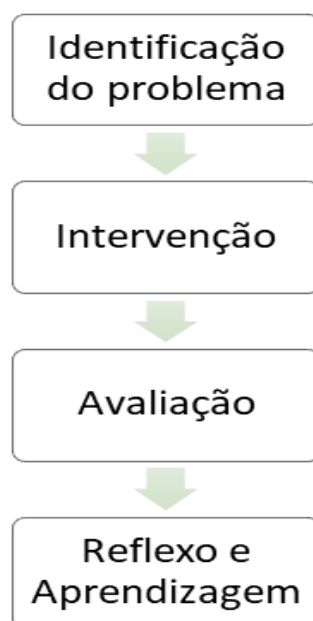
A sexta etapa, "conhecimento justificável", é gerada pela pesquisa considerando o conhecimento existente, independentemente do tipo de ciência que o gerou. Essa etapa permite explicar a importância de construir um artefato e por que ele funciona.

A sétima etapa refere-se aos "princípios de implementação", que são os meios utilizados para implementar o artefato construído.

A última etapa é denominada "instanciação expositiva", que é a aplicação do artefato em um contexto real. A instanciação permite visualizar as práticas teóricas e facilita seu entendimento (GREGOR; JONES, 2007).

Cole *et al.* (2005) utilizaram aspectos do método científico Pesquisa-Ação como parte integrante para a construção do artefato, o que pode exigir interação do pesquisador com os colaboradores de uma organização, incluindo entrevistas e coleta de dados, para que o artefato fosse desenvolvido no ambiente de aplicação. A Figura 12 apresenta os passos conduzidos no DSR pelo autor.

Figura 12: Etapas da aplicação do DSR por Cole *et al.* (2005)



Fonte: Adaptado de Cole *et al.* (2005).

A primeira etapa refere-se à identificação do problema a ser estudado, considerando os interesses dos envolvidos. A segunda etapa está relacionada à construção do artefato. A terceira etapa corresponde à aplicação e à medição dos resultados obtidos com a implementação do artefato. A última etapa é realizada para que o conhecimento gerado sirva de base tanto acadêmica como profissional (COLE *et al.*, 2005).

Para Peffers *et al.* (2007), a pesquisa pode ser conduzida por 6 atividades conforme é demonstrado na Figura 16. Nesta condução, as 6 etapas são: (i) identificar o problema e a motivação: definir o problema e mostrar sua importância; (ii) definir os objetivos da solução: responder à pergunta qual seria o melhor artefato para ser implementado?; (iii) projetar e desenvolver: definição e aplicação do artefato; (iv) demonstração: usar o artefato para a solução do problema; (v) avaliação: observar o quanto o artefato foi eficiente e eficaz; (vi) comunicação: realizar publicações acadêmicas ou publicações profissionais. Os autores afirmam que a condução das fases não necessariamente precisa iniciar pela primeira fase.

2 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Este capítulo está dividido em três etapas. A primeira etapa é a apresentação da empresa onde se realizou a implantação do Kanban digital, contextualizando seu regime de atuação e desafios por ser uma empresa de médio porte nacional, começando com uma breve explicação sobre os processos de fabricação da empresa. A segunda etapa é um estudo bibliométrico com a finalidade de caracterizar o estado da arte da aplicação do Kanban em trabalhos científicos voltados para área de manufatura de sistemas produtivos. A terceira etapa é a abordagem metodológica referente à aplicação do método científico DSR em conformidade com o problema de pesquisa e os objetivos apresentados.

2.1 Apresentação da Empresa – Unidade de Análise da Aplicação

Os dados apresentados neste subitem incluem informações de mercado, produção, vendas e caracterização dos processos da empresa, obtidos a partir de uma pesquisa de campo realizada na sede da empresa objeto de análise da aplicação.

A empresa objeto deste estudo está situada no Estado de São Paulo e é a principal fornecedora local de faróis e lanternas automotivos para as montadoras e para o mercado de reposição no Brasil. Além disso, é pioneira no desenvolvimento e na produção de novas soluções em iluminação automotiva.

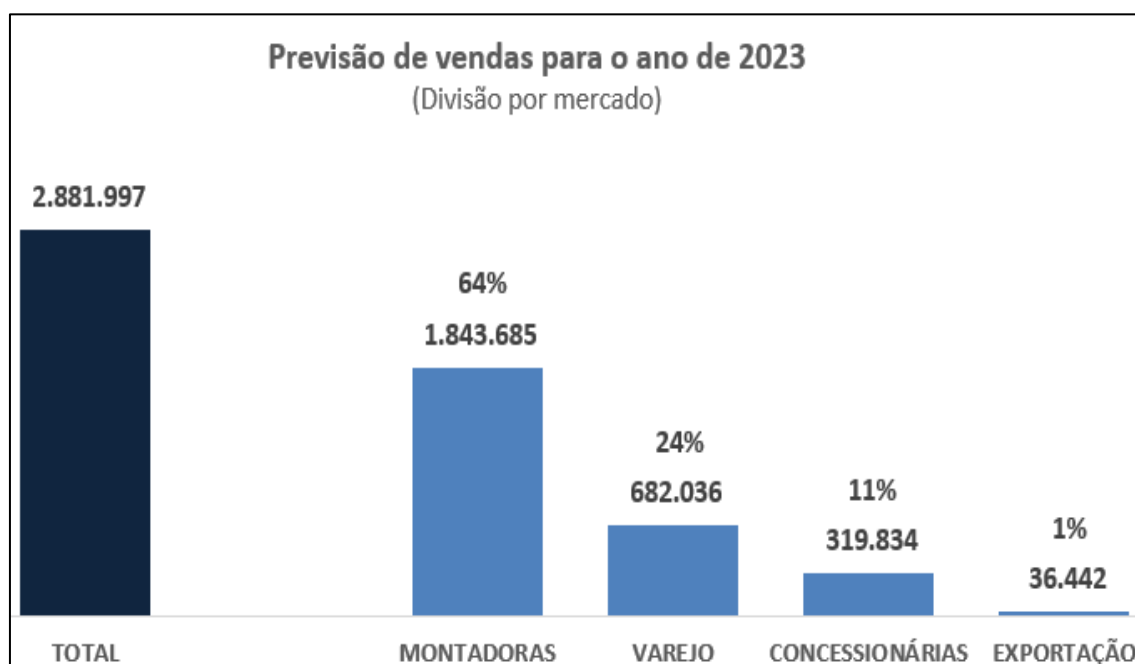
A qualidade dos produtos está à frente do mercado, garantindo maior excelência, segurança e confiabilidade. Com quase um século de existência, a empresa tem investido nos melhores processos produtivos e possui quase 100 equipamentos para realizar as etapas de injeção de polímeros, verniz, metalização, pintura e montagem de faróis e lanternas.

A empresa possui um Centro Tecnológico dedicado à criação de novas tecnologias, desenvolvimento de produtos e construção de ferramentais. Além disso, conta com um laboratório especializado no mercado de iluminação do Brasil, reconhecido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Este laboratório é composto por uma equipe de profissionais altamente qualificados, incluindo engenheiros e técnicos, responsáveis pela criação e implementação de tecnologias de ponta para o mercado. Eles

trabalham nas áreas de pesquisa em fotometria, materiais e eletrônica, seguindo as normas nacionais e internacionais de iluminação automotiva.

O planejamento de vendas desempenha um papel fundamental na alocação de recursos, gerenciamento de metas estabelecidas e tomada de decisões estratégicas. A Figura 13 apresenta informações relacionadas à previsão de vendas, estratificadas por mercado, considerando variáveis como análise de dados históricos, projeção de crescimento, sazonalidades e alinhamento com o time de vendas.

Figura 13: Gráfico Previsão de Vendas



Fonte: Elaborado pelo autor.

As segmentações de mercados apresentadas na Figura 10 são classificadas em 4 tipos:

- i. **montadoras:** refere-se aos produtos vendidos diretamente às montadoras de veículos automotores. Geralmente caracterizam-se por entregas em grandes lotes, embalagens que armazenam grandes quantidades e que são reutilizadas ao longo do período de vida do projeto.
- ii. **varejo:** refere-se aos produtos vendidos diretamente a varejistas que abastecem as autopeças locais, onde os consumidores podem adquirir os produtos. São caracterizados por entregas em unidades, embalagem individual e não retornável. Geralmente atendem ao mercado em geral, fornecendo produtos que as

concessionárias já não oferecem devido ao término do prazo de abastecimento por lei.

- iii. **concessionárias:** refere-se aos produtos automotivos fornecidos aos distribuidores autorizados pelas fabricantes de veículos. Essas peças são utilizadas pelas concessionárias para realizar reparos, manutenção e substituições em veículos que estão sob garantia ou que são atendidos pelos serviços pós-venda das concessionárias.
- iv. **exportação:** refere-se aos produtos ao qual os fabricantes enviam para distribuidores, revendedores ou outras empresas no exterior. Isso pode ocorrer devido à demanda por peças de reposição específicas, à busca por componentes de alto desempenho ou à procura por preços mais competitivos nos mercados internacionais.








O país mais relevante nas exportações da empresa é a Argentina, que enfrenta momentos macroeconômicos de alta complexidade e tem restringido a maior parte de suas importações. Há alguns anos, o mercado de exportação correspondia a aproximadamente 17% de todas as receitas da empresa.

Dentre os clientes, o cliente número 1 tem a maior representatividade, correspondendo a 33% do faturamento da empresa. Essa relação de parceria remonta à década de 60, quando a empresa já fornecia peças para os modelos de carros que inauguraram a fábrica da montadora. Além disso, a empresa fornece para todas as plantas desse cliente no Brasil e na Argentina.

Com uma fatia de mercado de 30% no faturamento, o cliente número 2 se destaca por ser a montadora com maior participação nas vendas de veículos leves no Brasil. Este cliente possuía um parceiro global que fornecia acessórios de iluminação veicular, e detinha preferência nos contratos para suprir a montadora com faróis, lanternas e outras peças. Contudo, após a venda dessa empresa pelo cliente número 2, a empresa objeto deste estudo vem conseguindo ganhar participação relevante nos novos contratos de suprimento junto a essa montadora de veículos.

Na Figura 14, é possível verificar os principais clientes, bem como sua participação no faturamento da empresa.

Figura 14: Principais clientes

| Cliente | Bandeira do País de Origem | Percentual de Participação no Faturamento |
|----------------|---|--|
| Número 1 |  | 33% |
| Número 2 |  | 30% |
| Número 3 |  | 15% |
| Número 4 |  | 7% |
| Número 5 |  | 2% |
| Número 6 |  | 9% |
| Número 7 |  | 3% |
| Diversos | Outros | 1% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A empresa possui como produto principal a linha de faróis dianteiros, que

correspondem a 63% das vendas da empresa. Este produto possui uma complexidade maior do que os outros produtos do catálogo. Além dos faróis, a empresa também produz lanternas traseiras, faróis auxiliares e de neblina, brake-lights, luzes de teto e luzes de ré, conforme pode ser verificado no detalhamento da Figura 15.

Figura 15: Portifólio de Produtos

| Ilustração da categoria de produtos | Categoria de produtos | Percentual do Faturamento |
|---|--------------------------------|----------------------------------|
|  | Lanternas Traseiras | 29% |
|  | Faróis Dianteiros | 63% |
|  | Faróis Auxiliares e de Neblina | 3% |
|  | Brake-Lights | 2% |
|  | Luzes de Teto | 1% |
|  | Luzes de Ré | 2% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os faróis e lanternas desempenham uma função crítica e de segurança para os

condutores de automóveis. A empresa busca exceder as expectativas dos clientes por meio de tecnologia de última geração e, acima de tudo, garantir elevada segurança. Para atingir e manter este patamar de excelência ao longo de todo o seu processo produtivo, a empresa é submetida a avaliações de auditorias internas e externas. Além disso, existe uma filosofia interna denominada 'Sistema de Qualidade A', seguida pelos colaboradores. Estes são treinados e reciclados frequentemente com o objetivo de assegurar níveis de qualidade do produto, custos dentro dos padrões estabelecidos, entregas aos clientes no momento certo e nas quantidades corretas.

A empresa também possui um departamento exclusivo de melhoria contínua, dedicado a aplicar ferramentas de qualidade como *Lean Manufacturing*, TPM, Kanban, *Kaizen*, entre outras, visando eliminar desperdícios e garantir que os processos de produção sejam eficientes e modernos. O Sistema de Qualidade estabelece a visão, missão e objetivos a serem alcançados pelos colaboradores. Para tanto, baseia-se nos seguintes valores e cultura:

- Ser a melhor empresa fornecedora de autopeças;
- Apresentar-se como uma organização de qualidade total: qualidade do produto, serviços e relações humanas;
- Exceder as expectativas dos pedidos requeridos pelos clientes;
- Promover a iniciativa individual, criatividade e a responsabilidade dos seus colaboradores, aproveitando ao máximo o conhecimento das pessoas existentes na organização;
- Reconhecer e valorizar as competências das pessoas e sua contribuição para o sucesso da empresa;
- Proporcionar aos seus colaboradores oportunidades de ascensão na carreira, tomada de responsabilidade e aquisição de novas competências através do reconhecimento de seu esforço;
- Implementar e aplicar metodologias que respeitem e não prejudiquem o ambiente;
- Garantir a rentabilidade da organização.

2.2 Estudo bibliométrico

O estudo bibliométrico sobre a implantação do Kanban digital foi conduzido com o objetivo de identificar, analisar e compreender as produções científicas recentes relacionadas às áreas de manufatura e logística. Esse estudo está alinhado com a questão inicial de pesquisa: "Como aprimorar a gestão da produção por meio da digitalização do Kanban de maneira interativa e tecnológica, mantendo sua essência?".

Para Araújo (2006), a bibliometria é definida como uma técnica quantitativa e estatística para a composição de índices de produção, análise e disseminação do conhecimento na busca e pesquisa de determinado tema. Assim, é possível identificar padrões nas publicações científicas, como idiomas predominantes, informações sobre a quantidade de citações, veículos de divulgação, como revistas e livros com impacto e relevância, países com maior desenvolvimento no tema pesquisado e o comportamento das palavras mais utilizadas dentro de um conjunto de trabalhos analisados na busca.

A intensificação do uso da bibliometria nas produções científicas se relaciona ao fato de que nos últimos anos os avanços tecnológicos e o acesso à internet trouxeram facilidades na propagação das informações. Assim, desenvolveram-se programas e algoritmos com o objetivo de criar bases de dados, possibilitando o cruzamento das informações de diversas variáveis para levantar estatísticas sobre os conhecimentos científicos (PIMENTA, 2017).

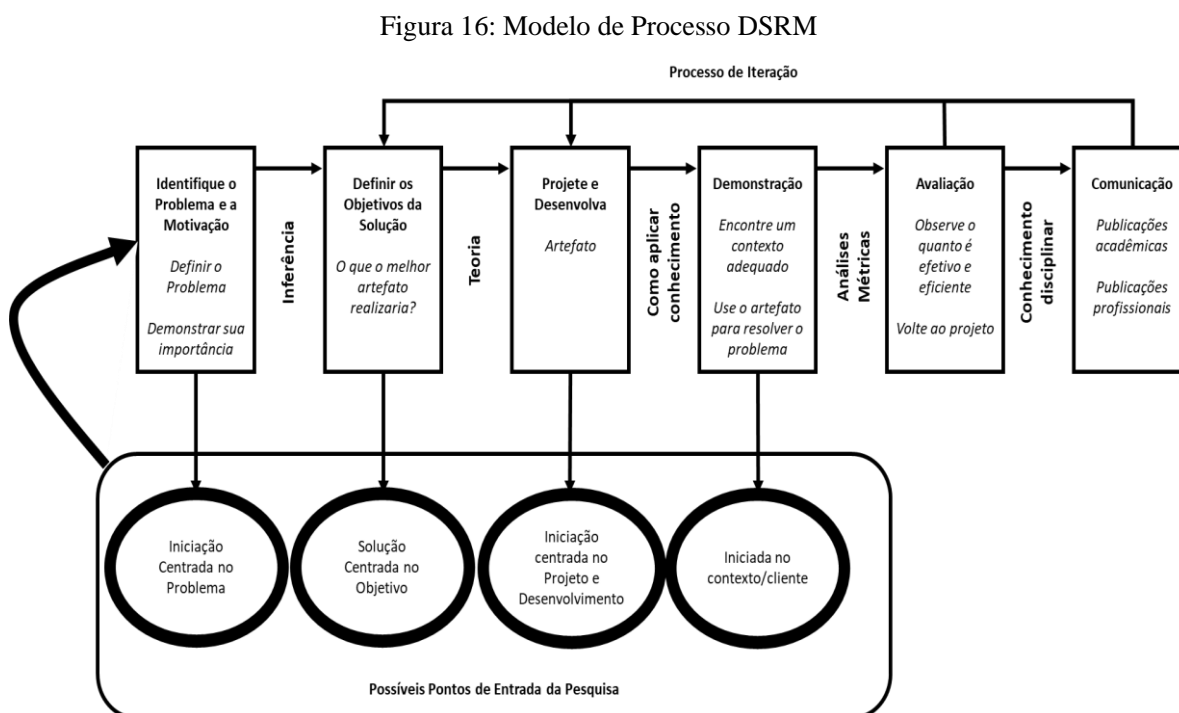
Em consonância com a literatura, os estudos bibliométricos foram realizados por meio dos *softwares Publish or Perish* e nas bases científicas *Web Of Science*, *Google Scholar* e *Scopus*. Como primeiro critério, foram selecionadas as publicações de artigos científicos dos últimos seis anos correspondentes ao período de 2016 a 2022. O objetivo do primeiro critério foi filtrar o volume total de publicações e, simultaneamente, selecionar trabalhos atuais e mais relevantes sobre o tema. O objetivo do segundo critério foi selecionar apenas publicações classificadas como artigos e também excluir trabalhos duplicados entre as bases de pesquisa. Para isso, foi realizada a busca das palavras-chave, utilizando o *software Excel* para a organização e tratamento dos dados.

No terceiro critério, os resultados das publicações foram importados para o *software Zotero*, onde os artigos foram analisados individualmente. As publicações que não tinham relação com a aplicação, desenvolvimento, interface ou implantação do Kanban digital foram excluídas, assim como aquelas que não tinham correlação com as áreas de manufatura

e logística. Por fim, foi utilizado o *software Bibliometrix* para análise, compilação e apresentação dos dados por meio de gráficos, tabelas e figuras.

2.3 Design Science Research (DSR)

Para a operacionalização do método DSR neste trabalho de pesquisa, foi utilizado o modelo proposto pelos autores Peffers *et al.* (2007), que se adequa ao desenvolvimento do artefato. A proposta de desenvolvimento desta metodologia visa fornecer uma estrutura amplamente aceita para a condução bem-sucedida de pesquisas sobre artefatos, bem como um modelo estruturado para sua aplicação e apresentação. O desenvolvimento da metodologia requer o desenho de um processo DSR, para isso, é recomendada uma revisão da literatura que contenha pensamentos atuais para determinar elementos apropriados que auxiliem na elaboração da pesquisa. Vários pesquisadores em DSR e em outras disciplinas contribuíram com ideias para o desenvolvimento deste método. Após uma extensa pesquisa, sintetizando os principais elementos comuns, foi alcançado um modelo de processo composto por seis atividades em uma sequência nominal, conforme apresentado na Figura 16 (PEFFERS *et al.*, 2007).



Fonte: Adaptado e Traduzido de Peffers *et al.* (2007).

Atividade 1: Identificar o problema e a motivação. Definir de forma específica o problema e por que pode ser útil no desenvolvimento do artefato que efetivamente forneça uma solução. Justificar a motivação para uma solução considerando o ambiente, custos, público a ser beneficiado ou impactado, e recursos físicos, financeiros e intelectuais necessários para essa atividade.

Atividade 2: Definir os objetivos da solução. Identificar, dentre todos os objetivos de uma solução, aqueles que são factíveis e viáveis de serem implementados, a partir da definição do problema e do conhecimento aplicado. Os objetivos podem ser quantitativos ou qualitativos, de forma a apoiar o desenvolvimento do artefato. Eles devem ser inferidos de maneira racional a partir da especificação do problema.

Atividade 3: Projetar e desenvolver. Desenvolva o artefato, que pode ser uma construção, modelagem, método ou instanciação. Por definição, um artefato de pesquisa pode ser qualquer objeto projetado que solucione o problema de pesquisa. Nesta atividade, você pode incluir e determinar a funcionalidade desejada do artefato, sua estrutura e forma, e então criar o artefato real.

Atividade 4: Demonstração. Demonstrar o uso do artefato para resolver uma ou mais instâncias do problema. Isso pode envolver seu uso em experimentos, simulações, estudos de caso, testes ou outra atividade apropriada. Recursos necessários para a demonstração incluem um conhecimento efetivo de como utilizar o artefato para resolver o problema.

Atividade 5: Avaliação. Observe e mensure o desempenho do artefato na solução do problema. Esta atividade envolve comparar os objetivos da solução com os resultados reais obtidos na demonstração. Requer conhecimento específico do ambiente, de métricas e técnicas de análise relevantes. As comparações da funcionalidade do artefato em relação aos objetivos da solução podem ser qualitativas ou quantitativas. No final desta atividade, deve-se decidir se é necessário retornar à atividade 3 (projetar e desenvolver) para tentar melhorar a eficiência do artefato ou prosseguir para a última atividade 6 (comunicação) e deixar eventuais melhorias adicionais para projetos futuros.

Atividade 6: Comunicação. Comunicar o problema, a importância do artefato, sua utilidade e novidade, o rigor de seu projeto e sua eficácia para pesquisadores e outros públicos relevantes. Em publicações acadêmicas ou profissionais, essa estrutura pode ser

usada para organizar o artigo, assim como a estrutura de um processo de pesquisa empírica. A comunicação requer compreensão da cultura disciplinar.

O processo DSR é sequencial, mas flexível, permitindo que os pesquisadores comecem em qualquer etapa. Uma abordagem centrada no problema inicia com a atividade 1, útil se a pesquisa derivar da observação do problema. A atividade 2, centrada em objetivos, atende a necessidades da indústria ou pesquisa, desenvolvendo um artefato. A atividade 3, centrada no *design*, parte da existência de um artefato que ainda não foi formalizado como solução. Uma solução iniciada pelo cliente ou contexto na atividade 4 pode demonstrar uma maneira empírica de resolver um problema, sendo necessário posteriormente a estruturação contida nas atividades anteriores. Este artigo representa um esforço singular para formalmente definir uma metodologia de pesquisa destinada ao uso em campo. É importante ressaltar que este artigo oferece uma diretriz metodológica geral para a realização de uma pesquisa eficaz sobre o desenvolvimento de um artefato. Os pesquisadores não devem, de forma alguma, concluir que o DSR é a única metodologia apropriada para conduzir pesquisas (PEFFERS *et al.*, 2007).




3 ANÁLISE E RESULTADOS

Neste capítulo, os dados e os resultados analisados serão apresentados de forma cronológica, seguindo a metodologia descrita. Ou seja, será iniciado com a análise bibliométrica, seguida pela descrição das atividades aplicadas do método científico DSR, no qual o artefato proposto foi desenvolvido para solucionar o problema de pesquisa inicialmente planejado.

3.1 Análise e resultados do estudo bibliométrico sobre o Kanban digital

A Figura 17 apresenta o resultado final da pesquisa bibliométrica sobre o Kanban digital, realizada a partir da sintaxe da busca definida e da aplicação dos filtros determinados previamente. Ao todo, foram identificados 90 trabalhos, dos quais apenas 10 foram considerados relevantes e complementares para esta dissertação.

Figura 17: Resultado obtido a partir da pesquisa bibliométrica proposta sobre Kanban digital

| Palavras-Chave: | | (Kanban Eletrônico) OR (E-Kanban) OR (Eletronic Kanban) | | |
|---|-----------------------|---|--|-----------------------------|
| Ano Inicial | | 2016 | | |
| Ano Final | | 2022 | | |
| Softwares: | Publish or Perish | CVS Excel | Zotero | Bibliometrix |
| Uso: | Mineração de Dados | Tratamento de Dados | Seleção | Análise de Dados |
| Base de Dados | Volume de Publicações | Filtros: 1- Somente Artigos 2- Eliminação de duplicatas | Filtros: 1- Relevância ao tema 2- Área de manufatura, logística e produção | Sinergia entre os trabalhos |
|  | 53 | 34 | 2 | ↓ |
|  | 11 | 9 | 6 | |
|  | 26 | 16 | 2 | |
| TOTAL | 90 | 59 | 10 | 10 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a análise dos 10 trabalhos selecionados que aplicaram o Kanban digital, observa-se que cada um possui características peculiares aos processos em que foram aplicados. Alguns trabalhos foram implementados parcialmente ou tiveram sua aprovação realizada de forma limitada, enquanto outros foram conduzidos apenas como teste. Nenhum dos trabalhos manteve a estrutura do Kanban tradicional com cartões de forma eletrônica, e apenas alguns apresentaram imagens dos hardwares operando com o Kanban digital.

Pontos positivos foram considerados ao analisar o resultado dessa bibliometria, como no trabalho realizado pelos autores Kreutz *et al.* (2021), no qual foi desenvolvido o Kanban digital considerando módulos de sensores para medir o nível de enchimento de pequenos e grandes transportadores de carga. Esses sensores foram utilizados para um propósito semelhante, no entanto, nesta dissertação, os sensores foram empregados para verificar se os equipamentos estavam ou não em funcionamento. No estudo conduzido por Pekarcikova *et al.* (2021), foram identificados diversos benefícios comuns, tais como a redução dos custos com estoque, a minimização das ocorrências de desabastecimento, a diminuição de erros humanos através da implementação de tecnologias inovadoras. Adicionalmente, o estudo destacou a aplicação desses benefícios em uma empresa de autopeças especializada na fabricação de bancos para automóveis. Em Wijaya *et al.* (2018), o sistema proposto está alinhado com o apresentado nesta dissertação, devido à utilização do Kanban digital ter sido mais adequada para o planejamento e controle da produção, em situações onde existe uma alta variedade de produtos e volumes que precisam ser produzidos em um curto período de tempo.

Em Romeira e Moura (2020), foi ressaltada a dificuldade de manter os cartões Kanban legíveis e evitar extravios. Para superar esses desafios de processo, foi adotado o Kanban digital, que se mostrou eficaz na eliminação desses problemas. Além disso, propôs-se a criação de um dashboard de fácil utilização, permitindo que tanto os operadores de produção quanto os gestores possam tomar as melhores decisões de priorização dos produtos para atender às demandas dos clientes.

Em Menano *et al.* (2019), uma das motivações foi aprimorar a comunicação nos processos produtivos, empregando meios tecnológicos inovadores, como aparelhos com sensores de alta precisão, contabilizadores e dispositivos que dispensam o uso de cabos, pois já possuem a tecnologia *wireless*.

Para Pekarcikova *et al.* (2020), a digitalização do Kanban tinha o propósito de

aprimorar a utilização das máquinas por meio de otimizações tecnológicas para monitorar todo o processo produtivo. Com essa integração, foram alcançadas melhorias, tais como a redução do tempo de ciclo das máquinas, uma resposta mais ágil às necessidades dos clientes, melhoria na produtividade das máquinas e a transição de um sistema de produção empurrado para um sistema puxado.

Embora essa abordagem não tenha sido adotada, a empresa-alvo deste estudo planeja expandir o uso do Kanban digital para o armazém de produtos acabados, com o objetivo de realizar o abastecimento aos clientes e também atender às necessidades da área de logística. Esse assunto é discutido no trabalho de Rizad, Hani e Ahmad (2020), que apresenta a utilização de um sistema de Kanban digital com código de barras para apoiar o processo de planejamento e monitorar a movimentação de materiais no setor de logística. No entanto, o sistema não foi estendido a outros processos devido a limitações na integração com o sistema existente.

Especificamente em armazéns, como discutido por Razafuad, Ridwan e Santosa (2018), a diversidade de produtos tem aumentado ao longo dos anos, gerando problemas como excesso ou falta de materiais, além de discrepâncias contábeis. Por exemplo, embora os materiais estivessem registrados no sistema da empresa, muitas vezes não eram encontrados fisicamente no armazém, resultando em dificuldades no atendimento aos clientes e custos adicionais operacionais.

Em relação a Ricky e Kadono (2020), o Kanban Digital foi implementado visando melhorar o tempo e a precisão das entregas. Para os processos de fabricação interna, os cartões foram substituídos por lâmpadas, resultando em economia com cartões e suportes utilizados no Kanban tradicional. Além disso, foi utilizado um *software* para comunicação com os fornecedores, permitindo que eles acessem e interpretem as informações. Com base nas janelas de entregas estabelecidas, os fornecedores realizam a separação do material e providenciam a entrega, garantindo que as quantidades dos produtos requisitados estejam dentro das faixas Kanban determinadas, evitando excessos de materiais e desabastecimentos. O Quadro 3 apresenta os 10 trabalhos selecionados, incluindo o título do trabalho, nome dos autores, ano de publicação, origem principal, nome da conferência ou periódico onde o artigo foi publicado e um resumo contendo as principais informações da implementação.

Quadro 3: Resumo das Publicações

| Título | Autores | Ano | Origem | Journal ou Periódico que publicou o artigo | Resumo |
|---|--|------|------------|---|--|
| <i>Exploring e-kanban application in the inventory management process</i> | Hairul Rizad Md Sapry Siti Fairuz Hani Md Sabli Abd Rahman Ahmad | 2020 | Portugal | <i>Journal of Critical Reviews Vol 7, Issue 8, 2020</i> | Neste trabalho, um sistema de e-Kanban para logística interna e produção foi desenvolvido e implementado na indústria automobilística. Os resultados demonstram uma redução de 19% no estoque e uma diminuição de 22% nos custos de inventário. |
| <i>Simulation testing of the e-kanban to increase the efficiency of logistics processes</i> | Miriam Pekarcikova Peter Trebuna Marek Kliment Marek Mizerak S. Kral | 2021 | Eslováquia | <i>International Journal of Simulation Modelling 20 (2021) 1, 134-145</i> | O objetivo do estudo de caso foi criar um modelo de Kanban digital para melhorar a produtividade e eficiência dos fluxos de produção e logística, com suporte de um <i>software</i> . |
| <i>Autonomous, low-cost sensor module for fill level measurement for a self-learning electronic Kanban system</i> | Markus Kreutz Adberrahim Ait Alla Michael Lütjen Michael Freitag | 2021 | Alemanha | <i>IFAC PapersOnLine 54-1 (2021) 623–628</i> | O objetivo é desenvolver um sistema de e-Kanban com autoaprendizagem que aciona automaticamente pedidos de reposição usando dados de módulos de sensores autônomos de baixo custo que medem o nível de preenchimento dos transportadores de carga. Este artigo apresenta uma comparação entre os sensores Intel Realsense e um NVIDIA Jetson Nano. |

| Título | Autores | Ano | Origem | Journal ou Periódico que publicou o artigo | Resumo |
|---|---|------------|---------------|--|--|
| <i>A Case Study of E-Kanban Implementation in Indonesian Automotive Manufacture</i> | Christian Ricky Yasuo Kadono | 2020 | Indonésia | <i>International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), 8th, 2020</i> | Neste estudo, investigamos o sistema e-Kanban na fabricação automotiva na Indonésia. As descobertas, a partir da perspectiva da empresa focal, descrevem as adaptações feitas durante a implementação do sistema Kanban, visando mitigar os problemas associados aos sistemas Kanban tradicionais. Isso resultou em uma melhor integração para as cadeias de suprimentos internas e externas. |
| <i>Applicability of an e-kanban system according to the industry 4.0 paradigm: An applied practical study</i> | Bárbara Romeira Ana Moura | 2020 | Portugal | 20. ^a Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação (CAPSI'2020) | Foi proposta a implementação de um sistema e-Kanban flexível, que atenderá aos objetivos da empresa, interconectará todas as áreas da fábrica e aproximará a empresa da Indústria 4.0. Os resultados na linha piloto demonstraram que o Kanban pode efetivamente reduzir o estoque e melhorar os processos de produção. |
| <i>E-Kanban hybrid model for Malaysian automotive component suppliers with IoT solution</i> | Razif Idris Ponnada Shiva Prakash A. Abdullah | 2020 | Malasia | <i>Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dubai, UAE, March 10-12, 2020</i> | O método tradicional de cartão de viagem enfrentava questões relacionadas à perda de cartões, registros e documentações. O e-Kanban aborda vários desafios industriais, incluindo satisfação do cliente, comunicação e inovação. Ao implementar um <i>design</i> de banco de dados em nuvem para o e-Kanban, foi melhorada a eficiência da produção, reduzindo os custos com estoques e mão de obra. |
| Título | Autores | Ano | Origem | Journal ou Periódico que publicou o artigo | Resumo |

| | | | | | |
|---|---|------------|---------------|--|--|
| <i>Material flow optimization through e-kanban system simulation</i> | Miriam Pekarcikova Peter Trebuna Marek Kliment Ladislav Rosocha | 2020 | Eslovaquia | <i>International Journal of Simulation Modelling 19 (2020) 2, 243-254</i> | O objetivo do artigo foi mapear e criar um modelo de simulação do processo de produção, além de propor a introdução da lógica Kanban no controle do fluxo de materiais. A implementação do sistema Kanban e os testes de soluções variantes utilizando o <i>software</i> de simulação Tecnomatix Plant Simulation possibilitaram encontrar a solução ótima. |
| <i>Implementing industry 4.0 technologies in lean production through e-kanban automotive production</i> | Marialuisa Menanno Pasquale Ragno Matteo M. Savino Muhammad Shafiq | 2019 | Itália | <i>Proceedings of the Summer School Francesco Turco Volume 1, Pages 458 – 463 (2019)</i> | Neste trabalho, foi realizado um estudo de caso no qual o sistema e-Kanban foi implementado utilizando tecnologias sem fio para comunicar informações de fornecimento entre as linhas de produção e um supermercado central. As melhorias obtidas incluíram a redução de estoques e a otimização do fluxo de produção. |
| <i>A Framework of e-Kanban System for Indonesia Automotive Mixed-Model Production Line</i> | Santo Wijaya Fransisca Debora Galih Supriadi Insan Ramadhan | 2018 | Indonésia | <i>International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN: 2319-7064</i> | O <i>framework</i> apresentado é uma extensão do sistema Kanban tradicional, que estava em funcionamento há mais de um ano na empresa em questão. O objetivo é lidar com todos os problemas de ineficiência ocorridos e melhorar a eficiência geral do fluxo de material e informação dentro da linha de produção. A contribuição deste trabalho foi a utilização do sistema Kanban digital de forma mista para atender aos requisitos da empresa. |
| Título | Autores | Ano | Origem | Journal ou Periódico que publicou o artigo | Resumo |

| | | | | | |
|--|---|-------------|------------------|---|---|
| <p><i>Development of e-Kanban Application Using Stock Needs Rule Prioritizing Policy to Reduce 0-Pick for Pharmaceutical Warehousing</i></p> | <p>Raihan Razafuad Ari Yanuar Ridwan Budi Santosa</p> | <p>2018</p> | <p>Indonésia</p> | <p><i>6th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), 2018</i></p> | <p>Uma empresa farmacêutica multinacional que atua como distribuidora recebe grandes quantidades de produtos e os armazena em uma área de reserva. No entanto, na atividade de separação de pedidos, ocorrem muitos problemas de comunicação e priorização. Para resolver esse problema, o objetivo foi criar um sistema de Kanban digital.</p> |
|--|---|-------------|------------------|---|---|

Fonte: Elaborado pelo autor

Embora haja poucas publicações sobre o tema atualmente, é importante reconhecer que a demanda por ele está crescendo. O aprimoramento do relacionamento com a digitalização do Kanban será amplamente valorizado no futuro como um fator chave para aumentar a produtividade das empresas e mantê-las competitivas no mercado.

3.2 Apresentação do artefato e resultados

A apresentação deste subitem refere-se aos resultados obtidos desde a concepção, ideação, desenvolvimento, implementação e teste, baseados no protocolo de aplicação do método DSR, conforme descrito por Peffers *et al.* (2007) e suas seis atividades.

3.2.1 Atividade 1 – Identifique o problema e a motivação

O Kanban tradicional, realizado por meio de cartões, permite a gestão visual dos produtos da empresa, informando quais estão bem abastecidos e quais são os produtos críticos a serem produzidos, facilitando a tomada de decisão sobre qual item deve ser priorizado.

Quando os itens são bem administrados dentro da política do Kanban, os níveis de estoque da empresa estarão dentro das metas estabelecidas. Isso significa que não se está utilizando matéria-prima indevidamente, não comprometendo o fluxo de caixa e também evitando o desabastecimento de produtos, o que poderia resultar em horas extras, custos adicionais com transporte e insatisfação dos clientes.

As premissas para que o Kanban tradicional funcione são: **(i) política atualizada do Kanban**, a quantidade de unidades que podem ser produzidas por item deve estar correlacionadas com os múltiplos de embalagens e a demanda dos clientes; **(ii) acuracidade do inventário dos cartões**, não pode haver falta ou extravio de cartões; **(iii) informações legíveis**, os cartões devem possuir informações precisas e legíveis; **(iv) atualização constante dos quadros kanban**, para que os gestores possam tomar a melhor decisão, o quadro central precisa estar corretamente atualizado.

Este sistema Kanban tradicional proporcionou resultados satisfatórios para a empresa ao longo dos anos; contudo, a manutenção do sistema tornou-se um problema. Com a adição de mais produtos ao portfólio e a demanda dos clientes por produtos mais personalizados, a quantidade de cartões Kanban na empresa chegou a ser superior a 3.000 unidades. Similiar ao trabalho de Romeira e Moura (2020), onde havia milhares de cartões

Kanban e, com a entrada de novos produtos, existia a probabilidade de que o sistema tornasse insustentável.

Os principais problemas a serem resolvidos estavam correlacionados em como realizar a atualização das políticas dos cartões de um modo mais eficiente e econômico, como evitar a perda e extravio dos cartões ao longo do processo, como manter as informações contidas nos cartões legíveis e, por fim, como auxiliar os gestores a terem acesso a informações mais robustas, em tempo real, sem a dependerem de ir até um quadro Kanban.

No trabalho de Razafuad; Ridwan e Santosa (2018), o Kanban digital foi implementado com a intenção de resolver os problemas de abastecimento do armazém e para os clientes finais. No entanto, apesar de haver uma tela que demonstre o acompanhamento dos produtos e a faixa kanban em que um produto se encontra, não foi contemplada a idealização de manter o formato da gestão do Kanban por cartões de forma digital.

3.2.2 Atividade 2 – Definir os objetivos da solução

O objetivo desta atividade é encontrar soluções para os principais problemas da empresa. Para isso, foram realizadas reuniões com os principais integrantes da empresa, que formavam o time multifuncional. Participaram ativamente do desenvolvimento das soluções quatro integrantes da empresa pesquisada, desempenhando as seguintes funções:

- Integrante 1: **Diretor de Logística e Compras.** É um gestor de extrema relevância na organização, sendo responsável pelo *Sales and Operations Planning* (S&OP), logística interna e externa da empresa, inclusive contemplando as operações internacionais. Também é responsável pelas compras improdutivas e produtivas da empresa, e deve zelar por manter as aquisições de insumos nos menores custos possíveis.
- Integrante 2: **Gerente de Logística.** É um gestor responsável pela execução do plano mestre da empresa, incluindo áreas como almoxarifado, recebimento de materiais, abastecimento das linhas de produção, expedição, faturamento, transporte e logística reversa. Além disso, busca otimizar os processos para melhorar o atendimento aos clientes.
- Integrante 3: **Gerente de TI.** É um gestor responsável pelas atividades da área de

Tecnologia da Informação, incluindo a elaboração de projetos, implantação, racionalização e *layout* de processos. Isso envolve o desenvolvimento e integração de sistemas, com utilização de alta tecnologia. Também é incumbido de zelar pela segurança da informação e garantir que os processos sejam executados de forma que não possam ser clonados ou *hackeados*.

- Integrante 4: **Gerente de Produção**. Encarregado de planejar e controlar todas as etapas do processo produtivo, desde o gerenciamento de recursos, como matéria-prima, equipamentos e mão de obra, até o acompanhamento e monitoramento das atividades em andamento. Deve garantir que todos os recursos sejam utilizados de forma adequada e que os prazos sejam cumpridos. Além disso, desempenha um papel importante na gestão da equipe de trabalho, liderando, motivando e capacitando os colaboradores em busca do desenvolvimento de suas habilidades e da melhoria contínua dos processos.

Do resultado das reuniões com o time multifuncional, foram sugeridas duas opções de solução para os problemas encontrados, a serem submetidas à aprovação junto à presidência da empresa: **(i) Opção A:** Esta opção contempla a criação de um sistema híbrido, no qual apenas os produtos dedicados ao setor de montadoras seriam geridos pelo Kanban, enquanto os demais itens que atendem outros mercados seriam produzidos por demanda e planejamento de execução específico. **(ii) Opção B:** Esta opção seria a evolução do Kanban tradicional para um software eletrônico, eliminando a necessidade de utilização de cartões.

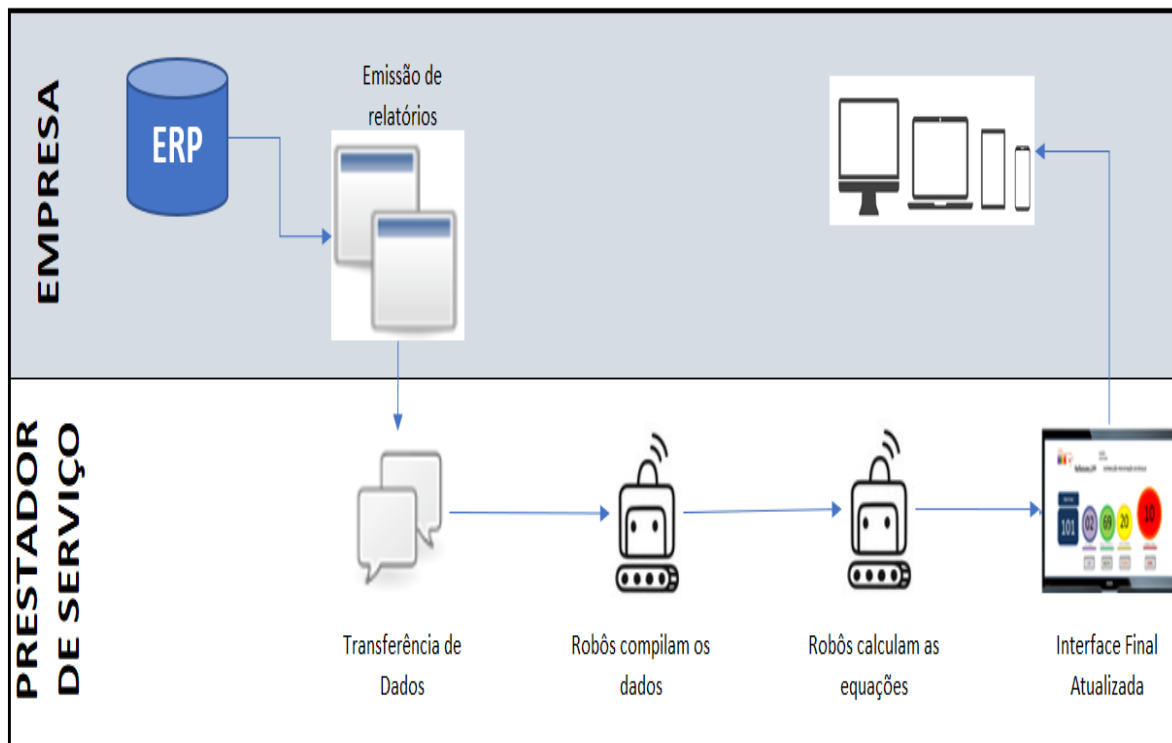
Ainda que a **Opção B** envolva investimentos financeiros relevantes, a presidência entendeu que é importante para a empresa realizar essa evolução, em conformidade com as melhores práticas utilizadas nas organizações modernas. Outro ponto decisivo é que a **Opção A** poderia representar um retrocesso, principalmente na visão de um cliente específico que contribuiu para a implementação do Kanban tradicional na empresa.

3.2.3 Atividade 3 – Projete e desenvolva

Em alinhamento com a Opção B mencionada na atividade anterior, foi contratado um prestador de serviços especializado em desenvolvimento de softwares para auxiliar no desenvolvimento do artefato. Após as primeiras reuniões e diretrizes, ficou estabelecido que a melhor escolha para atender aos requisitos e objetivos (mencionados na introdução desta

dissertação) seria o desenvolvimento de um software específico, o qual seria alimentado com dados do ERP da empresa, conforme demonstrado na Figura 18.

Figura 18: Fluxo de desenvolvimento do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor.

No fluxograma da Figura 20, existem cinco passos para alcançar o resultado final:

- **Passo 1: emissão dos relatórios.** Os relatórios são compostos de 3 arquivos, arquivo 1 contém a quantidade de estoques de todos os itens, arquivo 2 informa se o item está ou não sendo produzido e, por fim, o arquivo 3 constata a política Kanban para cada item.
- **Passo 2: transferência de dados.** Os relatórios gerados no passo 1 são disponibilizados em um local específico, onde a empresa terceirizada é autorizada a buscar esses dados com um robô e transferi-los para sua central de processamento.
- **Passo 3: Robôs compilam os dados.** Neste passo, os robos compilam os dados em uma base *Structured Query Language* (SQL).

- **Passo 4: Robôs calculam as equações.** Neste passo, os robôs realizam os cálculos das funções relacionando os itens nas faixas do Kanban e informam se os itens estão ou não em produção. Existem sensores nas máquinas que informam se o equipamento está operando. De forma similar no trabalho de Kreutz *et al.* (2021) um sistema de e-Kanban aciona automaticamente pedidos de reposição usando dados de módulos de sensores autônomos.
-
- **Passo 5: Disponibilidade da interface final.** Neste passo, os dados estão atualizados nos *layouts* aprovados e disponíveis para serem acessados nos *hardwares*.

No Quadro 4, é possível verificar o planejamento para a aquisição dos equipamentos e as horas estimadas para o desenvolvimento do artefato.

Quadro 4: Planejamento de desenvolvimento do artefato

| Prática/Conceito | Referência Industrial | Tempo (hs) |
|------------------|---|-----------------------|
| Backoffice | Desenvolvimento da lógica do <i>software</i> do Kanban digital de modo que este tenha interface em tempo real com o ERP da empresa. | 240 horas de trabalho |
| Dados | Alimentação de dados por meio de 3 <i>in puts</i> : 1)- Cadastro das políticas do Kanban digital 2)- Disponibilidade do relatório de estoque a cada minuto. 3)- Relatório de reporte de produção a cada minuto | 120 horas de trabalho |
| Hardware | Para o projeto será necessário a aquisição de: 1. 7 TVs Led de 40 polegadas 2. 7 <i>raspyberries</i> 3. 45 m de cabo de rede 4. 7 conectores 5. 7 suportes de fixação aérea | 48 horas de trabalho |

| | | |
|---------------|--|-----------------------|
| Gestão visual | Propor um <i>dashboard</i> visual em uma das mídias disponibilizadas na empresa para que os funcionários possam visualizar rapidamente e tomar as melhores decisões no ambiente de produção. | 120 horas de trabalho |
| Relatórios | Relatórios a serem construídos: Resumo dos itens Itens em verde Itens em amarelo Itens em vermelho Itens em roxo | 120 horas de trabalho |

Fonte: Elaborado pelo autor.

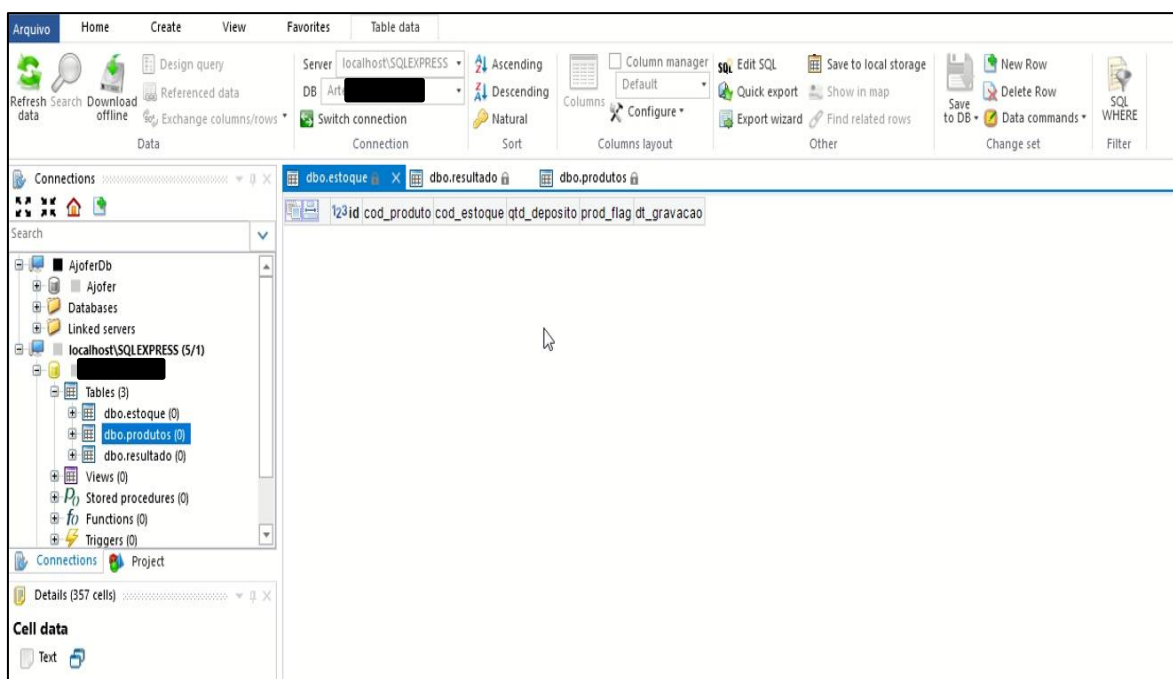
Um tema de muita discussão interna, especialmente entre os departamentos de Tecnologia da Informação e Controladoria, estava centrado em como garantir a segurança da informação e bloquear ataques de *hackers* ou *spams*. A solução encontrada foi disponibilizar os relatórios gerados pelo ERP da empresa em um local de armazenamento específico. Ou seja, o prestador de serviços teria acesso apenas a esse canal de integração com a empresa, e somente a empresa prestadora de serviços poderia acessar esse local, garantindo a segurança das informações da empresa. Outro ponto foi a emissão de uma cláusula específica de confidencialidade do projeto e direitos de imagem para proteger os direitos sobre o projeto.

Os relatórios disponibilizados foram:

- 1) geração de dados dos estoques;
- 2) relatório de produção;
- 3) cadastro das políticas por faixa do Kanban;

Com essas informações, o prestador de serviços utilizou um ambiente SQL para compilar os dados, conforme demonstrado na Figura 19.

Figura 19: Ambiente SQL para recebimento dos arquivos



Fonte: Elaborado pelo autor.

No segundo passo, o sistema carrega as informações de cadastro do Kanban por meio da transferência dos dados, respeitando as cores do Kanban:

- Vermelho: Itens críticos para a produção;
- Amarelo: Itens que requerem atenção;
- Verde: Itens que estão com posição de estoque satisfatória;
- Roxo: Itens que ultrapassaram a condição satisfatória;

Para uma melhor ilustração, a Tabela 3 contém o cadastro de 4 itens, com o propósito de exemplificação:

Tabela 2: Exemplo de cadastro de item Kanban

| Código | Descrição | Faixa Vermelha | Faixa Amarela | Faixa Verde | Faixa Roxa |
|---------------|------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| | | | | | |

| | | | | | |
|-------|------------------------|------------|---------------------|-------------------------|------------------|
| VWAA4 | Carçaça Lanterna | Até 628 | Entre 628 e 1256 | Entre 1256 e 1884 | Acima de 1884 |
| JOCB6 | Moldura | Até 250 | Entre 250 e 500 | Entre 500 e 1000 | Acima de 1000 |
| AOAA7 | Refletor Direcional | Até 300 | Entre 300 e 600 | Entre 600 e 1200 | Acima de 1200 |
| FOBB5 | Lente Principal | Até 500 | Entre 500 e 1000 | Entre 1000 e 1500 | Acima de 1500 |

Fonte: Autor

No terceiro passo, o robô realiza a compilação das informações e relaciona os dados de estoque, conforme demonstrado na Figura 20:

Figura 20: Robô faz a leitura do estoque

| id | cod_produto | cod_estoque | qt_d_deposito | prod_flag | dt_gravacao |
|----|-------------|-------------|---------------|-----------|-------------|
| 1 | 6366 | 110173 | 128 | 30 | (NULL) |
| 2 | 6367 | 110174 | 123 | 342 | (NULL) |
| 3 | 6368 | 110201 | 123 | 417 | (NULL) |
| 4 | 6369 | 110202 | 123 | 178 | (NULL) |
| 5 | 6370 | 110223 | 123 | 581 | (NULL) |
| 6 | 6371 | 110224 | 116 | 38 | (NULL) |
| 7 | 6372 | 110226 | 123 | 404 | (NULL) |
| 8 | 6373 | 110210 | 116 | 83 | (NULL) |
| 9 | 6374 | 110203 | 123 | 192 | (NULL) |
| 10 | 6375 | 110270 | 123 | 4 | (NULL) |
| 11 | 6376 | 110207 | 116 | 4 | (NULL) |
| 12 | 6377 | 110228 | 116 | 54 | (NULL) |
| 13 | 6378 | 110185 | 116 | 140 | (NULL) |
| 14 | 6379 | 110206 | 123 | 394 | (NULL) |
| 15 | 6380 | 110472 | 116 | 41 | (NULL) |
| 16 | 6381 | 110403 | 116 | 12 | (NULL) |
| 17 | 6382 | 110404 | 116 | 415 | (NULL) |
| 18 | 6383 | 110407 | 123 | 647 | (NULL) |
| 19 | 6384 | 110228 | 116 | 7 | (NULL) |
| 20 | 6385 | 110278 | 123 | 318 | (NULL) |
| 21 | 6386 | 110280 | 123 | 354 | (NULL) |
| 22 | 6387 | 110208 | 116 | 9 | (NULL) |

Fonte: Elaborado pelo autor.

No quarto passo, o programa executa os cálculos, identifica e relaciona os itens por faixa Kanban, contemplando o total de itens nas cores vermelha, amarela, verde e roxa, conforme demonstrado na Figura 21:

Figura 21: Robô faz os cálculos de produção

| Id | cod_produto | nome_produto | lote_prod | politica_verde | politica_amarelo | politica_vermelho |
|----|-------------|--------------------------------------|-----------|----------------|------------------|-------------------|
| 1 | 1204 | 110502 REF FAYURDAI LD | 18 | 1296 | 1008 | 504 |
| 2 | 1205 | 110504 REF FAYURDAI LD | 18 | 1296 | 1008 | 504 |
| 3 | 1206 | 110172 REF MET FAROL DOL DIV LD | 12 | 600 | 480 | 240 |
| 4 | 1207 | 110174 REF MET FAROL DOL DIV LD | 12 | 600 | 480 | 240 |
| 5 | 1208 | 110091 REF FAROL ASTRA 200 LD | 4 | 480 | 360 | 240 |
| 6 | 1209 | 110092 REF FAROL ASTRA 200 LD | 4 | 480 | 360 | 240 |
| 7 | 1210 | 110439 MET REF FARKO 15 LD | 40 | 640 | 448 | 256 |
| 8 | 1211 | 110438 MET REF FARKO 15 LD | 40 | 640 | 448 | 256 |
| 9 | 1212 | 110431 MET REF F-ETIOS 30 LD | 120 | 1024 | 544 | 352 |
| 10 | 1213 | 110432 MET REF F-ETIOS 30 LD | 120 | 1024 | 544 | 352 |
| 11 | 1214 | 110435 MET REF F-OMAX LD | 120 | 1760 | 1344 | 800 |
| 12 | 1215 | 110436 MET REF F-OMAX LD | 120 | 1760 | 1344 | 800 |
| 13 | 1216 | 110431 MET REF POLD HT LD | 40 | 960 | 672 | 384 |
| 14 | 1217 | 110438 MET REF POLD HT LD | 40 | 960 | 672 | 384 |
| 15 | 1218 | 110439 MET REF POLD HT LD | 32 | 1152 | 864 | 432 |
| 16 | 1219 | 110438 MET REF POLD HT LD | 32 | 1152 | 864 | 432 |
| 17 | 1220 | 110421 MET REF F-HULL 12 (IMV) LD | 40 | 320 | 224 | 128 |
| 18 | 1221 | 110422 MET REF F-HULL 12 (IMV) LD | 40 | 320 | 224 | 128 |
| 19 | 1222 | 110442 MET REF FAROL PAUL RST - 2 LD | 40 | 720 | 504 | 288 |
| 20 | 1223 | 110444 MET REF FAROL PAUL RST - 2 LD | 40 | 720 | 504 | 288 |
| 21 | 1224 | 110022 REF MARI LD | 40 | 1080 | 648 | 360 |
| 22 | 1225 | 110024 REF MARI LD | 40 | 1080 | 648 | 360 |

Job 01 Carrega Produtos Completed
Job completed successfully
Running for: 00:00:10

Fonte: Elaborado pelo autor.

No quinto passo é proposto o *layout* que será exibido nos *hardwares* (Figura 22) para que os funcionários possam visualizar, administrar e tomar as melhores decisões para gerir a programação da produção.

Figura 22: *Layout Proposto*

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.4 Atividade 4 – Demonstração

Ao finalizar a fase de planejamento do *software*, foram desenhadas as telas de gestão visual para que os funcionários pudessem analisar e tomar decisões. A primeira tela que deve ser visualizada no *hardware* (sendo a TV no centro do setor) é o resumo do Kanban, onde é possível analisar a distribuição de todos os produtos daquele setor por faixa Kanban.

Figura 23: Resumo do Kanban por setor



Fonte: Elaborado pelo autor.

No exemplo da Figura 23, existem 100 produtos, dos quais 39 estão críticos, sendo prioridade na produção; 20 requerem atenção; 29 possuem estoque satisfatório; e 12 produtos excederam o planejado.

A tela inicial contendo o resumo do Kanban por setor ficará disponível para ser analisada durante aproximadamente 10 segundos. Em seguida, será demonstrado em detalhes quais são os 39 itens em vermelho. Neste caso, será concedida uma visualização geral do item com informações sobre quantos cartões eletrônicos faltam para atingir a próxima faixa e qual a posição de estoque do item, conforme ilustrado na Figura 24 abaixo:

Figura 24: Detalhamento dos itens em vermelho



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essas informações detalhadas são importantes para a tomada de decisão sobre qual item produzir primeiro e qual cliente priorizar. Mesmo que o item mais crítico não possa ser produzido devido a um equipamento, máquina, teste ou bloqueio de qualidade que impeça a liberação da produção, o gestor pode registrar essa informação no aplicativo, no campo de observações. Dessa forma, outro gestor poderá compreender a razão pela qual o item crítico não está em produção naquele momento e até mesmo preparar os meios produtivos previamente para que o item seja imediatamente produzido assim que a restrição for resolvida.

Depois da demonstração em detalhes dos 39 itens em vermelho, começarão a ser

exibidos em detalhes os itens em amarelo, conforme exemplo na Figura 25.

Figura 25: Detalhamento dos itens em amarelo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Depois da demonstração em detalhes dos itens em amarelo, será exibida uma lista com todos os itens da faixa verde (Figura 26). Nesta tela, é visualizado o item, produto, quantidade atual de estoque, máximo da política no verde, percentual atingido em relação ao máximo da política e se aquele item está sendo produzido no momento. Essa foi a condução dada aos itens classificados como verde e roxo para que não se tome muito tempo dos gestores durante a passagem das telas nos *hardwares* da fábrica.

Esta condição de passagem de telas pode ser evitada caso o gestor queira acessar as informações diretamente em computador, celular ou tablet, isto permite que o gestor possa analisar situações específicas e imprimir os relatórios caso seja a melhor opção para reportar informações ou na tomada de decisões dentro da empresa.

Figura 26: Relatório itens em verde

| RELATÓRIO DE ITENS COM ESTOQUE SATISFATÓRIO | | | | | |
|--|---|------------------|-----------------------------|---------|-------------------|
| CÓDIGO | DESCRIÇÃO | QUANTIDADE ATUAL | POLÍTICA MÁXIMA PARA O ITEM | % ATUAL | ITEM EM PRODUÇÃO? |
| Z3456_13 | REFLETOR UNIVERSAL H4 | 264 | 500 | 53% | NÃO |
| SD23999_1 | REFLETOR UNIVERSAL H7/H1 | 390 | 600 | 65% | NÃO |
| 54576.A | REFLETOR FUSCA METÁLICO LADO DIREITO | 700 | 1000 | 70% | NÃO |
| Z3456_13 | REFLETOR ESCORT METÁLICO H7 LADO ESQUERDO | 275 | 300 | 92% | NÃO |
| Z3456_14 | REFLETOR ESCORT METÁLICO H7 LADO DIREITO | 289 | 300 | 96% | NÃO |
| AAF009 | REFLETOR PICK UP STRADA LADO ESQUERDO | 722 | 800 | 90% | NÃO |
| AAF010 | REFLETOR PICK UP STRADA LADO DIREITO | 744 | 800 | 93% | NÃO |
| 54576.B | REFLETOR FUSCA METÁLICO LADO ESQUERDO | 888 | 1000 | 89% | NÃO |
| EKE7799 | REFLETOR AUXILIAR D44 LADO ESQUERDO | 302 | 320 | 94% | NÃO |
| EKE7800 | REFLETOR AUXILIAR D44 LADO DIREITO | 255 | 320 | 80% | NÃO |
| BBU3355 | REFLETOR AUXILIAR LONGO ALCANCE BLUE VISION LADO ESQUERDO | 411 | 450 | 91% | NÃO |
| BBU3356 | REFLETOR AUXILIAR LONGO ALCANCE BLUE VISION LADO DIREITO | 401 | 450 | 89% | NÃO |
| AA7551A | REFLETOR PRINCIPAL CLIENTE 1 LADO ESQUERDO | 1888 | 2000 | 94% | SIM |
| AA7551B | REFLETOR PRINCIPAL CLIENTE 1 LADO DIREITO | 1671 | 2000 | 84% | SIM |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Depois da exibição da lista com todos os itens da faixa verde, na próxima tela, pode-se visualizar, em formato de lista, os itens acima da política satisfatória, na cor roxa.

Na Figura 27, pode-se identificar o item, produto, quantidade atual de estoque, máximo da política no verde, percentual atingido em relação ao máximo da política e se aquele item está sendo produzido no momento.

Figura 27: Relatório itens em roxo

| RELATÓRIO DE ITENS EM ROXO ACIMA DA POLÍTICA MÁXIMA | | | | | |
|--|---|------------------|-----------------------------|---------|-------------------|
| CÓDIGO | DESCRIÇÃO | QUANTIDADE ATUAL | POLÍTICA MÁXIMA PARA O ITEM | % ATUAL | ITEM EM PRODUÇÃO? |
| Z3456_13 | REFLETOR UNIVERSAL H4 | 523 | 500 | 105% | NÃO |
| SD23999_1 | REFLETOR UNIVERSAL H7/H1 | 780 | 600 | 130% | NÃO |
| 54576.A | REFLETOR FUSCA METÁLICO LADO DIREITO | 1332 | 1000 | 133% | NÃO |
| Z3456_13 | REFLETOR ESCORT METÁLICO H7 LADO ESQUERDO | 420 | 300 | 140% | SIM |
| Z3456_14 | REFLETOR ESCORT METÁLICO H7 LADO DIREITO | 433 | 300 | 144% | SIM |
| AAF009 | REFLETOR PICK UP STRADA LADO ESQUERDO | 1230 | 800 | 154% | NÃO |
| AAF010 | REFLETOR PICK UP STRADA LADO DIREITO | 1255 | 800 | 157% | NÃO |
| 54576.B | REFLETOR FUSCA METÁLICO LADO ESQUERDO | 1601 | 1000 | 160% | NÃO |
| EKE7799 | REFLETOR AUXILIAR D44 LADO ESQUERDO | 533 | 320 | 167% | NÃO |
| EKE7800 | REFLETOR AUXILIAR D44 LADO DIREITO | 544 | 320 | 170% | NÃO |
| BBU3355 | REFLETOR AUXILIAR LONGO ALCANCE BLUE VISION LADO ESQUERDO | 802 | 450 | 178% | NÃO |
| BBU3356 | REFLETOR AUXILIAR LONGO ALCANCE BLUE VISION LADO DIREITO | 833 | 450 | 185% | NÃO |
| AA7551A | REFLETOR PRINCIPAL CLIENTE 1 LADO ESQUERDO | 3888 | 2000 | 194% | NÃO |
| AA7551B | REFLETOR PRINCIPAL CLIENTE 1 LADO DIREITO | 3903 | 2000 | 195% | NÃO |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Depois da exibição da lista com todos os itens da faixa roxa, os cálculos são refeitos e o "loop" recomeça, voltando para a tela de resumo. Além da TV como *hardware*, foi planejado que todos os dados do Kanban digital podem ser acessados por computadores, tablets e celulares. Os usuários terão suas credenciais verificadas e poderão acessar as informações da área de sua responsabilidade, inclusive fora da empresa.

3.2.5 Atividade 5 – Avaliação

Com a conclusão de todos os testes, formalmente o Kanban digital entrou em funcionamento para a fase de maturação. A Figura 28 ilustra o cenário quantificado no primeiro dia de funcionamento do projeto.

Figura 28: Resultado pré-teste



Fonte: Elaborado pelo autor.

Existiam 1255 itens ativos para produção na empresa, conforme definido pela política da empresa, este é o cenário inicial. Dos itens, 28% estavam acima da política e 30% corriam o risco de desabastecimento de um processo subsequente. Este resultado geral é composto por oito setores, conforme detalhado na Tabela 3 em termos de quantidade.

Tabela 3: Itens Kanban por setor antes do projeto

| Área | Vermelho | Amarelo | Verde | Roxo | Total |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Setor 1 | 48 | 32 | 40 | 12 | 132 |
| Setor 2 | 25 | 27 | 24 | 23 | 99 |
| Setor 3 | 30 | 25 | 21 | 36 | 112 |
| Setor 4 | 58 | 25 | 14 | 18 | 115 |
| Setor 5 | 107 | 61 | 85 | 130 | 383 |
| Setor 6 | 55 | 44 | 69 | 72 | 240 |
| Setor 7 | 3 | 4 | 8 | 1 | 16 |
| Setor 8 | 26 | 21 | 32 | 79 | 158 |
| Total Geral | 352 | 239 | 293 | 371 | 1255 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante dois anos, houve alguns impactos macroeconômicos, como a pandemia de COVID-19 e a crise de microchips, que afetaram drasticamente a produção mundial e nacional. Os gestores enfrentaram muitos obstáculos para que os setores pudessem atingir objetivos satisfatórios. Na Figura 29, está contido o resultado geral da empresa após os dois anos de aplicação do projeto.

Figura 29: Resultado do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tecnologia e o fácil acesso ao Kanban digital por meio de computadores, tablets e smartphones, dentro e fora da fábrica, foram fundamentais na transição, maturidade e confiabilidade do processo. Outro aspecto fundamental foi o apoio integral da diretoria da empresa, que estava empenhada no processo de cultura da nova forma de administrar a gestão da produção. A Tabela 4 apresenta os resultados alcançados com a implementação do artefato.

Tabela 4: Itens Kanban por setor depois do projeto

| Área | Vermelho | Amarelo | Verde | Roxo | Total |
|--------------------|-----------------|----------------|--------------|-------------|--------------|
| Setor 1 | 24 | 28 | 62 | 18 | 132 |
| Setor 2 | 11 | 28 | 34 | 26 | 99 |
| Setor 3 | 24 | 20 | 35 | 33 | 112 |
| Setor 4 | 35 | 19 | 23 | 38 | 115 |
| Setor 5 | 92 | 90 | 93 | 108 | 383 |
| Setor 6 | 96 | 45 | 54 | 45 | 240 |
| Setor 7 | 2 | 7 | 7 | 0 | 16 |
| Setor 8 | 27 | 39 | 37 | 55 | 158 |
| Total Geral | 311 | 276 | 345 | 323 | 1255 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 5 indica que os resultados apresentados foram expressivos. Em comparação com a posição inicial na Tabela 4, os itens críticos, identificados na faixa vermelha do Kanban, tiveram uma redução de 12%. Dos 8 setores avaliados, apenas o setor 6 teve um aumento substancial dos itens críticos, justificado, em parte, devido a uma quebra da máquina principal e à concentração de novos produtos que só poderiam ser produzidos nessas máquinas específicas, resultando no aumento do número de itens críticos.

Tabela 5: Comparativo de resultados

| Área | Início das Operações | | | | Final da Fase de Testes (~2 anos) | | | | Comparativo | | | |
|--------------------|----------------------|------------|------------|------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| | Vermelho | Amarelo | Verde | Roxo | Vermelho | Amarelo | Verde | Roxo | Vermelho | Amarelo | Verde | Roxo |
| Setor 1 | 48 | 32 | 40 | 12 | 24 | 28 | 62 | 18 | -24 | -4 | 22 | 6 |
| Setor 2 | 25 | 27 | 24 | 23 | 11 | 28 | 34 | 26 | -14 | 1 | 10 | 3 |
| Setor 3 | 30 | 25 | 21 | 36 | 24 | 20 | 35 | 33 | -6 | -5 | 14 | -3 |
| Setor 4 | 58 | 25 | 14 | 18 | 35 | 19 | 23 | 38 | -23 | -6 | 9 | 20 |
| Setor 5 | 107 | 61 | 85 | 130 | 92 | 90 | 93 | 108 | -15 | 29 | 8 | -22 |
| Setor 6 | 55 | 44 | 69 | 72 | 96 | 45 | 54 | 45 | 41 | 1 | -15 | -27 |
| Setor 7 | 3 | 4 | 8 | 1 | 2 | 7 | 7 | 0 | -1 | 3 | -1 | -1 |
| Setor 8 | 26 | 21 | 32 | 79 | 27 | 39 | 37 | 55 | 1 | 18 | 5 | -24 |
| Total Geral | 352 | 239 | 293 | 371 | 311 | 276 | 345 | 323 | -41 | 37 | 52 | -48 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sobre os itens em excesso, classificados na faixa roxa do Kanban, observa-se uma redução significativa de 13%, contribuindo para evitar o consumo desnecessário de matéria-prima, conforme observado na Tabela 6.

No trabalho de Pekarikova *et al.* (2021), também foram alcançados resultados semelhantes com a redução dos estoques e a digitalização do processo do Kanban. Apesar de serem processos de fabricação diferentes, em alguns aspectos houve convergência nos resultados. No entanto, não foram disponibilizados no trabalho os meios eletrônicos de como a comunicação e a tomada de decisão são realizados, nem como manter na forma eletrônica a essência do Kanban por cartões.

Tabela 6: Comparativo de resultados percentual

| Área | Período 1 | | | | Período 2 | | | | Período 3 | | | |
|-------------|-----------|---------|-------|------|-----------|---------|-------|------|-----------|---------|-------|-------|
| | Vermelho | Amarelo | Verde | Roxo | Vermelho | Amarelo | Verde | Roxo | Vermelho | Amarelo | Verde | Roxo |
| Setor 1 | 36% | 24% | 30% | 9% | 18% | 21% | 47% | 14% | -50% | -13% | 55% | 50% |
| Setor 2 | 25% | 27% | 24% | 23% | 11% | 28% | 34% | 26% | -56% | 4% | 42% | 13% |
| Setor 3 | 27% | 22% | 19% | 32% | 21% | 18% | 31% | 29% | -20% | -20% | 67% | -8% |
| Setor 4 | 50% | 22% | 12% | 16% | 30% | 17% | 20% | 33% | -40% | -24% | 64% | 111% |
| Setor 5 | 28% | 16% | 22% | 34% | 24% | 23% | 24% | 28% | -14% | 48% | 9% | -17% |
| Setor 6 | 23% | 18% | 29% | 30% | 40% | 19% | 23% | 19% | 75% | 2% | -22% | -38% |
| Setor 7 | 19% | 25% | 50% | 6% | 13% | 44% | 44% | 0% | -33% | 75% | -13% | -100% |
| Setor 8 | 16% | 13% | 20% | 50% | 17% | 25% | 23% | 35% | 4% | 86% | 16% | -30% |
| Total Geral | 28% | 19% | 23% | 30% | 25% | 22% | 27% | 26% | -12% | 15% | 18% | -13% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dos relatórios que podem ser emitidos a qualquer momento por computadores e tablets, o artefato também foi desenvolvido para ser aplicado em smartphones, facilitando ainda mais a gestão da produção. O design da visualização do Kanban digital foi implementado no aplicativo de celulares, como pode ser verificado na Figura 30.

Figura 30: Kanban digital para celulares



Fonte: Elaborado pelo autor.

No menu principal do aplicativo, é necessário inserir o nome de usuário e a senha cadastrada. Em seguida, o usuário deve digitar o código do setor que está buscando e pressionar o botão "enter". Uma tela será aberta, exibindo os itens do setor e sua distribuição nas faixas Kanban. Caso o usuário deseje, pode clicar em uma faixa, o que abrirá outro menu com todos os itens dessa faixa. Por fim, é possível clicar em um item específico para obter detalhes adicionais sobre ele.

Quando analisada do ponto de vista financeiro, a proposta de implementação do artefato trouxe vantagens significativas. De forma geral, os investimentos com o artefato tiveram um retorno em 30 meses, resultando em uma redução das despesas anuais em torno de sessenta mil reais a partir do terceiro ano. Além disso, foi alcançada uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 6,22% ao final do terceiro ano e um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 16.000,00 ao final do terceiro ano.

A base para os cálculos é apresentada na Figura 31.

Figura 31: Análise financeira do projeto

| | | ANO 1 | ANO 2 | ANO 3 | TOTAL |
|-------------------------|--|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Investimentos | Implementação do Software (Na fábrica) | R\$ 69.000,00 | R\$ 18.000,00 | R\$ 5.000,00 | R\$ 92.000,00 |
| | Estrutura Física (TVs e Raspberries) | R\$ 30.000,00 | R\$ - | R\$ - | R\$ 30.000,00 |
| | TOTAL | R\$ 99.000,00 | R\$ 18.000,00 | R\$ 5.000,00 | R\$ 122.000,00 |
| Ganhos esperados | Economia (Cartões e suportes) | R\$ 8.000,00 | R\$ 14.000,00 | R\$ 15.000,00 | R\$ 37.000,00 |
| | Diminuição de desperdício (Frete Extras) | R\$ 3.000,00 | R\$ 11.000,00 | R\$ 12.000,00 | R\$ 26.000,00 |
| | Economia (Quadros Kanban) | | R\$ 11.000,00 | R\$ 11.000,00 | R\$ 22.000,00 |
| | Economia (1 funcionário) | R\$ 10.000,00 | R\$ 21.000,00 | R\$ 22.000,00 | R\$ 53.000,00 |
| TOTAL | R\$ 21.000,00 | R\$ 57.000,00 | R\$ 60.000,00 | R\$ 138.000,00 | |

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.6 Atividade 6 - Comunicação

No âmbito profissional, como parte do aprimoramento do conhecimento, foi estabelecida uma pasta contendo o conteúdo do projeto, além de um manual de instruções de operação para os gestores, que poderá ser revisado, auditado e atualizado conforme necessário. Foram realizados treinamentos presenciais, nos quais os funcionários foram convidados e apresentados ao funcionamento da ferramenta, incluindo como interpretar as telas e informações disponibilizadas. Para os funcionários que não estavam diretamente envolvidos nas atividades do Kanban Digital, mas que desejavam aprender, bem como para parceiros autorizados, foram disponibilizados vídeos de instrução e um canal de comunicação para interatividade.

No âmbito acadêmico, este trabalho tem como missão difundir e reforçar a importância da utilização do Kanban digital como um fator relevante na otimização de processos, no balanceamento da produção, no atendimento às necessidades dos clientes e na obtenção de informações em tempo real para a tomada de decisões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho foi propor a criação de um artefato no formato de Kanban digital para atender às demandas das áreas de gestão de processos de forma interativa e moderna, considerando que o Kanban tradicional apresentava pontos de fragilidade. Para isso, o ponto de partida foi a análise bibliométrica dos trabalhos conhecidos que já haviam utilizado as práticas do Kanban de forma digital.

Após 2 anos de operação, o Kanban digital eliminou mais de 3000 unidades de cartões Kanban físicos, quadros Kanban físicos e chapeiras ao final das linhas de produção, melhorando assim a comunicação e a acuracidade das informações de processo. Esses cartões e acessórios foram substituídos pelo artefato, que preservou a essência do Kanban tradicional de cartões, mas na forma digital. Agora, as informações são disponibilizadas para a fábrica e os gestores por meio de dispositivos como televisores, tablets, *smartphones* e computadores.

Houve ganhos na redução de itens críticos contidos na faixa vermelha do Kanban, com uma queda geral de todos itens na ordem de 12%. Dos 8 setores avaliados, apenas o setor 6 teve um aumento significativo nos itens críticos, devido à quebra de uma máquina principal e à concentração de novos produtos que só poderiam ser produzidos nessa máquina específica.

Os itens em excesso contidos na faixa roxa do Kanban tiveram uma redução significativa de 13% durante o período, contribuindo para evitar o consumo desnecessário de matéria-prima, a produção de itens que o cliente não necessita e minimizando o risco de obsolescência dos materiais.

Após a implementação do artefato, os gestores podem acessar o Kanban digital remotamente por meio de computadores, tablets, celulares ou pelos *hardwares* espalhados pela fábrica em diferentes pontos. Eles podem fazer o *download* dos relatórios e tomar decisões importantes no processo de fabricação sem depender de visitar um quadro fixo na fábrica.

O *payback* do projeto é de 30 meses e é projetada uma economia anual de R\$ 60.000,00 a partir do terceiro ano. Por fim, o artefato apresentado cumpriu os objetivos propostos. Na visão do autor, o potencial de resultados poderá ser expressivamente superior

nos próximos anos.

Limitações

Como limitações, apesar de ser possível a aplicação do artefato em condições semelhantes, o ambiente no qual foi implementado é específico. Portanto, para expandir essa ferramenta para novas empresas e diferentes setores, é necessário um entendimento e adaptação tecnológica, assim como ajustes nos parâmetros do artefato, a fim de torná-lo uma solução plenamente viável.

A pandemia de COVID-19 e a escassez de microchips foram fatores externos que afetaram os resultados, os quais poderiam ter alcançado uma redução de aproximadamente 20% nos itens críticos e nos itens acima da política máxima.

Durante os dois anos de implementação do Kanban digital, as políticas de faixa por item foram congeladas e os novos produtos não foram considerados. Isso foi feito para evitar distorções nos cálculos iniciais e garantir uma comparação mais adequada.

O desembolso financeiro para o projeto inicialmente foi aproximadamente metade do que foi gasto. Isso se deve principalmente ao esforço dos funcionários da área de tecnologia da informação, que tiveram que se dedicar intensamente para garantir que o Kanban Digital implementado nesta empresa fosse o mais fidedigno possível, mantendo sua essência. Embora isso tenha gerado muitas discussões internas, ao demonstrar o resultado piloto e obter a opinião positiva de um cliente relevante da empresa, o presidente concordou em fornecer o saldo financeiro restante para concluir o projeto.

Perspectivas Futuras

Um aspecto relevante é que, após a implantação do Kanban digital por meio dos *hardwares* na fábrica (principalmente os televisores), a empresa está se tornando uma referência para clientes, fornecedores, visitantes e parceiros. Eles ficam impressionados com o desempenho do sistema, o que inclusive despertou interesse de outras empresas na aquisição da tecnologia.

É vislumbrado que o Kanban digital, além de gerenciar os processos produtivos

internos da empresa, possa ser expandido na gestão de fornecedores em poucos anos. Ou seja, os fornecedores poderiam acessar o estoque em tempo real da empresa, verificar a faixa Kanban e realizar entregas automaticamente, sem depender da autorização de um funcionário da empresa, mantendo sempre o estoque nas faixas amarela e verde do Kanban.

Uma ramificação importante e continuidade do Kanban digital dentro de uma empresa é sua expansão para a base de fornecedores. Atualmente, existem alguns analistas responsáveis pela geração da programação de fornecedores, análise, envio e monitoramento das entregas, funções que podem oferecer oportunidades de otimização. Em um estudo interno, foi constatado que adaptar o sistema para os fornecedores contribuirá para a automação e melhoria das informações. Também estão previstos ganhos quantitativos na operação.

O autor recomenda que este trabalho seja amplamente estudado pelas empresas que ainda não possuem o Kanban, principalmente para aquelas que já têm o processo de Kanban tradicional implementado. Isso possibilitaria a migração para o Kanban digital e tornaria a empresa mais ágil na tomada de decisões.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO ANFAVEA: **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**, 1959-2023. Anual. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/anuarios/>. Acesso em: 25 jan. 2024.

ANUÁRIO FENABRAVE 2022: **O Desempenho da Distribuição Automotiva no Brasil**. 2004-2022. Disponível em: <https://www.fenabreve.org.br/portaltv2/Conteudo/anuarios#>. Acesso em: 25 jan. 2024.

ANUÁRIO DO SINDIPEÇAS: **Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores. Sindipeças' Yearbook**, 2023. Disponível em: <https://www.virapagina.com.br/sindipecas2023/>. Acesso em: 25 jan. 2024.

A 75-YEAR HISTORY **Item 4. Development and Deployment of the Toyota Production System** Disponível em: https://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/text/entering_the_automotive_business/chapter1/section4/item4. Acesso em 13 de novembro de 2023

ADAM, M. *et al.* **Lean ERP: How ERP Systems and Lean Management Fit Together**. Em: PIAZOLO, F.; FELDERER, M. (Eds.). *Innovation and Future of Enterprise Information Systems. Lecture Notes in Information Systems and Organisation*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. v. 4p. 13–18.

AHMAD, M. O.; MARKKULA, J.; OIVO, M. **Kanban in software development: A systematic literature review**. 2013 39th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications. Anais... Em: 2013 39TH EUROMICRO CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING AND ADVANCED APPLICATIONS (SEAA). Santander: IEEE, set. 2013.

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. **Total productive maintenance: literature review and directions**. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 25, n. 7, p. 709–756, 1 ago. 2008.

ALI, A.; SANTINI, N.; RAHMAN, M. A. **Kanban supplier system as a standardization method and WIP reduction**. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, v. 11, n. 1/2, p. 179, 2012.

ARAÚJO, C. A. **evolução histórica e questões atuais**. Em *Questão*, v. 12, n. 1, p. 22, 2006.

BANDEIRA, S. M. **Aplicação da metodologia SMED (Single Minute Exchange of die): Estudo de caso em uma indústria metalmeccânica** 2022.

BARROS, J.; HEINECK, L.; SOUZA, D. **A Aplicação dos Princípios da Mentalidade Enxuta na Construção Civil os exemplos de Fortaleza**.pdf. , 2005.

BENETTI, H. P. **Padronização do trabalho em uma fábrica de artefatos de cimento**. 2007.

BHAMU, J.; SINGH SANGWAN, K. **Lean Manufacturing: literature review and research issues**. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 34, n. 7, p. 876–940, 1 jul. 2014.

CAMPOS, R. *et al.* **A Ferramenta 5S e suas Implicações na Gestão da Qualidade Total**. 2005. CARDOSO, F. A. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO

PARANÁ PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO (PPGA) MESTRADO PROFISSIONAL. 2020.

COLE, R., Purao, S., Rossi, M., & Sein, M. (2005). **Being proactive: where action research meets design research**. ICIS 2005 Proceedings, 27.

COSTA, R. M. **Análise, design e inovação de modelos de negócios para servitização**. Doutorado em Administração—São Paulo: Universidade de São Paulo, 23 ago. 2017.

DENG, Q.; JI, S. **A Review of Design Science Research in Information Systems: Concept, Process, Outcome, and Evaluation**. Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems, p. 1–36, 2018.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES, J. A. V. **Design Science Research**. Em: Research. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 67–102.

FERNANDES, L. M. T. **Dimensionamento e Implementação do Sistema Kanban numa Unidade de Produção do Sector Automóvel**. 2016.

FULLER, Richard Buckminster. **Critical Path**. New York. St. Martin's Press, 1981.

GREGOR, S.; JONES, D. “**The Anatomy of a Design Theory**”. Journal of the Association for Information Systems, Vol 8, Issue 5, pp. 312-335, 2007.

HEVNER, A.; GREGOR, S. **Envisioning entrepreneurship and digital innovation through a design science research lens: A matrix approach**. Information & Management, v. 59, n. 3, p. 103350, abr. 2022.

HIRANO, H. **JIT Implementation Manual The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing**. v. Second Edition

HOLWEG, M. **The genealogy of lean production**. Journal of Operations Management, v. 25, n. 2, p. 420–437, mar. 2007.

IDRIS, M. R.; PRAKASH, P. S.; ABDULLAH, A. **E-Kanban Hybrid Model for Malaysian Automotive Component Suppliers with IoT Solution**. 2020.

IMAI, M. **Kaizen – A Estratégia Para O Sucesso Competitivo**. 6. ed. São Paulo: Imam, 1992. 236 p.

KIHEL, Y. E.; KIHHEL, A. E.; EMBARKI, S. **Optimization of the Sustainable Distribution Supply Chain Using the Lean Value Stream Mapping 4.0 Tool: A Case Study of the Automotive Wiring Industry**. Processes, v. 10, n. 9, p. 1671, 23 ago. 2022.

KOTANI, S. **Optimal method for changing the number of kanbans in the e -Kanban system and its applications**. International Journal of Production Research, v. 45, n. 24, p. 5789–5809, 15 dez. 2007.

KREUTZ, M. *et al.* **Autonomous, low-cost sensor module for fill level measurement for a self-learning electronic Kanban system**. IFAC-PapersOnLine, v. 54, n. 1, p. 623–628, 2021.

LACERDA, A. P.; XAMBRE, A. R.; ALVELOS, H. M. **Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry**. International Journal of Production Research, v. 54, n. 6, p. 1708–1720, 18 mar. 2016.

LAGE JUNIOR, M.; GODINHO FILHO, M. **Variations of the kanban system: Literature review and classification**. International Journal of Production Economics, v. 125, n. 1, p. 13–21, maio 2010.

LUCINDA, A.; OLIVEIRA, F. HEIJUNKA: **Introdução do Sistema Puxado e Nivelado de Produção em uma fábrica de reatores, módulos e drives de LED.** 2017.

MISQUIATTI, F.; COSTA, M. F. M.; POLIONI, T. T. **Implantação do programa de 5S em uma empresa do ramo automotivo: Um estudo de caso.** 2013.

MONDEN, Y. **Toyota Production System.** 1981.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM.** Productivity Press, Cambridge, MA. 1988.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production.** CRC Press, 1988.

OHNO, T. **Gestão dos Postos de Trabalho.** McGraw-Hill Global Education Holdings, LLC, New York, 2015.

OSADA, T. **The 5–S: Five Keys to a Total Quality Environment,** Asian Productivity Organization, Tokyo, 1991.

PAPADIMITROPOULOU, C. et al. **Digitally Enhancing Kanban Lean Practice in Support of Just-in-Time Reconfigurable Supply: A Case Study.** Em: ALFNES, E. et al. (Eds.). *Advances in Production Management Systems. Production Management Systems for Responsible Manufacturing, Service, and Logistics Futures.* IFIP Advances in Information and Communication Technology. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. v. 689p. 69–83.

PARRA ORTEGA, O. J. **sistemas de producción tipo kanban: Descripción, componentes, diseño del sistema, y bibliografía relacionada.** Panorama, v. 2, n. 6, 7 jun. 2013.

PEKARCIKOVA, M. *et al.* **Material Flow Optimization through E-Kanban System Simulation.** *International Journal of Simulation Modelling*, v. 19, n. 2, p. 243–254, 15 jun. 2020.

PEKARCIKOVA, M. *et al.* **Simulation Testing of the E-Kanban to Increase the Efficiency of Logistics Processes.** *International Journal of Simulation Modelling*, v. 20, n. 1, p. 134–145, 15 mar. 2021.

PIERRE, F. C.; MARTINS, W. **Avaliação das melhorias alcançadas por meio da aplicação da metodologia Kaizen em uma empresa de usinagem,** 2016.

PIMENTA, A. A. **A Bibliometria nas pesquisas acadêmicas.** p. 13, 2017.

RANDHAWA, J. S.; AHUJA, I. S. **5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions.** *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 34, n. 3, p. 334–361, 6 mar. 2017.

RAZAFUAD, R.; RIDWAN, A. Y.; SANTOSA, B. **Development of E-Kanban Application Using Stock-Needs Rule Prioritizing Policy to Reduce 0-Ick for Pharmaceutical Warehousing.** 2018 6th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT). Anais... Em: 2018 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICOICT). Bandung: IEEE, maio 2018.

REWERS, P.; TROJANOWSKA, J.; CHABOWSKI, P. **Tools and methods of Lean Manufacturing - a literature review.**

RICKY, C.; KADONO, Y. **A Case Study of E-Kanban Implementation in Indonesian Automotive Manufacture.** 2020 8th International Conference on Cyber and IT Service

Management (CITSM). Anais... Em: 2020 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBER AND IT SERVICE MANAGEMENT (CITSM). Pangkal Pinang, Indonesia: IEEE, 23 out. 2020.

RIZAD MD SAPRY, H.; HANI, F.; AHMAD, R. **Exploring E-Kanban application in the inventory management process**. Journal of critical reviews, v. 7, n. 08, 2 jun. 2020.

ROMEIRA, B.; CUNHA, F.; MOURA, A. **Development and Application of an e-Kanban System in the Automotive Industry**. 2021.

ROMEIRA, B.; MOURA, A. **Applicability of an e-Kanban system according to the industry 4.0 paradigm: an applied practical study**. 20.^a Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação (CAPSI'2020). IS Electronic Library (AISeL) AIS Electronic Library (AISeL), out. 2020.

SANTOS, B. **Estudo de Implementação de um Kanban de Produção**.pdf. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.

SANTOS, L.; MENDES, J.; ANTÔNIO, R. **LEAN MANUFACTURING estudo de caso da implementação de dispositivo Poka Yoke automático em máquina de corte industrial**.pdf. , 2020.

SHINGO, S. **O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2000.

SILVA, J. B. D.; ANASTÁCIO, F. A. D. M. **Método Kanban como Ferramenta de Controle de Gestão**. ID on line REVISTA DE PSICOLOGIA, v. 13, n. 43, p. 1018–1027, 18 dez. 2018.

SILVA, K.; VOLANTE, C. **A importância do sistema Kanban para o gerenciamento e controle de estoque de uma empresa**.pdf., 2019.

SILVA, V. S. **Utilização de Kamishibai para gestão visual: Uma pesquisa-ação em empresa do setor metalúrgico**. 2016.

THÜRER, M. *et al.* **On the integration of manufacturing strategy: deconstructing Hoshin Kanri**. Management Research Review, v. 42, n. 3, p. 412–426, 18 mar. 2019.

TREBUNA, P. *et al.* **Online e-Kanban System Implementation in a Manufacturing Company**. International Journal of Simulation Modelling, v. 22, n. 1, p. 5–16, 15 mar. 2023.

VASCONCELOS, A. **Estudo e Implementação de Processos de Redução de Tempos de Setup numa empresa da Indústria Automóvel**, Repositório da Universidade do Minho. 2023.

WIERINGA, Roel J. **Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering**. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer, 2014.

WIJAYA, S. *et al.* **A Framework of e-Kanban System for Indonesia Automotive Mixed-Model Production Line**. v. 8, n. 6, 2018.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World**, Macmillan: New York.