



ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Implementação de E-Kanban utilizando RFID: Uma Nova Abordagem para Sistemas de Produção Puxados na Indústria Automotiva

Fabiano Oscar Drozda

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal do Paraná

Guilherme Henrique Cruz Caetano

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal do Paraná

Robespierre Diniz de Almeida Mendes

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal do Paraná

Resumo: Este artigo investiga a implementação de um sistema de E-Kanban utilizando tecnologia RFID na indústria automotiva, destacando a sinergia entre práticas tradicionais de produção e inovações tecnológicas. A introdução do RFID para automatizar o controle de estoques e a gestão da produção não apenas moderniza os processos, mas também responde à crescente demanda por eficiência e agilidade no ambiente industrial. Por meio de um estudo de caso, são apresentados os resultados da integração do E-Kanban com o ERP SAP, revelando melhorias significativas em termos de visibilidade do estoque e redução do lead time. A comparação com o Kanban tradicional ilustra como essa abordagem não só otimiza a sincronização entre processos, mas também oferece maior flexibilidade na gestão de recursos. As conclusões reforçam que a adoção do E-Kanban com RFID pode ser um diferencial competitivo relevante, promovendo a transformação da produção na indústria automotiva e alinhando-a com as exigências da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Kanban, RFID, Manufatura Enxuta, Sistema Puxado

E-Kanban Implementation using RFID: A New Approach to Pull Production Systems in the Automotive Industry

Abstract: This article explores the implementation of an E-Kanban system using RFID technology in the automotive industry, highlighting the synergy between traditional production practices and technological innovations. The introduction of RFID for automating inventory control and production management not only modernizes processes but also addresses the growing demand for efficiency and agility in the industrial landscape. Through a case study, the results of integrating E-Kanban with the SAP ERP system are presented, revealing significant improvements in inventory visibility and lead time reduction. A comparison with traditional Kanban illustrates how this approach optimizes synchronization between processes while offering greater flexibility in resource management. The conclusions emphasize that adopting E-Kanban with RFID can serve as a relevant competitive advantage, driving the transformation of production in the automotive industry and aligning it with the demands of Industry 4.0.

Keywords: Kanban, RFID, Lean Manufacturing, Pull System

1. Introdução

Indústrias de manufatura não podem acreditar que seu principal objetivo é apenas “manufaturar”. O tempo em que as indústrias podiam vender qualquer coisa que produzissem, ficou para trás com o aumento da concorrência e exigência do consumidor. A visão simplista que reduz a manufatura a um mero processo de fabricação tornou-se ultrapassada. Para se destacar no competitivo mercado atual, é essencial que os fabricantes reavaliem sua forma de pensar e agir, principalmente de forma rápida. O verdadeiro segredo para uma gestão eficaz de fábricas hoje é entender que a manufatura deve ser vista como uma indústria de serviços (Hirano, 2009)

Em busca de eficiência e rentabilidade nas operações das industriais automotivas, fornecedores e montadoras buscam cada vez mais a redução de estoques e do *Lead Time* de fabricação. Princípios essenciais em um sistema de produção mundialmente conhecido, o Just-In-Time (JIT). Orientado para o mercado e fundamentado no atendimento das necessidades dos clientes, utiliza diversas ferramentas para sua aplicação. Duas delas iremos tratar com mais profundidade: Kanban e Controle Visual (Hirano, 2009).

Nesse contexto, o controle visual é essencial para realizar melhorias e tornar os problemas na cadeia de valor visíveis o suficiente para que qualquer um possa identificá-los. Vários dispositivos podem ser usados para tornar os problemas da linha de produção mais visíveis, como o Kanban. Uma ferramenta fundamental para a manutenção da produção JIT. São sinais que trazem informações de operação e/ou sobre a entrega de peças. Para que o Kanban seja realmente efetivo, é essencial a fabricação em fluxo, puxando os materiais de um processo para outro em vez de empurrá-los (Hirano, 2009).

Empresas buscam implementar sistemas de distribuição automatizados para seus processos de fabricação e montagem. A Identificação por Rádio Frequência (RFID) desempenha um grande papel na melhoria da automação em sistemas industriais. Em sistemas tradicionais, exemplo do Kanban, surgem diversos problemas como a falta de rastreabilidade e o monitoramento de dados em tempo real, o *Work in Process* (WIP). Esses sistemas não conseguem ser atualizados automaticamente para realizar os processos e quando diferentes decisões precisam ser tomadas. (KUMAR, A.; TIWARI, M. K., 2015).

A implementação do RFID é um dos dispositivos automatizados que ajudam a superar esses desafios. Além da transparência e da velocidade das informações, ele integra os diferentes processos na cadeia de valor, através de sistemas de gestão como o SAP. Esse benefício atrelado à implementação de métodos tradicionais e tecnologias atuais, justificam o artigo.

O objetivo deste artigo é analisar a implementação de um sistema de Kanban eletrônico (E-Kanban) utilizando tecnologia RFID em uma indústria de fabricação automotiva, destacando a integração entre práticas tradicionais e inovações tecnológicas. A pesquisa busca evidenciar como essa abordagem moderniza o controle de estoques e a gestão da produção, trazendo visibilidade do WIP e reduzindo o lead time. Além disso, pretende comparar a eficácia do E-Kanban com o modelo tradicional, ressaltando seu papel como diferencial competitivo na transformação da produção.

Este artigo tem como estratégia metodológica apresentar um estudo de caso descritivo sobre a implementação de um sistema de E-Kanban em um processo de fabricação de componentes do segmento automotivo, integrado ao sistema ERP SAP. O Referencial Teórico, em sua seção 2, fornecerá uma base conceitual, discutindo tópicos relevantes como JIT, Kanban, e-Kanban, Controle Visual e RFID. Na seção 3, Metodologia, serão abordados os métodos utilizados para a coleta, tratamento e análise de dados, fundamentais para a compreensão do impacto do projeto, os detalhes da implementação do E-Kanban e a integração com o ERP. Em seguida, na seção 4, Resultados, serão

apresentados comparações entre o antes e depois da implementação, evidenciando as melhorias no controle de estoques e na eficiência do processo produtivo. Por fim, na seção 5, Conclusões, serão discutidas as implicações dos resultados para a indústria automotiva, as contribuições do estudo para a literatura existente sobre práticas de manufatura e os potenciais futuros.

2. Referencial Teórico

A implementação do E-Kanban, uma versão digital do sistema Kanban tradicional, está transformando a maneira como a indústria automotiva gerencia seus processos de produção puxados. O uso de RFID (Identificação por Rádio Frequência) neste contexto traz uma série de vantagens, permitindo um monitoramento em tempo real do fluxo de materiais e componentes, além de aumentar a eficiência operacional (Wang et al., 2018).

O E-Kanban, ao integrar a tecnologia RFID, facilita a automação do controle de estoque e o reabastecimento de materiais, reduzindo a dependência de métodos manuais e minimizando erros (Zheng & Zhao, 2017). Essa abordagem melhora a rastreabilidade dos itens em produção e possibilita uma resposta mais ágil às variações na demanda do cliente, um aspecto crucial na indústria automotiva, onde a flexibilidade e a rapidez são essenciais (Sari et al., 2020).

Nesta revisão bibliográfica, serão explorados estudos que investigam a aplicação do E-Kanban com RFID em sistemas de produção puxados, destacando os benefícios e desafios associados à sua implementação. Além disso, serão apresentados os fundamentos teóricos das tecnologias envolvidas, assim como as ferramentas necessárias para a compreensão e execução de pesquisas nessa área.

2.1 Just in Time (JIT)

O JIT é uma filosofia de gerenciamento de produção que visa reduzir desperdícios e otimizar processos ao produzir e entregar produtos apenas quando são necessários. Desenvolvido na indústria automotiva, particularmente pela Toyota, o JIT tem como princípios fundamentais a redução de estoques, a produção sob demanda e a melhoria contínua (Ohno, 1988; Womack et al., 1990). Essa abordagem permite que as empresas respondam rapidamente às variações de demanda, garantindo eficiência e flexibilidade em seus processos de fabricação.

O JIT não se limita apenas à produção; ele também envolve a colaboração estreita com fornecedores, promovendo a entrega pontual de materiais e componentes. Isso é crucial para manter o fluxo contínuo da produção e minimizar os custos associados ao armazenamento de estoques (Shah & Ward, 2003). A implementação bem-sucedida do JIT pode resultar em melhorias significativas na qualidade do produto e na satisfação do cliente, embora exija um comprometimento robusto com a formação da equipe e a adaptação cultural dentro da organização (Li & O'Neill, 2015).

2.2 Kanban

O Kanban é um sistema de controle de produção visual que visa gerenciar o fluxo de trabalho e otimizar a eficiência em processos de manufatura e serviços. Originado no Sistema de Produção Toyota, o Kanban utiliza cartões ou sinais visuais para indicar a necessidade de produção ou reabastecimento de materiais, promovendo um sistema "puxado" onde a produção é baseada na demanda real (Ohno, 1988; Womack et al., 1990).

Os princípios do Kanban incluem a limitação do trabalho em progresso (WIP), a visualização do fluxo de trabalho e a melhoria contínua. Ao limitar o WIP, as equipes podem se concentrar em concluir tarefas antes de iniciar novas, o que ajuda a reduzir o tempo de espera e a aumentar a eficiência (Hohmann, 2013). A visualização permite que todos os

membros da equipe entendam o estado atual do trabalho, facilitando a identificação de gargalos e problemas potenciais.

O Kanban não se restringe apenas à indústria, sendo amplamente aplicado em ambientes de desenvolvimento ágil e gestão de projetos, onde a flexibilidade e a adaptabilidade são essenciais (Anderson, 2010). Sua implementação pode resultar em melhorias significativas na produtividade, na qualidade do trabalho e na satisfação do cliente.

2.2.1 e-Kanban

O e-Kanban é uma evolução do Kanban tradicional, usando tecnologia digital para ajudar a gerenciar e otimizar o fluxo de materiais e informações na produção. Enquanto o Kanban clássico usa cartões físicos para avisar quando é hora de reabastecer ou produzir algo, o e-Kanban utiliza soluções eletrônicas, como software e dispositivos RFID, para aumentar a eficiência e a visibilidade do processo (Sarkar et al., 2016).

O e-Kanban permite que você veja em tempo real como estão os estoques e o fluxo de trabalho. Assim, as equipes podem identificar gargalos rapidamente e ajustar a produção quando necessário (Koh et al., 2011).

Segundo Bicheno e Holweg (2009), através de apontamentos automatizados, a necessidade de inserir dados manualmente diminui, o que significa que há menos chance de erros humanos e informações mais precisas. Adicionalmente o e-Kanban pode ser facilmente conectado a sistemas de gestão de produção e planejamento de recursos (ERP), criando uma abordagem mais coordenada para a gestão das operações (Zheng & Zhao, 2017).

Por outro lado, Sari et al. (2020) Salienta que a implementação do e-Kanban enfrenta alguns desafios. A resistência dos funcionários à mudança é comum, assim como a necessidade de treinamento em novas tecnologias. Além disso, é fundamental contar com uma infraestrutura tecnológica confiável e garantir que os sistemas de e-Kanban estejam alinhados com os objetivos estratégicos da organização.

2.2.2 Cálculo de Cartões Kanban - RELOWISA

Conforme discutido por Hopp e Spearman (2008), a formulação correta do cálculo da quantidade de Kanban é essencial para o funcionamento eficiente do sistema, evitando falhas no atendimento e absorvendo a variação de pedidos dos clientes, tornando o fluxo estável. Há diversos métodos para cálculo, seguindo a fórmula básica para determinar o número de cartões Kanban (K).

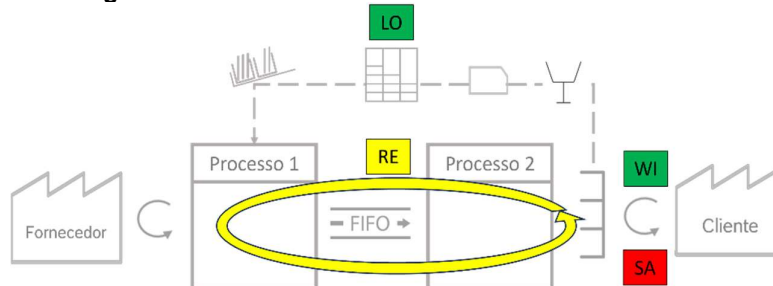
$$K = \frac{(\text{Demanda diária} \times \text{Lead time}) + \text{Estoque de Segurança}}{\text{Capacidade de produção}}$$

No entanto, como enfatizado por Pyke e Cohen (2009), é crucial considerar a variabilidade tanto na demanda quanto no lead time. A inclusão de um estoque de segurança se torna fundamental para lidar com flutuações nas necessidades dos clientes, garantindo uma operação mais resiliente e responsiva.

De acordo com AHMAD et al. (2024), grandes multinacionais desenvolveram novos métodos para o dimensionamento de supermercados em sistemas kanban, especialmente na manufatura. Nesse contexto foi criado o método RELOWISA, utilizado para calcular sistemas Kanban. O nome é derivado das variáveis utilizada para o cálculo:

$$K = RE + LO + WI + SA$$

Figura 1 – Divisão do método de cálculo - RELOWISA



Fonte: Adaptado de AHMAD et al., 2024

Sendo;

K = Quantidade de Cartões Kanban;

RE = (*Replenishment Time*) Mede quanto tempo leva para um cartão se mover da retirada do cliente até a reposição no estoque.

LO = (*Lot Time Coverage*) Refere-se ao tamanho da produção de itens em uma única execução, afetando quantos cartões Kanban são necessários para a formação de lote.

WI = (*Withdrawal Peak Coverage*) dimensiona quantos cartões são necessários para cobrir as demandas planejadas do cliente.

SA = (*Safety Time Coverage*) dimensiona quantos cartões são necessários para cobrir as demandas não planejadas do cliente (desvios) e ineficiências do processo.

O RELOWISA permite uma gestão mais eficaz do fluxo de materiais, reduzindo os custos de inventário e minimizando a perda de produção (AHMAD et al., 2024; MISHRA et al., 2017). A combinação dos componentes de reabastecimento, lote, retirada e tempo de segurança possibilita que as empresas ajustem suas operações de acordo com a demanda do cliente, promovendo um ambiente de produção mais responsivo e eficiente.

2.3 Controle Visual

O controle visual é uma abordagem que utiliza elementos visuais para transmitir informações sobre o andamento dos processos em um ambiente de trabalho. Essa técnica é especialmente eficaz em metodologias de produção enxuta, como o Lean Manufacturing, pois promove maior transparência e visibilidade. Isso capacita as equipes a identificar problemas de forma rápida, contribuindo para a melhoria da eficiência operacional (Galsworth, 1997).

Os princípios fundamentais da gestão visual incluem simplicidade, imediata visibilidade, padronização e feedback instantâneo. A simplicidade é essencial: as informações devem ser apresentadas de maneira clara e direta, usando símbolos e cores que sejam facilmente compreensíveis por todos. Com a imediata visibilidade, os colaboradores conseguem avaliar rapidamente a situação dos processos. A padronização assegura que todos tenham acesso às informações de forma consistente, enquanto o feedback instantâneo oferece respostas rápidas sobre o desempenho, facilitando a identificação e a resolução de problemas (Miller, 2017; Hohmann, 2013).

A gestão visual aprimora a comunicação entre os membros da equipe, aumenta a eficiência operacional e envolve os funcionários na gestão dos processos. Além disso, serve como uma ferramenta valiosa para o treinamento de novos colaboradores, ajudando-os a compreender rapidamente os procedimentos da empresa (Galsworth, 1997; Miller, 2017). Contudo, a implementação do controle visual pode enfrentar desafios. Muitas vezes, os funcionários podem resistir a mudanças, e a sobrecarga de informações visuais pode levar à confusão se não for devidamente administrada (Hohmann, 2013).

2.4 RFID

A identificação por rádio frequência (RFID) é uma tecnologia que utiliza ondas de rádio para identificar e rastrear objetos de forma automática. Consiste em um sistema que inclui um leitor, uma antena e etiquetas, que armazenam informações sobre os itens a serem monitorados. Essa tecnologia tem se mostrado fundamental em diversos setores, como logística, manufatura, saúde e varejo, proporcionando uma maneira eficiente e precisa de gerenciar ativos e processos (Want, 2006).

Embora a tecnologia RFID ofereça muitos benefícios, sua implementação pode apresentar desafios. Os custos iniciais de instalação e manutenção, a necessidade de integração com sistemas existentes e preocupações com a privacidade e a segurança dos dados são algumas das barreiras que as empresas podem enfrentar (Cohen et al., 2013).

3. Metodologia

Neste capítulo, será detalhado o método de pesquisa, um estudo de caso descritivo sobre a implementação de um sistema puxado digital com E-Kanban.

O projeto aconteceu em um período de 12 meses envolvendo um time multidisciplinar, com grande envolvimento da área da Produção (além de *stakeholder*, cliente do projeto), um time dedicado de desenvolvedores (entrando no projeto a partir do protótipo criado) e a Gestão. Utilizando o método tradicional para gestão de projetos. Após as primeiras reuniões, através de indicadores de performance e necessidades do processo, foi definido uma área de usinagem de componentes para o projeto piloto. A descrição das etapas envolvidas no desenvolvimento do estudo são:

Figura 2 – Cronograma do Projeto

PLANEJADO	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
REAL	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	
ETAPAS DE EXECUÇÃO DO PROJETO	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12
Mapeamento da Planta	X											
Executar Business Requirements		X	X									
Aprovar Conceito e BR			X									
Viabilizar Base de Dados			X	X	X	X	X					
Desenvolvimento da Plataforma				X	X	X	X	X	X			
Validar os Novos Padrões								X	X	X		
Confirmação dos Padrões com Point CIP										X	X	X

Fonte: Os autores, 2024.

3.1 Integração com ERP (SAP)

O desenvolvimento do projeto foi possível, devido ao uso do SAP na fábrica, pois o conjunto das tecnologias utilizadas para apontamento de produtividade da linha, RFID e SAP, carregam o sistema com todas as informações necessárias para o projeto. Cada cartão Kanban possui uma *Tag* RFID que comunica com os leitores posicionados estrategicamente na linha de produção. A cada registro no leitor é gerado uma modificação de *status* no processo. Seguindo a sequência descrita na figura 3.

Figura 3 – Representação Integração RFID com ERP



Fonte: Os autores, 2024.

Todas as interações com o cartão Kanban ao longo do processo são capturadas por leitores RFID e registradas em tempo real no SAP, garantindo que as informações estejam prontamente acessíveis para os processos de extração, tratamento e carregamento de dados. No início da linha, o status de processamento é gerado (abertura de ordem). Após o processamento, realiza-se o apontamento de produção, que atualiza o WIP (*Work in process*) no fluxo. Em seguida, o cliente finaliza a compra por meio do registro por RFID, reduzindo o saldo do WIP.

3.2 Implementação e-Kanban

Com o entendimento da sistemática de apontamento, e integração do ERP com o RFID consolidada, identificou-se uma oportunidade para utilizar essa estrutura como fonte de dados para a implementação de um sistema puxado digital. Gerando dados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Representação de dados gerados pelo sistema ERP

Número	Material	Status	LastTimestamp	Status Ant.	LastTimestamp Anterior	Criação do Cartão	Data
886379	1580200AA	2	28/10/2024 18:28:25	5	28/10/2024 16:51:46	03/07/2023 01:06	28/10/2024 18:31
970593	1580200AA	2	28/10/2024 18:28:22	5	25/10/2024 14:21:36	27/09/2024 18:08	28/10/2024 18:31
912496	1580200AA	5	28/10/2024 18:27:45	2	28/10/2024 09:07:23	14/04/2023 09:26	28/10/2024 18:31
912500	1580200AA	5	28/10/2024 18:27:42	2	28/10/2024 09:07:25	14/04/2023 09:26	28/10/2024 18:31
912510	1580200AA	5	28/10/2024 18:27:38	2	28/10/2024 09:07:24	14/04/2023 09:26	28/10/2024 18:31
912513	1580200AA	5	28/10/2024 18:27:35	2	28/10/2024 09:07:21	14/04/2023 09:26	28/10/2024 18:31
735242	1580200AA	2	28/10/2024 18:27:05	5	25/10/2024 00:48:48	04/11/2022 14:03	28/10/2024 18:31

Fonte: Os autores, 2024.

Com a base de dados estruturada, foi criada uma lógica, utilizando a variável Status para a divisão dos cartões no fluxo. Após o desenvolvimento da lógica, foi definida uma área para aplicação e realizado o mapeamento do fluxo de valor (VSM), detalhando as conexões de um processo com fornecedores e clientes dentro da fábrica. Etapa fundamental para entender como os fluxos de produção se organizam e onde estão os gatilhos de informação para implementação do sistema puxado.

Figura 4 – VSM simplificado do processo



Fonte: Os autores, 2024.

Em seguida, foi realizado o levantamento dos dados de performance do processo escolhido e quais pontos seriam impactados com o projeto. Utilizando uma árvore de indicadores de performance foram identificadas as alavancas corretas para o projeto. Foi avaliado os reportes do processo cliente, onde o histórico de falhas mostrava um elevado número de “Falta de Matéria-Prima” de origem do processo anterior (área projeto piloto). O processo fornecedor dependia de várias ações para a preparação da linha e início de produção em todos os turnos:

- Inventários do Mercado de Produto Acabado
- Falta de transparência do Processo (WIP)
- Preenchimento de planilhas
- Preparação da Rampa de Produção
- Demora para identificação de desvios

Além dos pontos anteriores, a dependência humana no manuseio dos cartões, em grande quantidade no processo, comprometia a sequência de compra do cliente, perdendo o FIFO.

Verificado o atendimento dos requisitos para o projeto (Sistema Kanban e RFID na área de implementação), foi desenvolvido um protótipo do sistema E-Kanban. A prova de conceito integrava as informações disponíveis no SAP, originadas dos pontos RFID do processo, permitindo uma simulação do funcionamento do sistema em um ambiente controlado. O primeiro dashboard foi gerado em *Power BI*, mostrando informações como níveis de estoque para cada peça, alguns filtros, quantidades de cartões em todos os status e a ordem de batidas dos cartões (FIFO).

Figura 5 – Dashboard para Visualização do Mercado geral e por categorias



Fonte: Os autores, 2024.

Após a criação do protótipo, foram realizados testes para validar o modelo. Essa etapa tem como objetivo verificar se o sistema atende aos requisitos definidos anteriormente, assegurando que ele funcione corretamente em condições reais de produção. Foram realizadas batidas de cartão Kanban no leitor RFID do processo para acompanhar as movimentações no dashboard, validando os benefícios para a linha.

Com o modelo validado, foi o momento de adquirir os recursos necessários para a implementação do projeto. Isso inclui a adaptação das estações de trabalho, compra de computadores, suportes, equipamentos de TV e a formação das equipes para operar o novo sistema. A partir desse momento foi solicitada a entrada do time de desenvolvedores para programação do sistema utilizando programação HTML, CSS e Javascript

Figura 6 – Instalação de monitores para visualização



Fonte: Os autores, 2024.

A etapa seguinte foi a implementação do sistema E-Kanban na planta. Isso envolve a integração do novo sistema com os processos já existentes, garantindo que todos os colaboradores estejam preparados para operar com as novas ferramentas. Também foi necessário realizar uma validação completa dos novos padrões estabelecidos pelo sistema. A equipe monitorou a eficácia do E-Kanban e ajustou aspectos necessário para garantir que os processos se estabilizem. Após essa fase, um relatório final é gerado, documentando todo o processo, as lições aprendidas e as melhorias alcançadas.

Figura 7: Critérios de validação dos padrões

Critério	Método de Verificação	Indicador de Aderência (Visualização)	O Campo do Indicador de Aderência (com Atrasos e Desvios) está disponível na tela de Rampa de Produção ?
Mercado de Classes (Físico x Digital)	Os níveis do mercado físico são compatíveis com o níveis visualizados no software ? Verificar 1 classe de cada componente (Stop/Válvula/Induzido)	Indicador de Aderência (Veracidade)	O Indicador de Aderência está calculando as puxadas e desvios de forma correta ? Verificar calculando: Produção - Desvios / Produção, dentro do período da AAP (Stop/Válvula/Induzido)
Mercado de Classes (Consumo de Histograma)	O mercado está respondendo as batidas de cartão nos pontos RFID ? Verificar COMPRANDO um componente do Mercado (Stop/Válvula/Induzido)	Campo de Atrasos (Justificativas Pendentes)	O Campo de Atrasos está registrando e mostrando os componentes não fabricados, conforme apontamentos do Software. Verificar se movimentação de cartões para atraso está funcionando corretamente (Stop/Válvula/Induzido)
Mercado de Classes (Alimentação de Histograma)	O mercado está respondendo as batidas de cartão nos pontos RFID ? Verificar ALIMENTANDO um componente do Mercado (Stop/Válvula/Induzido)	Planejamento Período (Admin)	O Planejamento do Período está funcionando corretamente ? Verificar alterando e definindo o período para a AAP
Rampa de Produção Digital (Retorno de Cartões para Rampa Digital)	Os cartões estão retornando para a Rampa de Produção conforme puxada cliente ? Verificar primeiro cartão da Rampa Digital e comparar com informações de DATA/HORA no SAP (Stop/Válvula/Induzido)	Vínculo de Cartões (Admin)	O Vínculo de Cartões está funcionando corretamente ? Verificar alterando a classe dos cartões no software. Verificar exportação de planilha (Stop/Válvula/Induzido)
Rampa de Produção Digital (Saída de Cartões da Rampa Digital)	Os cartões estão saindo da Rampa de Produção quando iniciam a fabricação ? Verificar primeiro cartão do status "Produção" e comparar com informações de DATA/HORA no SAP (Stop/Válvula/Induzido)	Níveis de Mercado (Admin)	Os Níveis de Mercado estão funcionando corretamente ? Verificar definindo as quantidades para cada cor (vermelho/verde/amarelo). Definir cores para as classes e parâmetro geral. Verificar exportação de planilha (Stop/Válvula/Induzido)
Status dos Cartões (Processo, Cheio e Vazios)	O Campo de status dos cartões está funcionando corretamente ? Verificar ID de 1 cartão (Stop/Válvula/Induzido) de cada status (Disponível/Produção/Mercado) no software e comparar com status no SAP	Lista de Desvios (Admin)	A Lista de Desvios está funcionando corretamente ? Verificar incluindo e excluindo desvios na lista (Stop/Válvula/Induzido).
Mudanças de Visualizações de AAP (Área de Abastecimento de Produção)	Ao mudar de AAP (PSA52C/D/E) os gráfico são alterados corretamente ?		

Fonte: Os autores, 2024.

4. Resultados

Após implementação do software e período de estabilização no processo, os indicadores utilizados para monitoramento e melhoria do projeto foram compilados e comparados com o período anterior.

Indicadores como o OEE, são impactados diretamente por outros tipos de perdas além da “Perda Organizacional” avaliada no projeto, mas, da mesma forma, o indicador teve uma melhora de 4,5%. As perdas organizacionais, também tiveram alteração, com uma diminuição de 42% nas perdas relacionadas aos produtos oriundos do processo em que o projeto foi implementado. Por fim, a falta de componentes no cliente teve uma redução de 60% no tempo, em minutos, apontados após a implementação do projeto.

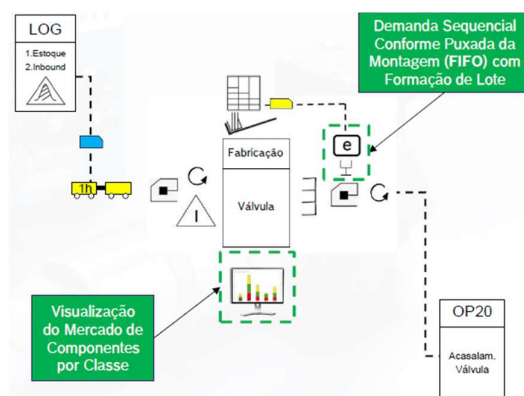
Figura 8: Resultados obtidos



Fonte: Os autores, 2024.

O novo mapa de fluxo de valor, agora conta com o e-Kanban implementado, garantindo a formação automática da rampa de produção e FIFO da puxada do cliente, e visualização em tempo real do mercado de produto acabado e do WIP.

Figura 9: Fluxo de valor futuro



Fonte: Os autores, 2024.

5. Conclusão

A implementação do E-Kanban utilizando RFID representa um avanço significativo na gestão de produção da indústria automotiva, levando a digitalização para os sistemas de produção puxados. A integração dessas tecnologias não apenas moderniza o controle de estoques, gerando uma visualização em tempo real e eliminando a necessidade de inventários entre os turnos, mas também aprimora a visibilidade do fluxo de trabalho e a rastreabilidade de materiais, com a digitalização da informação da quantidade e tipos de produtos através dos status dos cartões Kanban no processo, conhecendo exatamente o número de cartões que estão no processo, na rampa de produção, no mercado ou na caixa de formação de lote.

Os resultados demonstram melhorias substanciais na eficiência operacional do sistema desenvolvido internamente na empresa automotiva onde ocorreu a implementação, evidenciadas pela redução do lead time diretamente atrelado ao tempo de reposição (RE) na fórmula do RELOWISA, que foi impactado pelo tempo de retorno da informação, agora imediata, através das batidas de cartões nos pontos RFID da linha. Impacto também verificado na diminuição das perdas organizacionais, devido à formação automática da rampa de produção, garantindo a formação de lote e o FIFO do cliente, e planejamento dos produtos exóticos, programando a entrada dos cartões para o período planejado. Essa transformação reflete a capacidade da indústria de se adaptar às demandas do mercado, oferecendo um diferencial competitivo por meio da inovação.

A combinação de práticas tradicionais, como o Kanban, com tecnologias emergentes como o RFID, estabelece um novo padrão para a produção enxuta, ressaltando a importância da automação e da resposta ágil às necessidades dos clientes. Assim, o E-Kanban se configura não apenas como uma solução técnica, mas como uma estratégia vital para a sustentabilidade e o crescimento das operações na indústria automotiva.

Os próximos passos e recomendações, após a implementação e digitalização das linhas de manufatura com o software do e-Kanban, seria:

- Análise de Dados gerados, trazendo inteligência para o Negócio. (Ex.: Análise de Tempo de Atravessamento real, monitoramento do WIP)

- Aplicação de modelos de *Machine Learning* e IA (Ex.: Número de Kanban flexível conforme comportamento do cliente/processo, planejamento de exóticos automática).
- Conexão dos processos e loopings de maneira digital (Ex.: Digital Twin, VSM Digital).

Referências

AHMAD, Muhammad Ovais; et al. **A survey on implementation of Kanban concepts using Relowisa for high pressure assembly in CBx pumps at Bosch Limited, Bangalore.** Disponível em: <https://1library.net/document/y9nr0odz-survey-implementation-concepts-relowisa-pressure-assembly-limited-bangalore.html> Acesso em: 27 out. 2024.

ANDERSON, D. J. **Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business.** Blue Hole Press, 2010.

BICHENO, J.; HOLWEG, M. **The Lean Toolkit.** 3. ed. Oxford: PICSIE Books, 2009.

COHEN, Y.; et al. **Challenges and opportunities of RFID in manufacturing.** Journal of Manufacturing Technology Management, v. 24, n. 3, p. 371-387, 2013.

GALSWORTH, J. **Visual Workplace/Visual Thinking: How to "See" and "Solve" Problems Fast.** Portland: Gower Publishing, 1997.

HIRANO, Hiroyuki. **JIT Implementation Manual: Volume 1.** Boca Raton: CRC Press, 2009.

HOHMANN, L. **Creating a Lean Culture: Tools to Sustain Lean Conversions.** 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2013.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory Physics.** Waveland Press, 2008.

KOH, S. C. L.; et al. **An evaluation of the effectiveness of e-Kanban in supply chain management.** International Journal of Production Research, v. 49, n. 12, p. 3683-3703, 2011.

KUMAR, A.; TIWARI, M. K. **Application of RFID system for the process control of distributed manufacturing system.** 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273706996_Application_of_RFID_System_for_the_Process_Control_of_Distributed_Manufacturing_System/link/5654776008aeafc2aabbd329/download Acesso em: 27 out. 2024.

LI, S.; O'NEILL, P. **The role of JIT in the performance of manufacturing firms: a literature review.** International Journal of Production Research, v. 53, n. 22, p. 6741-6759, 2015.

MILLER, S. **Visual Management for Lean Manufacturing.** New York: Productivity Press, 2017.

MISHRA, Satyajit; et al. **Implementation of Kanban system using Relowisa for managing production processes.** International Journal for Scientific Research and Development, v. 4, n. 6, p. 1394-1396, 2017.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production.** New York: Productivity Press, 1988.

PYKE, D. F.; COHEN, M. A. **Strategic Inventory Management.** In: **The Handbook of Logistics and Distribution Management.** Kogan Page Publishers, 2009.

SARI, K.; et al. **The impact of RFID on lean manufacturing: a case study in automotive industry.** Journal of Manufacturing Systems, v. 54, p. 146-156, 2020.

SARI, K.; PUSPOKAWEDHI, A.; NIMMO, W. **Implementation challenges of e-Kanban: a case study of supply chain management.** Supply Chain Management: An International Journal, v. 25, n. 2, p. 203-215, 2020.

SARKAR, S.; et al. **e-Kanban: a smart approach to manage inventory.** International Journal of Production Research, v. 54, n. 23, p. 7038-7047, 2016.

SHAH, R.; WARD, P. T. **Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance.** Journal of Operations Management, v. 21, n. 2, p. 129-149, 2003.

WANG, L.; et al. **A framework for e-Kanban implementation.** Journal of Manufacturing Systems, v. 43, p. 137-149, 2017.

WANG, Y.; et al. **Application of RFID technology in e-Kanban system for manufacturing.** International Journal of Production Research, v. 56, n. 8, p. 2941-2956, 2018.

WANT, R. **Enabling ubiquitous sensing with RFID.** IEEE Pervasive Computing, v. 5, n. 1, p. 28-35, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production.** New York: Free Press, 1990.

ZHENG, L.; ZHAO, Y. **Research on RFID-based Kanban management system in automotive manufacturing.** Journal of Intelligent Manufacturing, v. 28, n. 4, p. 949-961, 2017.

ZHENG, X.; ZHAO, J. **Integration of e-Kanban and ERP systems: a case study in the electronic manufacturing industry.** Journal of Manufacturing Technology Management, v. 28, n. 6, p. 754-770, 2017.