



# ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01 de dezembro 2023

## Otimização de uma Linha de Produção de Mangueiras Automotivas

**Thaís Regina Nascimento e Silva.**

Programa de Graduação em Engenharia de Produção - Unicesumar

**Maria Carolina Pariz**

Programa de Graduação em Engenharia de Produção - Unicesumar

**Resumo:** O seguinte trabalho tem como objetivo identificar as causas geradoras de desperdícios na linha produtiva de *Heat cooling System* (HCS) em uma empresa fornecedora de produtos técnicos de borracha e especialista em tecnologia de plásticos para veículos, máquinas, trânsito e transporte. Para isso, foi utilizado um *kaizen*, representado pelo *template* de um relatório A3, combinado ao diagrama de espaguete para explorar os desperdícios de movimentação e transporte e a simulação do processo utilizando o software Arena a fim de identificar e analisar a situação atual do sistema produtivo e, a partir deste, propor melhorias. A simulação do processo realizada possibilitou a identificação de oportunidades de melhorias na área de abastecimento da linha por meio do aumento de quantidade de caixas pequenas e aproximação das mesmas à linha de montagem. Ao simular a proposta de estado futuro no Arena, o relatório apresentou uma melhoria de 8,6% na quantidade de produtos acabados e redução no tempo de atravessamento da linha. As melhorias propostas possibilitaram a produção de 63 peças a mais por turno. Com base na simulação, pode-se concluir que a melhoria no processo oferece uma segurança maior em relação a meta de produção diária, produz mais em menos tempo e mitiga duas formas de desperdício, melhorando o desempenho da organização.

**Palavras-chave:** Arena, *Kaizen*, Simulação de Processos.

## Optimization of an Automotive Hose Production Line

**Abstract:** The following work aims to identify the root causes of waste in the production line of Heat Cooling System (HCS) in a company specializing in technical rubber products and plastics technology for vehicles, machinery, traffic, and transportation. To achieve this goal, a Kaizen approach was employed, represented by an A3 report template, combined with a spaghetti diagram to explore movement and transportation waste. Additionally, process simulation using Arena software was utilized to identify and analyze the current state of the production system and propose improvements. The process simulation identified opportunities for improvement in the supply area of the line by increasing the quantity of small boxes and bringing them closer to the assembly line. When simulating the proposed future state in Arena, the report demonstrated an 8.6% improvement in the quantity of finished products and a reduction in lead time. The proposed improvements allow for the production of 63 more pieces per shift. Based on the simulation, it can be concluded that the

process improvement provides greater confidence in meeting the daily production target, produces more in less time, and mitigates two forms of waste, ultimately enhancing the organization's performance.

**Keywords:** Arena. Kaizen. Process Simulation.

## 1. Introdução

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), quando ocorrem crises econômicas, as indústrias automotivas são muito afetadas. Nesse sentido, a fim de minimizar os impactos dessas situações, as empresas têm buscado implementar programas de melhoria contínua voltados à redução de custos, os quais têm se mostrado bastante eficazes.

Tais programas visam obter benefícios nos processos produtivos por meio do aumento de produtividade, melhorias na qualidade dos produtos, ganhos em ergonomia, meio ambiente e, principalmente, retorno financeiro (SANTOS & PEREIRA, 2020). Melhorar de forma continuada o desempenho, produtividade e eficiência de colaboradores, produtos e serviços, é uma forma de melhorar indicadores empresariais e reforçar o desenvolvimento (LOPES, 2014).

O conceito de Melhoria Contínua se refere a um conjunto de atividades que formam um processo de raciocínio e intervenção em problemas para a melhoria de desempenho (JHA et al., 1996). Este, por meio do envolvimento e desenvolvimento dos colaboradores, visa criar uma cultura de melhoria sustentável e eliminar desperdícios em todos os sistemas e processos organizacionais afim de aprimorar a eficiência, qualidade e satisfação do cliente em qualquer negócio (BHUIYAN et al., 2006).

Existem várias maneiras de aprimorar os sistemas de produção, sendo uma delas a Manufatura Enxuta, também conhecida como *Lean Manufacturing*, uma abordagem que busca constantemente aprimorar o valor agregado ao produto sob a perspectiva do cliente por meio da implementação de estratégias para eliminar desperdícios, o que pode melhorar significativamente o desempenho da organização (SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; SUNDAR; BALAJI; KUMAR, 2014). Desperdícios referem-se a tarefas que não agregam valor ao produto final para o cliente, conforme definição de (ORTIZ, 2006). Logo, a identificação e eliminação dos desperdícios são fundamentais para aprimorar a qualidade e reduzir os custos de um processo, contribuindo para o sucesso de uma organização.

As empresas utilizam as técnicas de *Lean Manufacturing* para identificar e eliminar desperdícios, reduzindo os custos de produção. O *Lean Manufacturing* reconhece sete tipos de desperdícios: superprodução, superprocessamento, elevados inventários, movimentação, transporte, espera e defeitos, como salientado por Ohno (1988). Mais tarde, na década de 1990, introduziu-se o oitavo desperdício, "Habilidades", quando o sistema Toyota de produção adentrou ao ocidente (SANDER, 2019).

O *Lean Manufacturing* possui várias ferramentas associadas e que são utilizadas para identificar os desperdícios presentes nos sistemas de produção. Com base nesses conceitos, esta pesquisa propõe a análise de um processo de montagem de mangueiras de borracha com *clamp* pino granada em uma empresa que oferece produtos para veículos, máquinas, trânsito e transporte. O objetivo geral é identificar as causas geradoras de desperdícios na linha produtiva de *Heat Cooling System* (HCS) a partir do desenvolvimento de um *kaizen*, representado pelo *template* de um relatório A3 e simulado utilizando o software Arena. Ainda, serão aplicados os princípios do *Lean Manufacturing* junto ao diagrama de espaguete para analisar a situação atual e, a partir deste, propor melhorias embasadas pela simulação do processo produtivo.

## 2. Materiais e Métodos

O presente trabalho engloba a análise de um processo produtivo em uma empresa fornecedora de produtos técnicos de borracha e especialista em tecnologia de plásticos, a saber, a maior empresa fabricante de produtos de borracha na cidade de Ponta Grossa.

A organização desenvolve e produz peças funcionais, componentes e sistemas para maquinaria e engenharia de instalações, à extração, à indústria automotiva e outras indústrias importantes, além de ser reconhecida como uma das maiores fabricantes mundiais de pneus para passageiros no mercado de equipamentos originais e de reposição. Seu objetivo é tornar a mobilidade mais limpa, segura, inteligente e acessível para todos. A organização conta com uma área denominada HCS (*Heat cooling System*), onde ocorre a produção de componentes de direção hidráulica. O produto é composto pela mangueira de borracha, manga e “*clamp* pino granada” nas extremidades. A fim de identificar e solucionar o problema de desperdício na linha de produção de mangueiras, esta pesquisa analisa o processo de montagem das mangueiras embasado pelos princípios do *Lean Manufacturing*.

Para identificar as causas de desperdício da linha de produção, sugere-se a aplicação de um *kaizen* por meio de um relatório A3, embasado na metodologia *Lean Manufacturing*, com o uso da ferramenta Arena para simular o processo e realizar análise de informações, diagrama de espaguete para explorar os desperdícios de movimentação e transporte e, então, propor melhorias a partir da simulação do processo produtivo, simulação realizada no Software Arena.

### 2.2 *Lean Manufacturing*

A Manufatura Enxuta é uma abordagem que visa alcançar uma tecnologia de produção que utilize a menor quantidade possível de equipamentos e mão de obra com o objetivo de fabricar bens livres de defeitos no menor tempo possível e minimizar a necessidade de unidades intermediárias, considerando como desperdício qualquer elemento que não contribua para atender os requisitos de qualidade, preço ou prazo estabelecidos pelo cliente. Nesse sentido, eliminar todos os tipos de desperdício é uma meta que requer esforços concentrados por parte da administração, pesquisa e desenvolvimento, produção, distribuição e todos os departamentos da organização (SHINOHARA, 1988).

O *Lean* é uma estratégia utilizada para aprimorar a satisfação dos clientes por meio da otimização dos recursos disponíveis. A gestão *Lean* tem como objetivo fornecer de forma consistente valor aos clientes com custos mais baixos, alcançado por meio da identificação e aprimoramento dos fluxos de valor primários, bem como por meio do engajamento de pessoas qualificadas, motivadas e proativas (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2015).

De acordo com Riani (2006), o *Lean Manufacturing* surgiu como um sistema de manufatura com o objetivo de otimizar os processos e procedimentos por meio da contínua redução de desperdícios.

#### 2.2.1 Princípios do *Lean Manufacturing*

Para o *Lean Institute* Brasil (2015), a determinação do valor do produto é estabelecida pelo cliente final, não pela empresa, com a exigência de que atenda aos requisitos que efetivamente satisfazem suas necessidades, bem como possua um preço específico e seja entregue dentro de um prazo apropriado.

O próximo passo, segundo o *Lean Institute* Brasil (2015), consiste no fluxo de valor, que envolve uma análise detalhada da cadeia produtiva, onde os processos são categorizados em três tipos distintos: os processos que efetivamente geram valor, os processos que não geram valor, mas são essenciais para a manutenção dos fluxos e da qualidade, e, por fim, os processos que não agregam valor e devem ser eliminados.

De acordo com o *Lean Institute* Brasil (2015), o fluxo contínuo pode ser visto na redução do tempo de concepção de produtos, processamento de pedidos e estoques.

Por fim, a busca pela perfeição, que deve ser um objetivo constante para todos os envolvidos nos fluxos de valor. Isso envolve um processo contínuo de aprimoramento da eficiência e eficácia em busca da excelência. Para alcançar esse objetivo, as empresas empregam metodologias de melhoria contínua, como o *Kaizen* (WOMACK; JONES, 2004).

### 2.2.2 Os Sete Desperdícios do *Lean Manufacturing*

As perdas ou desperdícios consistem em atividades que geram custos sem agregar valor ao produto, portanto, devem ser eliminadas (ANTUNES, 2008). De acordo com Werkema (2012), a essência do *Lean Manufacturing* reside na redução dos sete tipos de desperdícios, também conhecidos como as sete perdas, identificadas por Taiichi Ohno. Essas perdas são: superprodução, espera, transporte, processo, fabricação de produtos defeituosos, estoque e movimento, todos os quais devem ser minimizados ou eliminados, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Os sete tipos de desperdícios conforme *Lean Manufacturing*

Desperdício	Descrição
Superprodução	Produção maior do que o necessário, gerando perdas devido ao excesso de pessoas, estoque e transporte.
Espera	Trabalhadores com baixa carga de trabalho, devido a fatores como desbalanceamento de operações, falta de peças, ou que vigiam uma máquina que trabalha de forma automática.
Transporte	Movimentação de estoques de matéria-prima, produtos em processo ou produtos acabados por distâncias longas.
Processamento	Execução de atividades que não agregam valor ao produto, ou produção de itens defeituosos.
Estoque	Excesso de matéria-prima, produtos em processo ou produtos acabados, causando risco de avarias, dificuldade de manuseio, excesso de espaço físico ocupado.
Movimentação	Movimentação realizada pelo trabalhador que poderia ser evitada, como transportar peças ou procurar ferramentas.
Produção de itens defeituosos	Fabricação de itens que não atendem às especificações mínimas de qualidade, gerando custos com retrabalho ou descarte.

Fonte: Adaptado de Ohno, 1997.

Ao reconhecer e eliminar esses desperdícios, as empresas podem otimizar sua produtividade, reduzir custos e melhorar a qualidade. Nesse sentido, a busca pela eliminação desses desperdícios é uma estratégia importante para promover a eficiência e a excelência operacional em diversos setores e atividades empresariais.

### 2.2.3 Ferramentas do *Lean Manufacturing*

Dentre as ferramentas propostas pelo *Lean Manufacturing*, estão detalhadas as que se destacam como mais relevantes para análise deste processo de manufatura.

#### 2.2.3.1 *Kaizen*

As empresas empregam essa ferramenta com o objetivo de identificar e eliminar desperdícios existentes e a fim de aumentar a produtividade em diversos processos, como produção, etapas de projetos, desenvolvimento de novos produtos, manutenção de máquinas e processos administrativos, com o intuito de satisfazer tanto o cliente interno quanto o externo. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), o efeito é tanto reduzir a repetição do trabalho como aumentar a autonomia e as oportunidades de desenvolvimento pessoal.

Segundo *Lean Institute* Brasil (2015), o relatório A3 é uma ferramenta utilizada pela Toyota *Motor Corporation* como um guia sistematizado para solução de problemas, pois

documenta os principais problemas e propostas de melhorias de um processo, visando propor soluções, fornecer relatórios de projetos em andamento e relatar a coleta de informações.

### 2.2.3.2 Lead Time

De acordo com Ballard, Harper e Zabelle (2003) e Nishida (2006), o *lead time*, representa o período de tempo desde a concepção do produto até a sua entrega. Ele é reconhecido como um dos elementos de maior relevância para assegurar a competitividade de uma empresa, impulsionar sua produtividade e expandir sua posição no mercado. O lead time desempenha um papel crucial na capacidade da empresa em atender à demanda ao longo do ciclo de vida de seus produtos. Além disso, possui uma influência significativa na gestão da cadeia de suprimentos, uma vez que um lead time reduzido está associado a menores níveis de estoque e menor probabilidade de rupturas no estoque, resultando em uma redução de custos (WANG, LIU, ZHENG e QUAN, 2008; WANG, WANG e ZHONGBIN, 2009).

### 2.2.3.3 Diagrama de Espaguete

O diagrama de espaguete representa uma valiosa ferramenta no contexto *lean*, que auxilia na definição do *layout* ideal com base na observação das distâncias percorridas durante a execução de uma atividade ou processo específico. Essa ferramenta é fundamentada em um diagrama que visa visualizar, ao longo de um fluxo, a movimentação de materiais, informações e indivíduos envolvidos (FREITAS, 2013; LEXICO LEAN, 2003).

Essa representação proporciona uma visualização clara da circulação e transporte ao longo de um fluxo durante os processos para avaliar o percurso realizado para a fabricação de um determinado produto ou a execução de um processo específico em uma unidade (LEXICO LEAN, 2003).

O diagrama de espaguete tem como objetivo fornecer uma representação visual do comportamento do produto ou operador ao longo do processo com foco na avaliação do tempo dedicado à fabricação, visando separar esse tempo em padrões para mensurar a parcela de tempo que efetivamente agrega valor ao produto, ou seja, as atividades verdadeiramente necessárias para a sua confecção (ROCHA, 2017).

## 2.3 Software Arena

O Arena foi lançado no ano de 1993 pela *Systems Modeling*. Atualmente está entre os principais softwares de análise existentes no mercado. O Arena tem um ambiente gráfico integrado e oferece recursos para modelagem de processos, desenho e animação, análise estatística e de resultados (PARAGON, 2008). É caracterizado principalmente pela facilidade de execução, pois não requer códigos e a forma de desenvolvimento do modelo é gráfico, visual e integrado (SOUZA et al., 2011).

Conforme citado por LAW & KELTON (2000), "um sistema pode ser conceituado como uma coleção de entidades, sejam elas indivíduos ou máquinas, que colaboram e interagem de maneira coordenada, com o intuito de alcançar uma finalidade preestabelecida". Segundo os autores, a tomada de decisão deve ser baseada em ferramentas que minimizem o erro e consequências inesperadas. A simulação faz uma abordagem metodológica cujo propósito investiga os padrões comportamentais e respostas inerentes a sistemas específicos. Esse método emprega modelos de natureza lógica utilizando técnicas computacionais para construir um ambiente simulado capaz de replicar o desempenho do sistema real que está sendo analisado (SOUZA et al., 2011). O modelo atua em diversas situações a fim de avaliar seus efeitos e facilitar a tomada de decisão.



## 4. Resultados

O produto é composto pela mangueira de borracha, um *clamp* pino granada e uma manga. Na área de Montagem, devido à alta demanda, a falta de caixas pequenas estava causando dificuldades.

### 4.1 Análise do Problema

Para explorar o problema e analisar o processo, um *Kaizen* foi desenvolvido por meio do Relatório A3, através das etapas: Descrição do problema, Análise de causa raiz, Plano de ação (para resolução do problema), Validação da Solução e Padronização.

#### 4.1.1 Descrição do Problema

Na primeira etapa do relatório foi descrito o problema ou sintoma. Ao analisar a área de HCS foram identificados desperdícios no processo de abastecimento da linha. As caixas grandes destinadas a armazenar mangueiras de borracha não são adequadas para a linha de montagem, o que resulta na necessidade de redistribuí-las em caixas menores que podem conter até 30 mangueiras de cada vez. No entanto, há escassez de caixas pequenas em relação à demanda da linha de montagem.

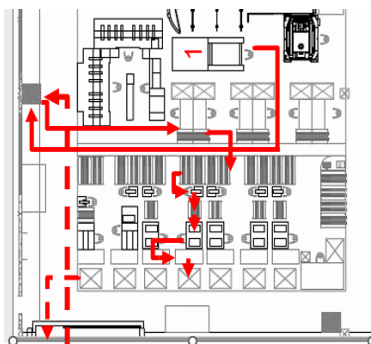
Para evitar que o fluxo de mangueiras vindas da pré-fabricação seja interrompido, os colaboradores da inspeção colocam, temporariamente, as mangueiras em caixas maiores e as armazenam em um corredor lateral até que mais caixas pequenas estejam disponíveis. Quando essas caixas menores estão disponíveis, as mangueiras são transferidas das caixas maiores para as menores e, em seguida, levadas para a área de montagem.

Todo esse processo demora em média oito minutos e trinta segundos. O objetivo é analisar o fluxo de abastecimento e as causas geradoras de desperdício, como movimentação e processamento excessivo e, a partir deste, propor melhorias embasadas pela simulação do processo produtivo a fim de reduzir o desperdício e gerar uma melhoria entre 5% e 10%.

#### 4.1.2 Análise da Causa Raiz

Para identificar a causa raiz, na segunda etapa foram utilizados o Diagrama Espaguete, Diagrama de Ishikawa e os 5 Porquês. O Diagrama Espaguete auxilia na compreensão do trajeto percorrido e posicionamento das máquinas. A linha pontilhada representa o trajeto da empilhadeira, como pode ser visualizado na Figura 5, e as demais linhas são deslocamentos realizados por operadores utilizando paleteiras.

Figura 5: Diagrama Espaguete



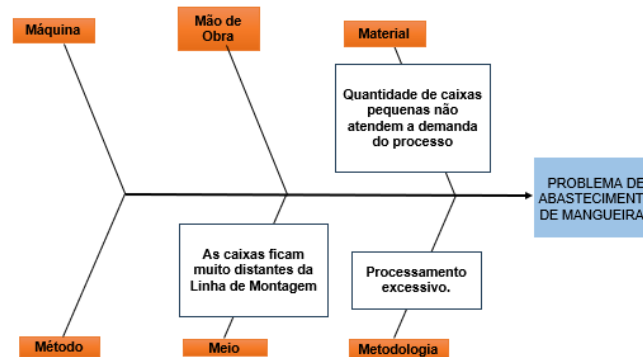
Fonte: O Autor, 2023.

O processo se inicia com a entrada das mangueiras após sair das lavadoras. O operador retira as mangueiras das lavadoras, coloca em caixas e as direciona para o canto superior da linha ao lado do corredor. Conforme a necessidade, o operador busca as mangueiras no corredor, juntamente com os *clamps* e mangas fornecidos pela logística.

Elas são levadas até os *kanban's* e colocadas em caixas menores que caibam na linha. São 38 metros de distância para ir e voltar do corredor até o *kanban*, sendo que a distância percorrida por todo processo totaliza em 52 metros.

Para desdobramento do problema utilizou-se o Diagrama de Ishikawa, que auxilia na identificação de possíveis causas de um determinado problema ou efeito. Ele é voltado para a melhoria de processos, resolução de problemas e identificação de oportunidade de melhorias, como pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6: Diagrama de Ishikawa.



Fonte: O Autor, 2023.

Para que as causas identificadas no Diagrama de Ishikawa possam ser consideradas causas raízes, as mesmas são verificadas na técnica 5 Porquês, que consiste basicamente em encontrar o motivador, fazendo uma sequência de perguntas com “Por quê?”, como pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7: 5 Porquês.

Causa Raiz	Why?	Why?	Why?	Why?
Quantidade de caixas pequenas não atendem a demanda do processo.	é frequente a falta de caixas pequenas disponíveis	as caixas pequenas da linha passam maior parte do tempo ocupadas	A quantidade de caixas disponíveis é baixo se comparado a demanda	
As caixas ficam muito distantes da Linha de Montagem	as caixas grandes não cabem nos <i>kanban's</i>	Os <i>kanban's</i> foram projetados para caixas pequenas	A linha de montagem é um espaço compacto a fim de tornar a produção mais ágil limitando o espaço à caixas pequenas.	
Processamento excessivo	O operador realiza duas vezes a mesma atividade	Precisa mudar as mangueiras das caixas grandes para as pequenas	não cabe caixas grandes na linha de Montagem	A linha de montagem é um espaço compacto

Fonte: O Autor, 2023.

Após analisar utilizando a Ferramenta dos 5 Porquês, foram identificadas três causas raiz (Figura 7), relacionadas à quantidade de caixas pequenas, a distância que as caixas ficam da linha de montagem e o processamento excessivo.

#### 4.1.3 Plano de Ação

No Plano de Ação são elencadas as ações necessárias para eliminar ou bloquear as causas identificadas, as quais podem ser observadas na Figura 8.

Figura 8: Plano de Ação.

Ação	Prazo	Quem	Status
Simular no Arena a situação atual da linha de montagem.	12/09	Thaís	Concluído
Analisar e desenvolver proposta de intervenção.	14/09	Equipe	Concluído
Fazer simulação conforme a proposta de intervenção (comprar mais caixas e mudar o <i>Layout</i> ).	20/09	Thaís	Concluído
Comparar a simulação da melhoria com a anterior.	21/09	Thaís	Concluído

Fonte: O Autor, 2023.

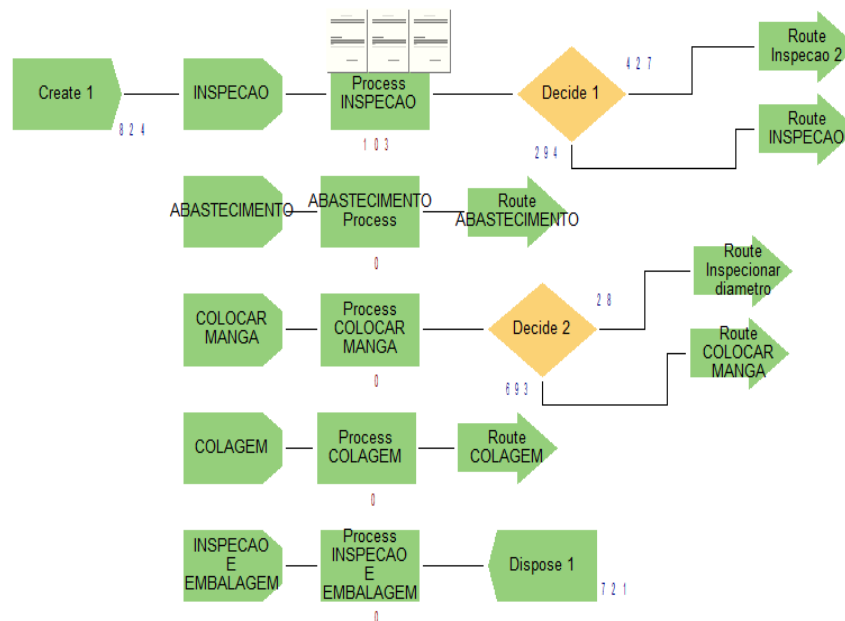
A primeira ação foi simular, usando o Software Arena, para identificar se as modificações seriam efetivas sem necessitar modificar a linha ou gastar recursos. A situação atual foi mapeada para que fosse possível compará-la à Futura. Considerando que a linha roda dois turnos de 7 horas, descontando o horário de almoço e café, a simulação foi programada para exibir os resultados por turno.

O primeiro processo de inspeção dura 5 segundos e o tempo de transporte entre a primeira e a segunda etapa é dividida em duas opções de acordo com a ocupação das caixas. Se houver caixas pequenas disponíveis, dura em torno de 12 segundos, se não houver caixas pequenas disponíveis são alocadas em caixas grandes e posicionadas em um corredor lateral levando em torno de 500 segundos.

Na segunda etapa ocorre o abastecimento da linha, que é quando o operador sai da linha para pegar caixas abastecidas de matéria prima no *kanban*. Isso demora em torno de 20 a 19 segundos e a movimentação do operador dura cerca de 30 segundos. A terceira etapa é colocar a manga, o processo demora 9 segundos. Seu transporte foi dividido, pois, a cada duas horas, ocorre uma medição de diâmetro aleatória que dura em torno de 96 segundos e o transporte da maior parte das peças dura em torno de 30 segundos.

No quarto processo ocorre a colagem que dura 29 segundos e seu transporte 4 segundos, pois fica ao lado da Mesa de Inspeção e embalagem. A última etapa é composta por duas atividades feitas pela mesma pessoa e seguidas uma à outra como se fosse apenas um processo e dura em torno de 32 segundos, encerrando a parte do processo analisada. A Figura 9 ilustra a situação atual em um fluxograma gerado no Software Arena.

Figura 9: Simulação da Situação Atual.



Fonte: O Autor, 2023.

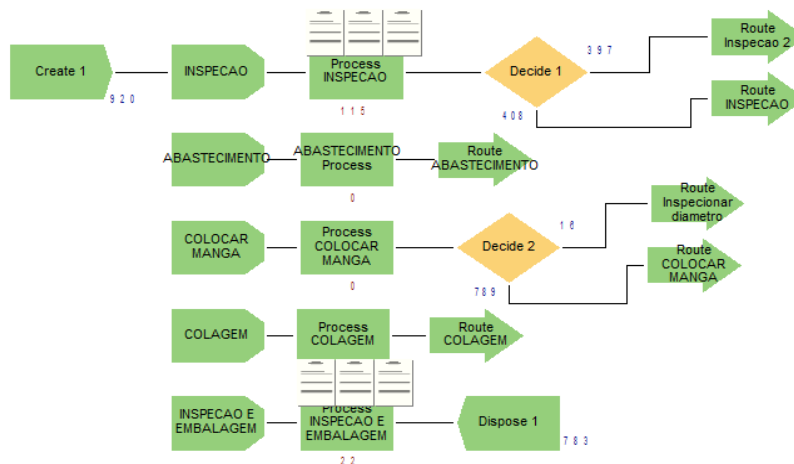
No relatório podemos observar que houve uma entrada de 824 unidades de matéria prima, e na saída 721 unidades de peças prontas por turno. Na linha são produzidas 720 peças por turno, sendo assim, a simulação se aproximou bastante a realidade.

Realizar a compra de mais caixas pequenas faz com que possam ficar dispostas nos kanbans e não precisem ser posicionadas distante da linha, reduzindo o transporte de 500 segundos para 20 segundos. Além de reduzir o tempo gasto no processo, também diminui o superprocessamento, já que não será mais necessário colocar as mangueiras na caixa



maior e levá-las ao corredor. A distância percorrida até as caixas no corredor totaliza 38 metros. Com a melhoria implementada, as mangueiras são colocadas direto nas caixas menores e disponibilizadas no kanban da linha. A Figura 11 demonstra a simulação feita para mensurar o impacto da melhoria.

Figura 11: Simulação da Situação Futura (Melhoria).

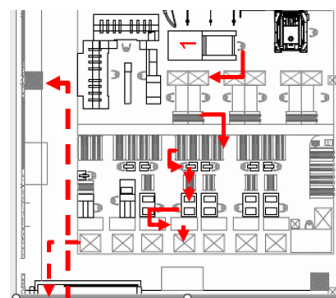


Fonte: O Autor, 2023.

A partir da Simulação da Figura 11, pode-se observar que saíram mais produtos acabados, totalizando 783 unidades, mostrando um aumento de 8,6% na quantidade de produtos acabados. Outra melhoria passível de observação foi no tempo de simulação que após a melhoria passou para 0,07 minutos. O segundo processo oferece uma segurança maior em relação a meta, gerando 63 peças a mais, por turno do que o processo anterior.

A mudança de layout necessária para a melhoria está ilustrada na Figura 13. Antes as mangueiras saíam da lavadora, eram colocadas nas caixas e iam para o corredor de distância para depois voltar ao processo e ser realocada para caixas menores. A melhoria não exige uma mudança de layout significativa, contudo, ao analisar o processo, observou-se que se realizar a compra de mais 11 caixas pequenas, totalizando 24 caixas com 30 mangueiras cada uma, totalizando 720 mangueiras, a compra das caixas elimina a necessidade de levar as mangueiras para o corredor e evita o retrabalho ao evitar mudar constantemente as mangueiras de caixas.

Figura 13: Diagrama Espaguete (Depois).



Fonte: O Autor.

A Figura 13 apresenta a nova rota percorrida pela matéria prima até se tornar produto acabado, totalizando 14 metros percorridos durante o processo.

## 5. Conclusões

A indústria automobilística é uma das primeiras a serem afetadas em uma crise econômica, logo, estas indústrias buscam programas para obter benefícios nos processos produtivos por meio do aumento de produtividade, melhorias na qualidade dos produtos, ganhos em ergonomia, meio ambiente e, principalmente, retorno financeiro. Os conceitos de melhoria contínua e o Lean Manufacturing, por sua vez, são usados para melhorar o desempenho das organizações, reduzindo o que não agrega valor ao produto final.

Com base nesses conceitos, esta pesquisa analisou o processo produtivo de Montagem de mangueiras de borracha e seus componentes em uma empresa que oferece produtos para veículos e máquinas, com o foco em identificar as causas geradoras de desperdício a partir de um Kaizen, representado pelo relatório A3, utilizando um diagrama espaguete e simulação para analisar a situação atual do sistema produtivo e, a partir deste, propor melhorias embasadas pela simulação do processo produtivo com as melhorias realizada no software Arena.

Na área de Montagem, devido à alta demanda, a falta de caixas pequenas estava causando dificuldades. No início do turno as caixas pequenas eram sobrecarregadas, então, para evitar a interrupção do fluxo de recebimento, as mangueiras eram temporariamente colocadas em caixas grandes e armazenadas no corredor para posteriormente serem transferidas para caixas pequenas e transportadas para a área de Montagem, gerando um problema de abastecimento de mangueiras e resultando em desperdício de movimentação e processamento excessivo.

A primeira ação foi representar a movimentação em um diagrama de espaguete e simular no software Arena, o sistema produtivo atual, identificando que o problema tinha origem em duas causas: a quantidade de caixas pequenas não atendia a demanda do processo e ao fato das caixas serem posicionadas muito distante da linha de montagem.

A segunda ação foi aplicar a proposta de intervenção para que fosse possível mensurar os impactos das mudanças. A terceira ação foi voltada para resolução do problema, simulando no software o impacto de uma mudança de layout somada à compra de mais caixas pequenas. A simulação no software confirmou o efeito da melhoria. A quarta ação foi comparar o resultado da simulação melhorada à simulação anterior, a fim de mensurar o quanto a modificação melhorou a quantidade produzida e o tempo de produção.

Conclui-se, com base nos relatórios gerados pelo Software Arena, que houve melhoria de 8,6% na quantidade de produtos acabados, totalizando 63 peças a mais por turno. Outra melhoria passível de observação foi no tempo de atravessamento, que antes era de 0,12 minutos e, após a melhoria, passou para 0,07 minutos. A melhoria no processo oferece uma segurança maior em relação a meta de produção, produz mais em menos tempo e mitiga duas formas de desperdício, melhorando, conseqüentemente, o desempenho da organização.

## Referências

ANTUNES, J. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BALLARD, Glenn; HARPER, Nigel; ZABELLE, Todd. Learning to see work flow: an application of lean concepts to precast concrete fabrication. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2003.

BHUIYAN, Nadia; BAGHEL, Amit; WILSON, Jim. A sustainable continuous improvement methodology at an aerospace company. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 55, n. 8, p. 671-687, 2006.

FREITAS, E. B. Diagrama de Espaguete. Engenharia de Produção, v 5, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Industrial Anual – Empresa (PIA-Empresa)**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pia-empresa/quadros/brasil/2017>. Acesso em: 03 de maio de 2023.

JHA, S., NOORI, H., & MICHELA, J. L. The dynamics of continuous improvement: aligning organizational attributes and activities or quality and productivity. **International Journal of Quality Science**, v. 1, n., p. 19,1996. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/13598539610117975>. Acesso em: 19 de maio de 2023.

LAW A. M.; KELTON W. D. **Simulation Modeling and Analysis**. 3. Ed. New York: McGraw-Hill, 2000. ISBN 0070592926.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Os 5 princípios do lean thinking**: mentalidade enxuta, 2015.

LEXICO LEAN. **Glossário Ilustrado para praticantes do Pensamento Lean**. 4 ed. Lean. Enterprise Institute, 2003.

LOPES, Janice Correia da Costa. **Gestão da qualidade**. Tese de Mestrado em Estratégia Empresarial, Universidade Europeia. Lisboa. p.96. 2014.

NISHIDA, L. T. **Reduzindo o lead time no desenvolvimento de produtos através da padronização**, 2006. Disponível em: <http://www.lean.org.br/>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.

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

ORTIZ, C. A. **Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line**. New York: CRC Press, 2006.

PARAGON. **Apresentação ARENA**, 2008. Disponível em: [http://www.paragon.com.br/padrao.aspx?software\\_de\\_simulacao\\_arena\\_content\\_ct\\_1685\\_2139\\_.aspx](http://www.paragon.com.br/padrao.aspx?software_de_simulacao_arena_content_ct_1685_2139_.aspx). Acesso em 20 de set. de 2023.

RIANI, A.M. **Estudo de caso: o lean manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. 2006. Monografia (Graduação) - Programa de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006.

ROCHA, Cleber Diogo dos Santos. **Análise da aplicação do lean manufacturing em umacélula produtiva de uma indústria metalmeccânica**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

SANDER, Carlos. **8 desperdícios do Lean Manufacturing**. 2019. Disponível em: <https://caetreinamentos.com.br>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 9, n. 3, p. 811-833, 2016.

SANTOS, Mariana Ferreira dos; PEREIRA, Francisco Antônio. **Projetos de melhoria contínua promovendo retorno financeiro para empresas do segmento automotivo**. 2020. Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz.

SHINOHARA, I. **NPS –New production system: JIT crossing industry boundaries**. Cambridge: Productivity Press, 1988.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

SOUZA, A.M. de; NETO, J.A.; BIER, J.R.M.; DE ALMEIDA, M.R.; DE VASCONCELOS, R.M. Estudo de caso do atendimento da população em uma unidade de distribuição de remédios utilizando a simulação em Arena. In: **ENEGEP**, n. XXXI, 2011.

Wang, X., Liu, Z., Zheng, C. e Quan, C. **The impact of lead-time on bullwhip effect in supply chain**. IEEE, 2008.

Wang, X., Wang, K. e Zhongbin, Q. **Sensitivity analysis of lead time in MRP system: a case study**. Crown, 2009.

WERKEMA, C. **Lean seis sigma: introdução às ferramentas do lean manufacturing**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2012.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2004.