



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

30 a 02
de dezembro 2022

Estudo de caso: Aplicação do Lean Manufacturing para aumento da produtividade de uma operação gargalo e redução no tempo de setup

Stefany Richter

Centro Universitário Adventista de São Paulo - UNASP

Fabio Henrique Monteiro Vieira

Centro Universitário Adventista de São Paulo - UNASP

Robertson C. Panaino

Centro Universitário Adventista de São Paulo – UNASP

Klaus Soares

Centro Universitário Adventista de São Paulo – UNASP

Resumo

Este trabalho tem como finalidade descrever e analisar a utilização e a aplicabilidade do *lean manufacturing* em uma operação gargalo numa empresa do ramo automobilístico, onde o objeto de estudo se trata de uma máquina a qual busca-se trazer melhorias a sua performance produtiva e a diminuição do seu tempo de setup. Como objetivo principal, buscou-se estudar e aplicar ferramentas e métodos do *lean* para a melhoria dos processos da máquina estudada.

Para alcançar as melhorias desejadas, as ferramentas utilizadas foram: *Kaizen*, Metodologia 5S, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), Ciclo PDCA, Diagrama de *Ishikawa*, 5W2H e a Metodologia 5 porques. Os resultados obtidos foram satisfatórios, apresentando melhorias em todos os processos, aumentando a produtividade da máquina de 3100 peças/hora para 4302 peças/hora e obtendo a diminuição de seu tempo de setup de 16,5 minutos para 6 minutos.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, Performance, Melhoria.

Case study: Application of Lean Manufacturing to increase the productivity of a bottleneck operation and reduce setup time

Abstract:

The purpose is to describe and analyze the use and applicability of lean manufacturing in a bottleneck operation in an automotive company, where the object of study is a machine that seeks to bring improvements to its productive performance and decrease its setup time. The main objective was to study and apply lean tools and methods to improve the machine's processes.

To achieve the desired improvements, the tools used were: *Kaizen*, 5S Methodology, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), PDCA Cycle, *Ishikawa* Diagram, 5W2H, and the 5-Why Methodology. The results obtained were satisfactory, showing improvements in all processes, increasing the productivity of the machine from 3100 pieces/hour to 4302 pieces/hour and decreasing its setup time from 16.5 minutes to 6 minutes.

Keywords: Lean Manufacturing, Performance, Improvement.

1. Introdução

O Brasil e o mundo estão envolvidos em uma constante corrida, onde o vencedor é aquele que consegue entregar os melhores resultados, em um menor tempo e com a qualidade do produto ou serviço superior à do concorrente. E para que isso aconteça, as empresas vêm investindo recursos consideráveis em inovação, tecnologia e desenvolvimento com o intuito de se tornarem referência dentro do mercado, tornando seus produtos sobressalentes aos demais e alcançando, desta forma, a preferência dos consumidores. A competição acirrada no mercado, o alto custo de produção no Brasil, as crises que atingem não apenas o país, e sim, o mundo pressionando as empresas a serem mais eficientes com recursos reduzidos (ARBACHE, 2006).

De acordo com o Investe SP, o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) através do Programa Rota 2030, iniciativa federal destinado à cadeia automotiva, iniciaram um projeto objetivado no aumento da produtividade e o desenvolvimento tecnológico da indústria automotiva com um investimento de 30 milhões de reais. As principais linhas de trabalho desse projeto são: o desenvolvimento de competências, o incremento de produtividade da cadeia e aumento de recursos para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I).

Segundo o diretor nacional do SENAI, Rafael Lucchesi, estamos vivendo uma transformação do padrão tecnológico em todas as atividades econômicas, e na indústria automotiva isso está acontecendo de forma mais intensa. Há desafios no modelo de propulsão do automóvel, nos materiais, nas baterias, até no modelo de negócio. Tudo isso faz com que a agenda de inovação tenha importância central nessa indústria.

Levando em consideração tal cenário, o objetivo das empresas se resume em produzir mais com menos, evitando desperdícios e retrabalho e visando alta produtividade. Com isso predeterminado, o referido trabalho é contextualizado em uma operação gargalo da linha produtiva de uma empresa do ramo automotivo.

Portanto, esse artigo tem como objetivo aplicar as ferramentas do *lean manufacturing* em uma operação crítica, visando aumentar sua produtividade e reduzir o tempo de *setup*, de modo a tornar a empresa mais competitiva no mercado.

Este artigo está dividido em 5 seções, sendo elas: introdução, metodologia, referencial teórico, resultados de pesquisa e conclusão. Na introdução é apresentado a contextualização geral do assunto abordado, enquanto na metodologia se denota os meios para atingir o objetivo do trabalho. No referencial teórico será apresentado o embasamento do artigo, já os resultados de pesquisas serão apresentados todos os dados que tornaram possível atingir o escopo. Na conclusão serão apresentados os resultados obtidos e as melhorias que foram aplicadas nos processos.

2. Metodologia

Esta pesquisa tem um caráter explicativo, tendo como norte um estudo de caso com abordagem quantitativa aplicada a uma empresa no ramo automotivo localizada na região de Campinas, visando aumentar a produtividade de uma operação gargalo e reduzir o tempo de *setup* da máquina estudada.

De acordo com Gil (2008), a pesquisa explicativa identifica os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, sendo o tipo que mais aprofunda o conhecimento da realidade, explicando a razão, o porquê das coisas.

Segundo Yin (2005), o estudo de caso não deve ser confundido com uma pesquisa de caráter apenas qualitativo; uma vez que traz em seu propósito fundamental apresentar uma

reflexão analítica do contexto estudado, esse tipo de investigação tem muito a contribuir no campo da pesquisa avaliativa.

Os dados da seguinte pesquisa foram coletados mediante análise da interface homem máquina da empresa, a fim de obter um histórico verídico e assertivo da produtividade e dos tempos de *setup*. Além disso, foi analisado o processo gargalo na produção com diferentes operadores para garantia de um resultado coerente e bem fundamentado. Os passos do seguinte trabalho são descritos por meio da Figura 1.

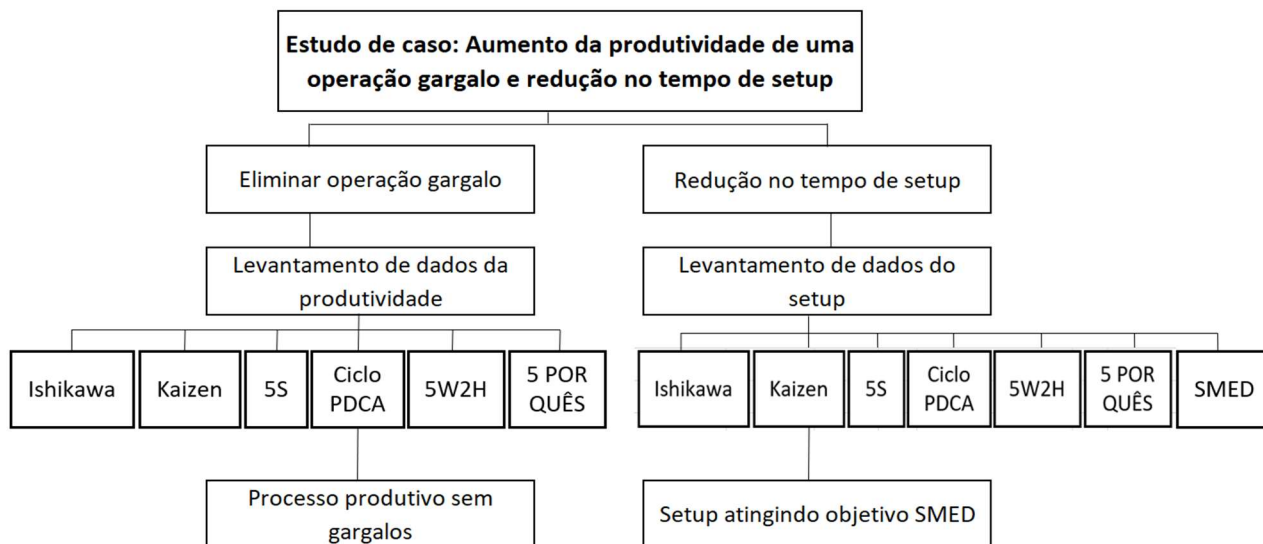


Figura 1- Métodos Fonte: Autores

Ambas as frentes de pesquisa estudadas neste artigo serão submetidas a metodologia *Lean Manufacturing*, pois ela possibilita a identificação dos impasses, bem como o desenvolvimento da causa raiz e a elaboração de uma solução eficiente e duradoura. Todos os resultados obtidos, serão denotados por meio de gráficos antes e depois das mudanças implementadas.

3. Referencial Teórico

3.1 Lean Manufacturing

O conceito de *Lean* se iniciou mediante a sistemática *Toyota*, uma empresa pioneira no ramo automotivo, tal sistema é comumente conhecido como Toyotismo ou STP (Sistema *Toyota* de Produção). O STP foi desenvolvido entre os anos de 1974 e 1975, a fim de fornecer a melhor qualidade com menor custo e com o menor prazo através eliminação dos desperdícios.

Segundo Cruz (2013), a filosofia do *Lean Manufacturing* tem como principal objetivo a eliminação de desperdícios e conseqüentemente unir as etapas que realmente acrescentam valor ao produto. De acordo com Ohno (1997), a eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida.

O conceito do *Lean* é uma combinação de técnicas gerenciais, diferindo tanto da produção artesanal quanto em massa, de modo que combine as vantagens de ambos os modelos produtivos, isto é, evita o alto custo de toda a produção artesanal e torna o processo mais flexível, antagônico à produção em massa.

Segundo Cruz (2013), algumas das técnicas usualmente utilizadas pelas empresas são o *Kaizen*, o *Single Minute Exchange of Die* (SMED), os 5S entre outras. Estas técnicas têm como objetivo eliminar desperdícios e promover a melhoria nas mais diversas áreas.

3.2 Ferramentas do Lean

Neste subcapítulo será realizada uma breve descrição das técnicas que fazem parte da filosofia *Lean*.

3.2.1 Kaizen

O *kaizen* é considerada a ferramenta mais poderosa da administração, pois busca melhoria contínua ao mesmo tempo que envolve todos os colaboradores da empresa. Não somente isso, ele é uma ferramenta muito utilizada para eliminação de desperdícios, de modo que aumente o nível da qualidade, o desenvolvimento dos colaboradores e até mesmo a conduta pessoal. Alguns prós do *kaizen* estão atrelados a redução dos custos de projetos, fabricação, estoque e logística com um investimento baixo.

Gilmore (1990), afirma que a melhoria contínua é a integração das filosofias organizacionais, técnicas e estruturais para atingir a melhoria de desempenho sustentável em todas as suas atividades, de forma ininterrupta e constante.

Segundo Mesquita (2006), o *kaizen* é baseado em um sistema simples de resoluções dos problemas. O erro de muitas estratégias de qualidade é de se concentrarem em sistemas muito formais no combate ao desperdício. Na verdade, a metodologia *kaizen*, não está ligada à ideia de sofisticação, mas a razões simples e baratas, unidas ao bom senso.

Imai (1986), defende os valores que representam os verdadeiros princípios de funcionamento que garantem os bons resultados de qualquer atividade de melhoria contínua, tais como criar valor para o cliente, o envolvimento das pessoas, a eliminação dos desperdícios, ir para o *gemba* e a gestão visual.

A criação de valor para o cliente, aponta que o cliente deve ser a prioridade de toda a empresa, de modo que todos os colaboradores trabalhem juntos para atingir esse objetivo. Segundo Guedes (2008), uma organização deve rejeitar qualquer ação que não aumente valor para o cliente, procurando sempre a perfeição e que elimine todo o desperdício que possa ocorrer nos processos de produção.

O desenvolvimento das pessoas através do envolvimento é uma crença muito forte para a melhoria contínua. Para cada hábito existe um grupo de pessoas que vai ter de adotar novos hábitos, abandonando os anteriores. Desde os diretores aos operadores, todos necessitam de ser envolvidos, de forma a estarem aptos a adotar novos hábitos (PINTO, 2009).

A eliminação de desperdícios está relacionada a identificação dos 3 “Mus” (*Muda*, *Mura* e *Muri*). Segundo Pinto (2009), o termo *muda* se refere a tudo o que não acrescenta valor e, como tal, deve ser reduzido ou eliminado, isto é tudo o que o cliente não deseja pagar.

O termo *mura* são às inconsistências ou às irregularidades que devem ser eliminadas através da adoção do sistema *Just-In-Time* procurando fazer apenas o necessário e quando pedido. O termo *muri* diz respeito a insuficiência ou do excesso que deverá ser eliminado pela padronização dos processos (PINTO, 2009).

Os métodos utilizados no *gemba*, lugar onde ocorre o trabalho que agrega valor, (Imai, 1996), têm por finalidade desenvolver um trabalho em grupo, de forma a identificar os problemas e suas causas de modo a propor soluções, padronizar os processos e acompanhar os resultados para garantir a concretização das metas estabelecidas, assim obtendo a melhoria constante.

Segundo Imai (2010), a gestão visual é uma poderosa ferramenta, uma vez que 83% da informação que os seres humanos recolhem é através da visão. O objetivo da gestão visual é evidenciar anomalias e facilitar a comunicação, permitindo transmitir a informação de forma rápida e fácil a todas as pessoas.

3.2.2 Metodologia 5S

A sigla 5S deriva das palavras japonesas *Seiri*, *Seiton*, *Seison*, *Seiketsu* e *Shitsuke*.

Seiri (Separar): Envolve a separação dos materiais que não são úteis, ou seja, descartar o que não é necessário. Por exemplo, uma matriz de forja na mesa do escritório é um item desnecessário, de mesmo modo se a mesma estivesse numa célula de forjamento seria um item inerente ao local.

Seiton (Arrumar): Após o descarte dos itens desnecessários, é importante implementar o conceito de organização como: a identificação de cada item, a alocação específica do material e então uma padronização. Por exemplo: Demarcar o local ideal para o teclado, mouse, monitor e CPU na mesa do escritório.

Seison (Limpar): A limpeza do posto de trabalho vem como uma metodologia para manter o ambiente agradável a todos, deste modo próximo ao posto de trabalho deve haver o material de limpeza adequado para manter a limpeza do setor.

Seiketsu (Normalizar): A normalização das etapas anteriores, tornando-as parte da rotina, como uma norma empresarial que deve ser seguida por todos os colaboradores em todos os setores da empresa.

Shitsuke (Manutenção): A manutenção de todos os pontos levantados nos tópicos anteriores, como forma de auditoria verificando se está ocorrendo a implementação do conceito 5S no local.

Segundo Moulding (2010), a aplicação dos 5S consiste num conjunto de técnicas que se concentram em melhorar a rentabilidade, eficiência e segurança dos processos que contribuem para a redução do desperdício de todos os tipos.

3.2.3 Single Minute Exchange of Die (SMED)

O SMED foi desenvolvido por Shigeo Shingo no final dos anos 80, a metodologia baseia-se em um conjunto de técnicas que possibilitam a preparação de máquinas no mínimo tempo possível. Além de melhorar o processo de preparação e fornecer uma redução no tempo de preparação (CAKMAKCI, 2009).

Segundo Cruz (2013), Shingo aquando do desenvolvimento do método, estabeleceu que existiam duas categorias de operações de *setup*, o *setup* interno e o *setup* externo. Fazem parte do *setup* interno todas as operações que apenas podem ser efetuadas com a máquina parada. Por sua vez, o *setup* externo engloba todas as operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Portanto, para aplicabilidade desta metodologia, Shingo definiu estágios como a imagens a seguir, sendo posteriormente descrita.

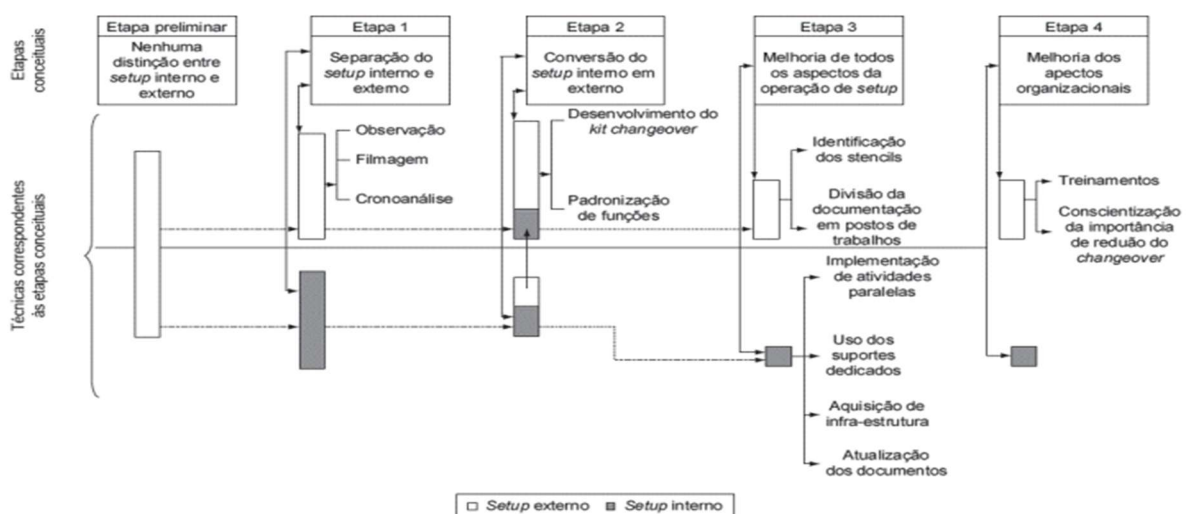


Imagem 1 – Metodologia SMED desenvolvida por Shingo (1989) Fonte: Cruz (2013).

3.2.4 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, é uma ferramenta de gestão que visa melhorar e controlar os processos e produtos de forma contínua, estando fundamentado em um ciclo, com atividades planejadas e recorrentes, para melhorar os resultados e/ou atingir as metas estabelecidas. Tem por princípio tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na execução da gestão, identificando as causas dos problemas e as soluções para os mesmos (ALVES, 2015).

De acordo com Campos (2004), o PDCA é utilizado para a solução de problemas e atingir metas de forma contínua. Este método é composto por oito etapas: identificação do problema, observação do problema, análise do processo, plano de ação, ação, verificação, padronização e conclusão. A sigla PDCA significa:

Plan (Planejamento): Neste estágio é primordial a definição de metas e identificação dos impasses, de modo que se estabeleça um plano de ação para a resolução dos problemas levantados.

Do (Execução): Nesta etapa tem como objetivo a realização de todas as atividades que foram planejadas anteriormente, ou seja, colocar em prática o planejamento.

Check (Verificação): Na etapa de verificação deve ser realizadas análises dos resultados obtidos, além de comparativos de antes e depois para obter uma visão holística do processo.

Act (Agir): Por último, refere-se à atuação sobre o plano executado, melhorando-o se necessário ou promovendo uma melhoria dos processos. Nesta fase, é possível criar padronizações mediante aos resultados positivos obtidos na etapa anterior.

3.2.5 Diagrama de Ishikawa

Entre as diversas ferramentas da qualidade está o *Ishikawa*, também conhecido como diagrama espinha de peixe ou de causa e efeito. O diagrama de *Ishikawa* permite identificar as principais causas de problemas, indicando ainda suas sub causas, de forma a demonstrar que vários fatores podem ser comuns entre si e se relacionar. Essa ferramenta não identifica necessariamente a causa do problema, porém, permite que se tenha o máximo de foco possível na organização das causas possíveis do problema, organizando a busca pela sua identificação (ANTÓNIO; TEIXEIRA; ROSA, 2016).

Segundo Miguel (2006), o Diagrama de *Ishikawa* consiste em uma ferramenta em uma forma gráfica usada como análise para representar fatores de influência (causas) sobre um determinado problema (efeito).

Tal diagrama pode ser elaborado através da determinação o problema a ser estudado, relatar sobre as possíveis causas e registrá-las no diagrama agrupando as causas em “6M” (Mão de obra, Máquina, Medida, Matéria-prima, Método e Meio-ambiente), analisar o diagrama, a fim de identificar as causas verdadeiras e a correção do problema.

3.2.6 5W2H

A ferramenta elenca os principais itens para a elaboração de um “Plano de Ação” e é aplicado para estruturar as informações e auxiliar a tomar decisões em um planejamento (NAKAGAWA, 2014). Segundo Deolino (2011), o objetivo de mostrar claramente todos os aspectos que devem ser definidos em um plano de ação. O método consiste em responder sete perguntas básicas para programar soluções (WERKEMA, 2012).

Segundo Nakagawa (2014), a ferramenta pode ser resumida em 7 tópicos descritos abaixo:

What: O que – O que será desenvolvido (ação, problema ou desafio);

Why: Porquê – Porque deve ser executado (justificativa, explicação) *Who*: Quem – Quem será o responsável pela execução;

Where: Onde – Onde é desenvolvido o problema/ação/desafio;

When: Quando – Quando deve ser executado (cronograma, prazo);

How: Como – Como deve ser conduzido (etapas, procedimentos);

How much: Quanto – Quanto custará para executar.

3.2.7 Metodologia 5 PORQUES

O método dos 5 porquês é uma abordagem científica utilizada para chegar à verdadeira causa raiz do problema, que geralmente está escondida através de sintomas óbvios (OHNO, 1997).

Weiss (2011) descreve de forma simplificada os 5 passos que devem ser dados para aplicar o método: (i) Inicie a análise com a afirmação da situação que se deseja entender, ou seja, deve-se iniciar com o problema; (ii) Pergunte por que a afirmação anterior é verdadeira, (iii) Para a razão descrita que explica por que a afirmação anterior é verdadeira, pergunte por quê novamente, (iv) Continue perguntando por quê até que não se possa mais perguntar mais por quês e (v) Ao cessar as respostas dos por quês significa que a causa raiz foi identificada.

4. Pesquisa de Campo e Resultados

A empresa estudada atua no ramo automobilístico como fornecedora de conjuntos de peças para montadoras. O estudo foi direcionado para um conjunto de peças específico fornecidos para uma montadora em Betim –MG, sendo este o principal cliente.

O primeiro passo foi realizar a análise dos principais KPIs produtivos, mantendo uma visão holística e real dos problemas produtivos. Após análise do *OEE (Overall Equipment Effectiveness)*, ficou explícito que o setor de montagem dos componentes era o gargalo produtivo, ou seja, o setor com menor produtividade, conforme indica a tabela abaixo.

PRODUTIVIDADE - ANTES							
FORJA	DOBRA	TRATAMENTO TÉRMICO	JATEAMENTO	PINTURA	RETOQUE	MONTAGEM	EMBALAGEM
4300	4.308	4.305	4.306	4.298	4.301	3.100	4.303

Tabela 1 – Produtividade – Antes Fonte: Autores

Outro ponto denotado foi o tempo de *setup*, o qual estava ultrapassando a margem máxima de um dígito, conforme a filosofia SMED do *Lean Manufacturing*, além de todas as operações ocorrerem

Deste modo, a produtividade da montagem de componentes e *setup* da máquina seriam as principais linhas de pesquisa a serem desenvolvidas. Assim, junto com a empresa foi definido que a filosofia a ser seguida seria o *Lean Manufacturing*, pois o mesmo já estava intrínseco nos valores e na missão da empresa estudada.

Após a definição das problemáticas, o processo de montagem foi estudado detalhadamente mediante ao gráfico de operação padrão, tanto do processo de fabricação quanto do *setup*. Através do estudo foi denotado que o tempo de ciclo para a operação de montagem era de 24,5 segundos, enquanto o tempo total de *setup* era de 16,5 minutos.

Mediante aos dados obtidos, foi realizado um estudo das possíveis causas, as ferramentas utilizadas foram *Ishikawa* e 5 Porquês, a fim de entender os motivos do tempo alto de montagem e tempo alto de *setup*.

Quanto ao *Ishikawa* da montagem, foram levantadas as possíveis causas: o tempo gasto com inspeção de peças, tempo ciclo de máquina elevado, dificuldade para destacar a etiqueta do rolo e tempo de espera para troca do carrinho.

O *Ishikawa* do *setup* evidenciou os seguintes tópicos: o tempo elevado para retirada do ferramental, dificuldade para soltar os parafusos de fixação, excesso de movimentação para buscar os ferramentais e excesso de tempo para posicionar.

Os 5 Porquês da montagem foi baseado nos problemas levantados mediante o digrama de *Ishikawa*, tendo como causa suspeitas um erro no padrão de inspeções, sendo diferentes nos diferentes documentos da empresa, sem separação das atividades do ciclo externo, sem destacador automático para etiquetas o conjunto e uma falha na gestão visual para troca de carrinhos, conforme a tabela abaixo apresenta.

5 POR QUÊS - MONTAGEM					
PROBLEMA	Tempo gasto com de inspeções peças	Tempo ciclo da máquina elevado	Dificuldade para destacar a etiqueta do rolo	Tempo espera para troca de rack/carrinho	Excesso de tempo para abertura de buchas
PQ?	Existe uma variação de frequência de inspeção entre os produtos	Excesso de operações no ciclo interno da máquina	Excesso de tempo para destacar a etiqueta.	Existe um tempo de espera para que o líder realize a troca	Operador perde muito tempo com a abertura dos componentes
PQ?	Existe especificações diferentes para cada produto	Todas as atividades são realizadas no ciclo interno da máquina	Destacamento da etiqueta manual	Há dificuldade para o líder visualizar quando existe a necessidade	Utiliza o sistema de pico de pato para fazer essa operação
PQ?	Problemas em lotes anteriores em produtos específicos	Não existe separação das atividades que podem ser realizadas no ciclo externo	Não temos um sistema automático de destacamento da etiqueta.	Não existe gestão visual para alertar líder da necessidade de troca	Sistema utilizado quando os componentes vinham fechadas
PQ?	Padrões diferentes em cada produto				
PQ?					
Causa Suspeita	Padrões diferentes em cada produto	Não existe separação das atividades que podem ser realizadas no ciclo externo	Não temos um sistema automático de destacamento da etiqueta.	Não existe gestão visual para alertar líder da necessidade de troca	Não foi analisado nova configuração dos componentes

Tabela 2: 5 Por quês – Montagem Fonte: Autores

Os 5 porquês do *setup* seguiram a mesma lógica da anterior, mas tendo como causas suspeitas levantadas a quantidade de parafusos utilizados para fixação do ferramental, instrumentos manuais ineficientes, *layout* inapropriado e falta de um sistema *poka yoke* no ferramental.

5 POR QUÊS - SETUP					
PROBLEMA	Tempo elevado retirar o ferramental	Dificuldade para soltar os parafusos de fixação	Excesso de movimentação para buscar os ferramentais	Excesso de tempo para posicionar os ferramentais	Excesso de tempo para fixação dos sensores
PQ?	Dificuldade para a retirada dos parafusos	Existe uma limitação de acesso aos parafusos	Operador caminha um percurso grande para buscar a ferramenta	Dificuldade centralizar a ferramenta	Devido ao modelo do sensor utilizado
PQ?	Devido ao método de fixação	Não existe uma ferramenta desenvolvida para o trabalho	Ferramenta fica atrás da máquina	Sistema de centralização depende do felling do operador	Operador perde muito tempo rosqueando a tomada no sensor
PQ?	Existe uma quantidade grande de parafusos	Ferramentas manuais padrão não são eficientes para a operação	Devido ao lay out atual	Não existe top para limitar a posição da ferramenta	Não existe engate rápido dos sensores
PQ?					
PQ?					
Causa Suspeita	Grande quantidade de parafusos para fixar o ferramental	Ferramentas manuais padrão não são eficientes para a operação	Layout atual inapropriado	Não existe top para limitar a posição da ferramenta	Não existe engate rápido dos sensores

Tabela 3: 5 Por quês – Setup Fonte: Autores

Então, com todas as causas suspeitas já levantados o plano de ação foi elaborado através da ferramenta 5W2H, tanto para a montagem quanto para o *setup*. Para a montagem foram definidas 4 atividades como a modificação do documental, separação das atividades externas e internas, criação da gestão visual no setor e instalação da máquina destacadora, para essas operações não teve nenhum tipo de custo envolvido, pois a máquina já estava na empresa sem uso. A tabela abaixo detalha as informações do plano.

PLANO DE AÇÃO (5W2H) Montagem						
What (o que será feito?)	Why (por que será feito?)	Where (onde será feito?)	When (quando?)	Who (por quem será feito?)	How (como será feito?)	How much (quanto vai custar?)
Modificar Foi para reduzir número de inspeções	Para reduzir o número de inspeções	Montagem	15/08/2022	Qualidade	Alterando frequência de inspeção	SEM CUSTOS
Separar atividades internas e externas de montagem	Confeccionando dispositivo para realizar atividades externas do ciclo de montagem	Montagem	31/08/2022	Ferramentaria	Implementar dispositivo para realizar atividades externas	SEM CUSTOS
Criar gestão visual para o Gap Leader	Para alertar sobre a necessidade de troca de carrinhos / rack	Montagem	31/07/2022	Manutenção	instalar sinal luminoso	SEM CUSTOS
Instalar máquina para destacar etiquetas	reduzir o tempo de colagem da etiqueta	Montagem	31/08/2022	Manutenção	Testar máquina de backup da linha de molas	SEM CUSTOS
Comprar máquina para destacar etiquetas	reduzir o tempo de colagem da etiqueta	Montagem	15/10/2022	Manutenção	Implementar máquina na célula	SEM CUSTOS
Eliminar utilização do bico de pato	reduzir tempo de montagem	Montagem	10/09/2022	Segurança	Eliminando operação de abertura no bico de pato	SEM CUSTOS

Tabela 4: 5W2H – Montagem Fonte: Autores

O plano de ação do *setup* envolveu 4 atividades com custos totais de R\$3.640,00, distribuídos entre a modificação da fixação do ferramental, adquirir a parafusadeira automática, modificação do *layout* e modificação da fixação das ferramentas. A tabela abaixo detalha as informações do plano.

PLANO DE AÇÃO (5W2H) Setup						
What (o que será feito?)	Why (por que será feito?)	Where (onde será feito?)	When (quando?)	Who (por quem será feito?)	How (como será feito?)	How much (quanto vai custar?)
Modificar sistema de fixação do ferramental	Para diminuir o tempo de retirada e fixação no setup	Montagem	05/05/2022	Ferramentaria	Modificando o sistema atual de fixação	R\$ 1.000,00
Implementar parafusadeira para facilitar o setup	Para aumentar a velocidade da troca	Montagem	12/06/2022	Kaizen/ Produção	Instalando para fusadeira	R\$ 2.000,00
Modificar lay out	Para diminuir o tempo de caminhada para buscar ferramentas	Montagem	15/06/2022	Kaizen/ Produção	mudando posição de armazenamento dos carrinhos de ferramentas	SEM CUSTOS
Instalação sensor com engate rápido	Para reduzir o tempo de fixação dos sensores no dispositivo	Montagem	01/08/2022	Manutenção	Trocando o tipo de engate dos sensores	R\$ 40,00
Modificar sistema de centralização das ferramentas	Para diminuir tempo de centralização da ferramenta	Montagem	31/07/2022	Ferramentaria	modificando guias e implantando top para as ferramentas	R\$ 600,00

Tabela 5: 5W2H – Setup Fonte: Autores

Mediante aos dados apresentados anteriormente, algumas contramedidas foram implementadas quanto ao tempo de ciclo da montagem, em um primeiro momento foi desenvolvido um dispositivo de pré-montagem para posicionar os componentes, o objetivo é utilizá-lo durante o ciclo da máquina. Outra contramedida foi a instalação de um dispositivo luminoso para alertar o líder para troca de carrinhos e a instalação da destacadora de etiquetas.

O tempo de ciclo de montagem, após todas as modificações realizadas passou de 24,5 segundos para 15 segundos, ou seja, uma redução de 9,5 segundos. Após dois lotes produtivos foi possível observar que houve uma redução de 38,8% no tempo de ciclo e um aumento de 1202 peças/hora na produtividade, conforme a tabela abaixo.

PRODUTIVIDADE - DEPOIS							
FORJA	DOBRA	TRATAMENTO TÉRMICO	JATEAMENTO	PINTURA	RETOQUE	MONTAGEM	EMBALAGEM
4300	4.308	4.305	4.306	4.298	4.301	4.302	4.303

Tabela 6: Produtividade – Depois Fonte: Autores

Com isso, foi possível atingir o objetivo principal da montagem, a eliminação do gargalo produtivo, deixando todos os processos parelhados com uma média de 4300 peças/horas. O aumento de 1202 peças/hora representa 750.048 peças a mais que podem ser produzidas mensalmente, o que facilitou o *Milk Run* que antes era 2 vezes por semana e após as mudanças, pode ser realizado quinzenalmente.

Na operação de *setup* foram implementadas contramedidas quanto ao *layout* da célula de montagem, o sistema de fixação utilizando parafuso único e guias de centralização no ferramental, um sensor de tomada *stick* de engate rápido, instalação do sistema *andom*, além da separação entre *setup* internos e externos. Deste modo, o tempo de total de *setup* passou de 16,5 minutos para 6 minutos, atingindo o objetivo SMED. Outras melhorias realizadas no *gemba* foram feitas mediante a metodologia 5S que permitiu que houvesse um padrão de organização, limpeza e disciplina na célula de montagem, delimitando no chão o local de cada componente como a máquina e o carrinho.

5. Conclusões

O cenário hodierno da indústria automotiva no Brasil está objetivado em produzir mais com menos recursos e com qualidade total. Deste modo, o presente trabalho tem como escopo aumentar da capacidade produtiva e redução no tempo de *setup* através aplicabilidade das ferramentas *Lean Manufacturing*.

Após a implementação das ferramentas do *lean manufacturing*: *Kaizen*, Metodologia 5S, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), Ciclo PDCA, Diagrama de *Ishikawa*, 5W2H e a Metodologia 5 porques, assim foi possível aumentar a produtividade de 3100 peças/hora para 4302 peças/hora, pareando os níveis de produtividade da linha de produção. Além disso, o *setup* teve seu tempo reduzido de 16,5 minutos para 6 minutos, atingindo o objetivo e se enquadrando na filosofia SMED.

Portanto, fica claro que a metodologia *Lean Manufacturing* e suas ferramentas podem reduzir gargalos produtivos, aumentar a produtividade e diminuir o tempo de *setup*, ou seja, a empresa se torna mais competitiva frente aos seus concorrentes.

O presente artigo se objetivou em uma operação do processo de produção, de modo que as ferramentas do *lean* sejam utilizados apenas como manutenção do processo, porém devido as limitações de tempo, não foi realizado análises do processo como um todo. Deste modo, é sugerido a aplicação do CEP (Controle Estatístico do Processo), além de uma

análise de VSM (*Value Stream Mapping*) e/ou demais ferramentas para controle e consequentemente melhorias no processo produtivo como um todo.

6. Referências

- ALVES, A. C. **Projecto dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto**. Tese de Doutorado em Engenharia e Produção de Sistemas. Portugal, 2006. Escola de Engenharia. Universidade do Minho.
- BARRETO, Victor H.P; BONAMIGO, Andrei; WERNER, Steffan M. **Aplicação do Lean Manufacturing como estratégia para mitigar problemas em uma indústria automotiva**. Conbrepro: X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Niterói, 2020.
- CARREIRA, B. **Lean Manufacturing That Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits**. New York: AMACOM. 2005.
- CESAR, Hebert S.M; PORTOUSCHEG, André L.O; PASCOAL, Erik T; VENUTO, Theresa C.G. **A Metodologia Lean Six Sigma aplicada na gestão de estoque em uma empresa de materiais de construção**. XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 2021.
- COSTA, Taiane Barbosa da Silva*; MENDES, Meirivone Alves. **Análise da causa raiz: utilização do diagrama de Ishikawa e método dos 5 porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura**. X SIMPROD. Pará, 2018.
- CRUZ, Nuno M.P. **Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos**. Portugal, 2013. Tese (Mestrado) - Universidade do Minho Escola de Engenharia.
- DINIS, Claudia. **A Metodologia 5S e Kaizen Diário**. Coimbra, 2016. Dissertação (Mestrado) - Politécnico de Coimbra.
- EMERENCIANO, Marcos A.M.J; DANTAS, Mísia M.; LOPES Rodrigo S. **Aplicação da metodologia SMED para redução do tempo de setup em uma indústria de bobinas plásticas**. XXXVII Encontro nacional de Engenharia de Produção: Enegep 2017. Joinville, 2017.
- FONSECA, Luciana; RIBEIRO, Rita; REIS, Rosa; MESQUITA, Kelly. **A FERRAMENTA KAIZEN NAS ORGANIZAÇÕES**. XII Congresso Nacional de excelência em gestão & III Inovarse – Responsabilidade Social Aplicada, 2016.
- FONTES, Érica G.; LOOS, Mauricio J. **Aplicação da metodologia Kaizen: um estudo de caso em uma indústria têxtil do centro oeste do Brasil**. Revista Espacios, v.38, n.21, p.6, 2017.
- GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GUIMARÃES, Elessandra Lima. **Aplicação do diagrama de Ishikawa na central de material esterilizado para a reorganização do setor**. Belo Horizonte, 2019. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Minas Gerais.
- MAICHAKI, Márcia V.; BUENO, Tales G.D; NOVELLO, Daiana. Avaliação do perfil alimentar de adolescentes relacionado ao consumo de gorduras e fibras. **Revista Uniabeu**, Belford Roxo, v.7, n.17, 2014.
- MARTINS, Thayna S.C; LAZARIN, Daniel F. **A Aplicação de ferramentas da qualidade em uma empresa do setor terciário**. XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, 2021.
- MINEIRINHOS, M.; OSÓRIO, A. O estudo de caso como estratégia de investigação em educação. **Revista de educação: Eduser**, v.2, 2010.
- PACHECO, Diego A.J. Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. **Production Produção**, v. 24, n. 4, p. 940-956, 2014.
- PEIXOTO, Lauro L.W. **O Método de Estudo de Caso na Metodologia da Pesquisa Científica e o Método de Caso no Processo Didático de Ensino Aprendizagem: Uma**

análise comparativa entre suas características, suas vantagens e desvantagens. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia: XVI Seget. 2019.

PINTO, Emilia C. V. **Kaizen como filosofia de Melhoria Contínua na Direção de Serviços Administrativos da SONAE.** Porto, 2015. Dissertação (Mestrado) - Instituto Politécnico do Porto.

PLAGANGE, Atul; DHATRAK, Pankaj. Lean manufacturing a vital to enhance productivity in manufacturing. **Materials Today: Proceegings**, India, 2021.

RIANI, Aline Mattos. **ESTUDO DE CASO: O Lean Manufacturing aplicado na-Becton Dickinson.** Juiz de Fora, 2006. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System.** Cambridge: Productivity Press, 1985.

SILVA, André L.; OLIVEIRA, E. S.; BORGES, J.A; MAIA, P.H.M; FRUCTUOZO, R.A; TORRICELLI, T.A; PERREIRA, L.C. Implantação do Diagrama de Ishikawa no Sistema de Gestão da Qualidade de uma empresa de fabricação termoplástica, para resolução e devolutiva de relatórios de não conformidade enviados pelo cliente. **Revista Gestão em Foco**, Amparo, p.387, 2018.

SUGAI, M.; MCINTOSH, R.I; NOVASKI, O. **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso.** Gest. Prod., São Carlos, v.14, n.2, p. 323-335, 2007.