



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

**Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento da
Engenharia de Produção**



**PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA *LEAN MANUFACTURING* E SIMULAÇÃO
APLICADAS EM UMA FÁBRICA DE INJEÇÃO PLÁSTICA: ANÁLISE DO
RESULTADO OPERACIONAL**

GILMAR RODRIGUES GIRUNDI GUIMARÃES

**OURO PRETO - MG
2022**

GILMAR RODRIGUES GIRUNDI GUIMARÃES
gilmar.guimaraes@aluno.ufop.edu.br

**PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING E SIMULAÇÃO
APLICADAS EM UMA FÁBRICA DE INJEÇÃO PLÁSTICA: ANÁLISE DO RESULTADO
OPERACIONAL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Área de concentração: Planejamento e Controle da Produção
Orientador: Prof^a. Dr^a. Irce Fernandes Gomes Guimarães

Ouro Preto - MG
2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

G963p Guimaraes, Gilmar Rodrigues Girundi.

Princípios da metodologia lean manufacturing e simulação aplicadas em uma fábrica de injeção plástica [manuscrito]: análise do resultado operacional. / Gilmar Rodrigues Girundi Guimaraes. - 2022.
86 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Produção enxuta. 2. Desperdício (Economia). 3. Administração - Métodos de simulação. 4. Produtividade. I. Guimarães, Irce Fernandes Gomes. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,
ADMINISTRAÇÃO E ECON



FOLHA DE APROVAÇÃO

Gilmar Rodrigues Girundi Guimarães

Princípios da Metodologia *Lean Manufacturing* aplicada em uma Fábrica de Injeção Plástica

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 14 de setembro de 2022

Membros da banca

Dr^a - Irce Fernandes Gomes Guimarães- Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)

Dr^a - Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)

MSc - Samantha Rodrigues de Araújo (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP)

Dr^a - Irce Fernandes Gomes Guimarães- Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP), orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 22/09/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Irce Fernandes Gomes Guimaraes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/09/2022, às 19:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0401896** e o código CRC **2691C34E**.

Dedico este trabalho aos meus pais pelo apoio e ajuda em minhas decisões.

Aos professores por proverem um ensino de qualidade.

E à UFOP por toda estrutura e oportunidades.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Ouro Preto por toda infraestrutura, recursos disponibilizados e colaboradores que de alguma forma auxiliaram durante minha trajetória de aprendizado.

Ao DEPRO e a todos professores que proporcionaram um estudo de qualidade, dispostos a formar engenheiros qualificados e com consciência socioambiental.

Em especial, à minha orientadora Prof.^a. Irce Guimarães por toda orientação e dedicação na construção dessa pesquisa.

À PROJET e ao ESF OP por toda evolução e possibilidade de contribuir com a vida das pessoas.

À minha segunda casa, república Área 51, por partilhar momentos difíceis e gloriosos durante minha trajetória.

À minha família, por sempre me apoiar e serem meu porto seguro.

Por fim, à encantadora Ouro Preto, por toda tradição e experiências vividas.

RESUMO

O mercado de transformados plásticos vem diversificando e tornando-se cada vez mais competitivo a nível mundial. Em 22 anos, de 1989 a 2011, a produção mundial de plásticos quase triplicou, saindo de 99 para 280 milhões de toneladas no ano. No Brasil, o setor de plástico é o quarto que mais emprega, somando 326 mil empregos gerados em 2020, contribuindo com um faturamento anual de R\$90,8 bilhões contando com uma produção de 7,3 milhões de toneladas. Dados de 2019 apontam mais de 10.891 empresas brasileiras transformadoras de plástico. Se tratando de pequenas, médias e grandes empresas inseridas neste negócio, a disputa fica ainda mais acirrada quando o assunto é atendimento personalizado, rápido, de qualidade e de baixo custo para os clientes. Dessa forma, a organização que não busca melhorar seus processos continuamente e não adapta às rápidas mudanças do comércio, é questão de tempo para ficarem insustentáveis. Para ser possível alcançar essas melhorias e se manter competitivo no mercado, é necessário conhecer, mitigar e eliminar os desperdícios presentes nos processos. Esta pesquisa apresenta como as práticas da metodologia *lean manufacturing* e da simulação aplicadas no dia a dia são essenciais para dar visibilidade às ineficiências do processo. Além de trazer resultados de ganhos de produtividade com a melhoria no layout, a renovação tecnológica, o treinamento e a diminuição do *lead time* através da padronização e simplificação do processo de injeção. Estima-se um ganho em eficiência de 17% em todo o processo da injeção, sendo alguns itens com sua capacidade produtiva dobrada, ganho de 100% (molde com dobro de cavidade). Diminuição drástica do estoque negativo e refugo, alcançando um salto de 8,9 vezes de produtividade na linha teste. Em uma tabela é demarcado os principais desperdícios evitados junto as atividades implementadas. O objetivo do estudo é apresentar como os princípios do *Lean Manufacturing* junto à simulação auxiliam nas principais mudanças em busca das melhorias necessárias ao processo a fim de se adequar ao novo fluxo de produção trazido pelo projeto de renovação tecnológica em uma fábrica de injeção de peças plásticas. A partir da análise de resultados, com o alcance da eficiência desejada tanto na comparação de resultados operacionais como na percepção de adaptações positivas de cultura na rotina fabril atreladas a metodologia 8S, observou-se que as iniciativas baseadas nos conceitos *Lean* e na simulação foram bem-sucedidas e primordiais para o bom desenvolvimento e subsequente viabilidade do projeto de renovação tecnológica.

Palavras-chaves: *Lean*, desperdício, simulação e produtividade.

ABSTRACT

The processed plastics market has been diversifying and becoming increasingly competitive worldwide. In 22 years, from 1989 to 2011, the world production of plastics almost tripled, going from 99 to 280 million tons per year. In Brazil, the plastics sector is the fourth largest employer, adding 326,000 jobs in 2020, contributing to annual revenues of R\$90.8 billion, with a production of 7.3 million tons. Data from 2019 point to more than 10,891 Brazilian plastic processing companies. When it comes to small, medium and large companies involved in this business, the dispute is even fiercer when it comes to personalized, fast, quality and low-cost service for customers. In this way, the organization that does not seek to improve its processes continuously and does not adapt to the rapid changes of the commerce, it is a matter of time before they become unsustainable. To be able to achieve these improvements and remain competitive in the market, it is necessary to know, mitigate and eliminate the waste present in the processes. This research presents how the practices of lean manufacturing methodology and simulation applied on a daily basis are essential to give visibility to the inefficiencies of the process. Besides bringing results of productivity gains with the improvement in the layout, the simulation, the technological renovation, the training and the reduction of the lead time through the standardization and simplification of the injection process. It is estimated an efficiency gain of 17% in the entire injection process, with some items with their production capacity doubled, a gain of 100% (mold with double cavity). Drastic decrease in negative stock and scrap, reaching a jump of 8.9 times in productivity in the test line. In a table, the main waste avoided along with the activities implemented is demarcated. The objective of the study is to present how the principles of Lean Manufacturing together with the simulation help in the main changes in search of the necessary improvements to the process in order to adapt to the new production flow brought by the technological renovation project in a plastic parts injection factory. From the analysis of results, with the achievement of the desired efficiency both in the comparison of operational results and in the perception of positive adaptations of culture in the factory routine linked to the 8S methodology, it was observed that the initiatives based on Lean concepts and simulation were well-successful and essential for the good development and subsequent viability of the technological renovation project.

Keywords: Lean, waste, simulation and productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção mundial de plásticos	13
Figura 2 - Produção Mundial de Plásticos em 2008 (%)	14
Figura 3 - Demanda mundial per capita de plásticos por região (em kg)	15
Figura 4 - Linha do Tempo dos marcos importantes da filosofia.....	21
Figura 5 – Representação da linha de montagem de uma indústria da década	23
Figura 6 - Casa Sistema Toyota de Produção.....	25
Figura 7 - Jidoka - princípios e ferramentas	27
Figura 8 - 5 princípios básicos da filosofia Lean.....	29
Figura 9 - Melhoria x Tempo	30
Figura 10 - Custo x Valor.....	31
Figura 11 - Os oito desperdícios.....	33
Figura 12 - Ciclo PDCA.....	36
Figura 13 - Os 8 sentidos.....	37
Figura 14 - Exemplos da ferramenta <i>Poka-yoke</i>	39
Figura 15 - Sete etapas para o desenvolvimento de um projeto de simulação	43
Figura 16 - Fluxograma de um estudo de simulação.....	43
Figura 17 – Ciclo do material na PMPI e na fábrica de Injeção	49
Figura 18 – Produto na Central de Embalagem Pós-Projeto de Renovação Tecnológica	50
Figura 19 - Componentes das injetoras	51
Figura 20 - Principais investimentos	53
Figura 21 - Nova configuração celular	54
Figura 22 - Plano de ação: Ajustes e oportunidades de melhorias no layout	55
Figura 23 - As built do setor de injeção realizado no AutoCAD	56
Figura 24 - Etapas de desenvolvimento da simulação	57
Figura 25 - Interface de simulação do software ProModel.....	59
Figura 26 - Resultado não atendido no primeiro cenário para atender PCP1	60
Figura 27 – Resultado escolhido para nº de carrinhos necessário para atender PCP1	61
Figura 28 – Rota escolhida.....	62
Figura 29 - Linha de tendência quantidade de peças testadas do produto x	66
Figura 30 – Produtividade (quantidade testada e % refugo) do produto x	66
Figura 31 - Molde modelo esquemático	67
Figura 32 – Modelo esquemático de periféricos ao lado da injetora.....	68
Figura 33 - Carro rebocador e carrinhos comboio	69
Figura 34 – Modelo esquemático de periféricos da Central de embalagem	70
Figura 35 - Quantidade de produtos bloqueados pela qualidade.....	73
Figura 36 - Primeira parte da matriz de treinamentos	74
Figura 37 - Manutenção autônoma nas esteiras.....	75
Figura 38 - Exemplo de aplicação dos sentidos de utilização, limpeza, bem-estar e economia.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Benefícios da Simulação mais pontuados.....	41
Tabela 2 - Tipos de pesquisa conforme a sua classificação	47
Tabela 3 - Classificação da pesquisa deste estudo.....	48
Tabela 4 - Recursos reformados.....	64
Tabela 5 - Atividades manuais pré-projeto e pós-projeto	70
Tabela 6 - Priorização de SKU'S por Pareto entre Variáveis.....	72
Tabela 7 – Desperdícios evitados com as atividades implantadas	77

SUMÁRIO

Sumário

AGRADECIMENTOS	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
SUMÁRIO	11
1. Introdução	13
1.1. Contextualização	13
1.2. Objetivo geral	17
1.3. Objetivos específicos	17
1.4. Relevância do trabalho	17
1.5. Organização da Monografia	19
2. Revisão de Literatura	21
2.1. Taylorismo	21
2.1.1. Tempos e Métodos na Administração Científica	22
2.2. Sistema Fordista e o Toyotismo	24
2.2.1. Filosofia Lean	25
2.2.1.1. Just in Time (JIT)	26
2.2.1.2. Autonomação (Jidoka)	27
2.3. Princípios da produção enxuta	28
2.4. Os oito tipos de desperdícios	32
2.5. Ferramentas e conceitos dentro do <i>Lean Manufacturing</i>	35
2.5.1. Kaizen	35
2.5.2. Programa 8S	36
2.5.3. Poka-Yoke	39
2.6. Simulação	41
2.6.1. Desenvolvimento de um projeto de Simulação	42
3. Metodologia	46
3.1. Caracterização da localidade de Estudo	46
3.2. Métodos de pesquisa	46
3.3. Métodos de pesquisa utilizados	48
4. Resultados	49

4.1.	Estudo de caso.....	49
4.2.	Descrição do processo produtivo.....	49
4.3.	Processo de Injeção.....	51
4.4.	Projeto de Renovação Tecnológica	53
4.4.1.	Layout.....	54
4.4.2.	Modelo de simulação.....	56
4.5.	PDCA.....	63
4.6.	Análise de resultados	64
5.	Considerações Finais e Trabalhos Futuros	79
	REFERÊNCIAS.....	81

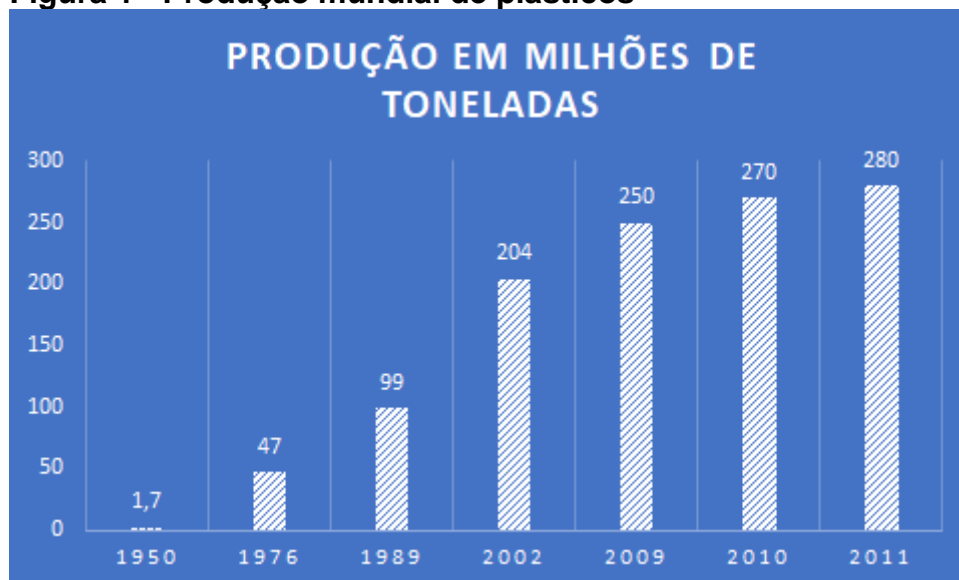
1. Introdução

O presente capítulo tem como finalidade apresentar de forma lacônica a contextualização do tema abordado, os objetivos, geral e específicos, dessa monografia, bem como exposições que respaldam a viabilidade de implementação.

1.1. Contextualização

A produção mundial de plásticos vem aumentando a cada ano sendo reflexo da demanda que possui um crescimento exponencial (Moreira, et al. 2010). Este crescimento é justificado devido ao ritmo acelerado de diversos segmentos que confeccionam diferentes produtos que necessitam de materiais plásticos em seus processos. De acordo com Oliveira (2004 apud *PlasticsEurope*, 2012), apresenta a evolução da produção mundial de plásticos em 61 anos, de 1,7 milhão de toneladas na década de 1950, saltou para 47 milhões de toneladas, em 1976, até 280 milhões de toneladas, em 2011, como indicado no gráfico da **Figura 1**.

Figura 1 - Produção mundial de plásticos



Fonte: Adaptado de Moreira, et al. (2010).

Nos dados de 2008, representados no gráfico da Figura 2, são mostrados os principais produtores mundiais de plásticos sendo a Europa responsável por 28%, a NAFTA (*North American Free Trade Agreement* - Acordo de livre comércio da América

do Norte¹) por 23%, a China responsável por 15% e o restante da Ásia por 17% de toda a produção, ainda o Japão por 5%, Oriente Médio/África por 8%, América Latina por 4%.

Figura 2 - Produção Mundial de Plásticos em 2008 (%)



Fonte: Adaptado de (ABIPLAST 2020).

De acordo com a ABIPLAST (Associação Brasileira da Indústria do Plástico), entre 2000 e 2015, a produtividade brasileira no segmento de plástico avançou apenas 9,5%, enquanto outros países da América do Sul produziram, pelo menos, o dobro desse valor, como é o caso da Colômbia, que obteve uma ascensão de 18,9% no mesmo período, do Chile, que alcançou 19,8%, e do Peru, com 36,8% de crescimento (ABIPLAST 2020).

No entanto, dados de 2020 apontam que o setor de plástico no Brasil é o quarto que mais emprega dentre os setores da indústria de transformação no país. Ao todo, são mais de 326 mil empregos gerados (2020), com postos de trabalho, principalmente, no Sul e Sudeste (ABIPLAST 2020). Consta-se 10.891 empresas brasileiras transformadoras de plásticos (2019), somando um faturamento de R\$ 90,8 bilhões (2020) com uma produção física de aproximadamente 7,3 milhões de toneladas para um consumo aparente de 7,7 milhões de toneladas (2020) (ABIPLAST 2020). Estima-se que a cada R\$ 1 milhão adicional neste segmento, obtém-se um

¹ É um acordo entre Estados Unidos, Canadá e México, assinado em 1994 com o intuito de reduzir as barreiras econômicas e alfandegárias entre esses países.

aumento de R\$ 1,3 milhão no PIB brasileiro e de R\$ 3,35 milhões na produção total da economia, além de gerar 29 novos empregos no setor (ABIPLAST 2020).

Atualmente, este mercado está em ascensão não só a nível nacional, mas também internacional (Moreira, et al. 2010). Um conjunto reduzido de países (Estados Unidos, Alemanha, China, Japão e França, entre outros) predomina tanto na lista dos principais exportadores como na lista dos grandes importadores mundiais (Moreira, et al. 2010). Em 2008, os 10 maiores países exportadores foram responsáveis por 68% do total mundial exportado, enquanto os 10 maiores importadores responderam por quase 60% do total mundial importado (Moreira, et al. 2010).

No gráfico da **Figura 3** é apresentada a demanda mundial per capita de quilos de plásticos transformados por região.

Figura 3 - Demanda mundial per capita de plásticos por região (em kg)



Fonte: Adaptado de (Moreira, et al. 2010).

De acordo com o Relatório de Acompanhamento Setorial, a indústria mundial de transformação de plásticos atende a diversos mercados específicos por estar presente em um grupo heterogêneo de pequenas, médias e grandes empresas (Hiratuka, et al. 2008). Relatório este, advindo de um trabalho em parceria desenvolvido pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI e o Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp.

Considerando a presença significativa de pequenas e médias empresas concorrendo com empresas maiores e mais tecnológicas, a competitividade também depende dos aspectos internos de cada uma das organizações e ao ambiente em que operam. Dito isso, segundo Hiratuka et al. (2008) têm-se alguns fatores de rivalidade da indústria de transformação de plásticos, sendo estes os principais:

- a) capacidade de inovação e de diferenciação de produtos, relacionada à criação de novos projetos e produtos, como o desenvolvimento de design;
- b) capacitação na gestão de processos;
- c) acesso a financiamentos e capacidade de realização de investimentos e de atualização tecnológica, principalmente de máquinas e moldes utilizados no processo de transformação dos plásticos;
- d) capacidade de articulação com os demais níveis da cadeia produtiva, tanto fornecedores de resinas, máquinas e moldes, quanto distribuidores e clientes;
- e) oferta e qualificação da mão-de-obra;
- f) desenvolvimento da logística e da distribuição.

Para se ter domínio desses fatores é necessário ter conhecimento de qual etapa deve ser otimizada e se ter um controle melhor, seja através de investimentos ou corte de despesas. Além disso, essas empresas estão imersas em um amplo comércio com suas diversas especificidades e o atendimento a mercados próprios. Estes fatos são indispensáveis para a análise de perdas e de redução de custos de operação. Para isso, muitas empresas implementam a metodologia *Lean Manufacturing* para auxiliar na melhoria de resultados pela geração de valor e eliminação dos desperdícios.

De acordo com Nonaka e Takeuchi (1997), os benefícios do *Lean Manufacturing* estão relacionados a fatores como melhoria das operações, otimização dos processos por meio do corte de atividades que não agregam valor e não são necessárias. Para os mesmos autores, também são considerados benefícios a incorporação de ferramentas de qualidade, sistematização de tarefas para gerir as operações, redesenho e estabilização dos processos.

Para Paim et al. (2009), o estudo realizado pelos principais fundadores da Toyota, a fim de combater os desperdícios, deu origem a um conjunto de princípios e técnicas, como autonomia, *Kanban*, troca rápida de ferramentas, dispositivos

antifalha (*poka yoke*), desdobramento da função qualidade (QFD), arranjos físicos celulares, análise de valor, manutenção produtiva total, entre outras práticas, que passaram a compor a filosofia de produção conhecida como *Just in Time* (JIT).

Neste sentido, esta pesquisa é estruturada para melhor entendimento da utilização e importância da metodologia *Lean Manufacturing* no setor de plástico já que está associada à supressão de oito principais perdas (desperdícios) que impactam negativamente no resultado das organizações. Os oito desperdícios (superprodução, espera, movimento desnecessário, transportes, superprocessamento ou processamento incorreto, excesso de estoque, defeitos, e desperdício da criatividade dos funcionários) são constantemente citados por diferentes autores, dentre eles Liker (2005), Cruz (2013), Lima (2012) e Liker e Meier (2007).

1.2. Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo principal analisar, por meio de resultados operacionais, a importância da aplicação das práticas do *Lean Manufacturing* e da simulação para se alcançar as melhorias e vencer os desafios do processo de simplificação e padronização do setor de injeção em conjunto à centralização das embalagens. Além de avaliar as principais mudanças de rotina e cultura com a inserção de tecnologias e automatizações no processo.

1.3. Objetivos específicos

- Apresentar os impactos da simulação para adequação de um layout industrial;
- Apresentar as mudanças (identificação de desperdícios, simplificação e uniformização das atividades) do processo de injeção de uma empresa de transformação plástica;
- Avaliar diagramas de Pareto no processo estudado em busca de análise da eficiência;
- Apresentar os principais impactos na rotina do setor de injeção;
- Avaliar cenários de ganho de produtividade, tais como a implantação de novas máquinas e do novo layout;

1.4. Relevância do trabalho

O mercado vem passando por mudanças rápidas e radicais por estar imerso em uma sociedade de novos comportamentos, mais conectada a informações, tecnologias e inovações em tempo real.

Segundo o Webinar: *Challenge Productivity* - Lean e Indústria 4.0 - Introdução ao Lean e Indústria 4.0 - (2020), a sociedade está passando por um momento de transformação em que o mercado consumidor busca produtos diferentes e customizados em tempos cada vez menores. Isto, força muitas indústrias a mudar paradigmas, modificarem e diversificarem a parcela de mercado com outros tipos de serviço. (SILVA, A.; MORETTI, D., 2019, 19)²

Para CEO da Balluff³, atualmente, as organizações possuem 3 desafios:

- Aumento de produtividade e de eficiência;
- Capacidade de lançar produtos adequados ao mercado com maior velocidade.
- Entender o momento em que vive, saber qual é o seu negócio.

Cita-se um estudo da Universidade Mackenzie (2019), indústrias que utilizam das ferramentas que a indústria 4.0 disponibiliza podem ter redução de 10 a 40% nas manutenções, 10 a 20% no consumo de energia e de 10 a 25% no ganho de eficiência nos processos produtivos. Aquelas que não se prepararem e adaptarem ao novo modelo, deixarão de ser competitivas e com o tempo podem vir a falência.

Para se usufruir das ferramentas da indústria 4.0, várias etapas devem ser contempladas, como conexão entre máquinas, equipamentos mais inteligentes e possibilidade de medir e correlacionar múltiplas vezes muito mais variáveis que medimos hoje. E, para que isso seja possível, os processos devem passar por melhorias contínuas.

O mercado vem passando por uma customização em massa, sendo essencial sempre medir seus dados e quanto mais esses dados são úteis para gerarem informações, melhor se entende as reais necessidades dos consumidores. Isto possibilita, focar melhorias nas atividades que agregam valor ao produto, atendendo assim, de forma rápida e eficiente às necessidades de uma sociedade.

Para se alcançar melhoria contínua dos processos e identificação de atividades

² Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=VJXQO4wiVCg> >

³ Empresa alemã presente em mais de 60 países com o objetivo de compreender e colaborar com seus clientes para prover soluções de alta qualidade em sensoriamento, identificação, rede e softwares para soluções globais de automação industrial;

que não agregam valor, a metodologia *Lean* se mostra primordial desde o início do projeto em todos os procedimentos, e, não apenas, adotá-la na fase pós-projeto. Por se tratar de uma ferramenta de autodiagnóstico para ajudar as empresas a conhecerem sua realidade e identificar as prioridades para melhoria, este estudo se torna relevante para qualquer segmento. (SEIBEL, Silene; DE ARAUJO, Stefanie Cristine, 2019, p. 5).

Além de desmistificar a complexidade do uso da metodologia junto à indústria 4.0, esta pesquisa pode auxiliar no entendimento e apresentação dos benefícios advindos de etapas simples de melhorias. Para a academia, serve como oportunidade de acesso aos conceitos e suas aplicabilidades teóricas na prática.

1.5. Organização da Monografia

Esta seção apresenta a estrutura de cada capítulo deste estudo, dividida em 5 capítulos.

No primeiro capítulo é feita uma introdução ao estudo e contextualização do estudo. Apresenta os objetivos e relevância do trabalho para o tema.

No capítulo 2 é apresentado a revisão de literatura do trabalho, abordando a história da metodologia *Lean*, seus princípios e ferramentas, como *Kaizen*, Programa 8S, *Poka-Yoke*, além do estudo da Simulação.

No capítulo 3 é realizado a caracterização do trabalho e da metodologia utilizada.

No capítulo 4 é abordado o estudo de caso junto as técnicas da metodologia *Lean* aplicadas e o uso da simulação para o alcance da análise dos resultados.

E por fim, no capítulo 5, são descritas as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Revisão de Literatura

A metodologia *Lean* obteve alguns marcos importantes, métodos e ferramentas, como apresentado na **Figura 4**, em uma escala de tempo:

Figura 4 - Linha do Tempo dos marcos importantes da filosofia



Fonte: Adaptado Seibel, 2014⁴.

Os movimentos foram evoluindo e alguns se complementando de alguma forma até o aparecimento e elaboração da filosofia *Lean*. Nos subtópicos a seguir serão apresentadas as abordagens históricas mais importantes desta filosofia.

2.1. Taylorismo

Em meados de 1910, o interesse pelo conceito de Administração Científica do trabalho desenvolvido por Frederick Taylor ganhou maior visibilidade. Taylor era engenheiro mecânico e desdobrou tal conceito por meio de experimentação no exercício do trabalho, desenvolvendo regras e padrões para otimizar a relação entre tempo e movimento nas atividades laborais (TAYLOR, 1987).

⁴ Disponível em: <https://pt.slideshare.net/Sustentare/principios-da-filosofia-lean-slides-prof-silene-seibel>

Segundo Taylor (1987, p. 67), até o trabalhador que é experiente e ambientalizado na atividade do trabalho, estaria fisicamente vedado a trabalhar, simultaneamente, na máquina e na mesa de planejamento. Ou seja, na maioria das vezes, um tipo de homem é necessário para planejar e outro tipo diferente para executar o trabalho.

Para desassociar a execução da concepção do serviço, dedica-se o estudo dos procedimentos à gerência, remetendo os outros funcionários a meros executores de atividades simplificadas, o que baratearia a mão de obra direta. A elaboração de uma gerência qualificada também tem como premissa o controle intenso das atividades avaliando o tempo e os movimentos, sendo o cronômetro, instrumento de grande importância da época (DE FREITAS RIBEIRO, 2015).

A ociosidade sempre foi uma grande preocupação de Frederick, uma vez que defendia o pensamento de que a prosperidade em seu máximo apenas existe se estiver no máximo de produção (TAYLOR, 1987).

Diretrizes como evitar a “vadiagem”, impor um ritmo de trabalho mais acelerado e atingir o rendimento máximo dos trabalhadores evidenciaram o pensamento taylorista como uma adaptação ao capital, sem se interessar na qualidade do serviço, apenas na eficiência de produzir mais em menos tempo e de uma melhor maneira (TAYLOR, 1987).

A partir disso surge a ideia de cooperação entre classes em que a prosperidade do trabalhador dependeria da prosperidade de uma empresa, mostrando novamente, que para Taylor, o trabalho é visto apenas como um mero instrumento para o crescimento capitalista (DE FREITAS RIBEIRO, 2015).

2.1.1. Tempos e Métodos na Administração Científica

Segundo Meyers (1999), Frederick Taylor por ter sido o primeiro a usar cronômetro em uma empresa de aço, *Midvale Steel Company*, foi visto como o “pai do estudo do tempo”.

Para Maynard (1970):

Frederick W. Taylor, o pai do estudo de tempos, escreveu no fim do século passado que, para estabelecer um tempo padrão normal era necessário subdividir a operação em elementos de trabalho, descrevê-los, medi-los com um cronômetro e adicionar certas permissões que levem em conta esperas inevitáveis e fadiga (MAYNARD, 1970).

A estratificação das atividades permitiu visualizar todo o fluxo em etapas, possibilitando a exclusão de movimentos desnecessários e a distribuição ou união de movimentos necessários, os simplificando, ocasionando economia de esforço e tempos do colaborador (BARNES, 1977).

Em 1940 surge a metodologia REFA (*Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung* - associação alemã para o estudo do trabalho, organização empresarial e qualificação profissional) fundamentada nos estudos tradicionais da Organização para Estudo do Trabalho e Organização Empresarial na Alemanha, associação REFA, que almeja a otimização dos procedimentos nos locais de trabalho. Para um bom uso da metodologia, a aferição dos dados deve ser meticulosa pois será a base do estudo. Deste modo, o período de medição sucedeu em 4 partes primordiais, observação, levantamento e documentação de dados, análise crítica e projetos de melhoria (SANTAROSA, 2019).

A partir deste momento, a metodologia de tempos e movimentos foi fortalecendo e expandindo na indústria, tornando-se peça-chave para a compreensão e análise de eficiência das atividades. O resultado desejado era o aumento de produção com a mesma quantidade de funcionários através do ritmo harmônico de trabalho, buscando reduzir o esforço braçal (PEREIRA, 2017).

A exploração dos funcionários em péssimas condições de trabalho se torna comum nas empresas como consequência da busca incessante dos donos em lucrar cada vez mais e mais. O objetivo de aumentar a produtividade dos processos acarretou a desumanização do homem, o tratando como parte mecânica do processo.

Em meados de 1930, conforme bem expressado no filme “Tempos Modernos”, retrata-se a realidade da época, nos meios de produção, fazendo críticas ao modelo adotado pelas indústrias. Cenas de atividades repetitivas, exaustivas e desinteressantes, demonstram que os trabalhadores entendiam pouco do processo de fabricação e apenas ficavam focados nas funções que lhes eram destinadas. A

Figura 5, ilustra com uma cena do filme, uma representatividade da linha de montagem da época (CHAPLIN, 1936).

Figura 5 – Representação da linha de montagem de uma indústria da década



Fonte: Aidar, 2011⁵.

Episódios de repressão aos movimentos operários e de pobreza também são abordados no filme, como a prisão de Carlitos, protagonista idealizado por Charles Spencer Chaplin, após se juntar a uma manifestação na rua e da personagem Ellen roubando comida para sobreviver.

Infelizmente, estes acontecimentos ainda ocorrem atualmente, de forma “maquiada” ou até mesmo em locais de difícil acesso, impossibilitando a chegada da fiscalização trabalhista.

2.2. Sistema Fordista e o Toyotismo

Na década de 50, Shigeo Shingo e Taiichi Ohno, engenheiros na Toyota Motor Company arquitetam o desenvolvimento de um novo modelo de produção que combinasse as noções de produção advindas dos Estados Unidos (EUA) com a disciplina e filosofia japonesa (SANTAROSA, 2019).

A Toyota observou que no sistema fordista americano se caracterizava por produzir em padrões e grandes quantidades e que a eficácia não era prioridade, sendo recorrente o problema de desperdícios de produtos (LIKER,2005). O sucesso estava exatamente em como solucionar tais desperdícios a fim de reduzir os custos dos

⁵ Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/tempos-modernos-filme-chaplin/>

produtos, conseqüentemente, seria necessário reduzir os custos dos processos (DOS SANTOS, 2016).

Surge o sistema Toyota de produção (*Toyota Production System – STP*), modelo baseado na análise das perdas no intuito de evitá-las e assegurar um processo produtivo compreensível, rápido e eficaz, resultando em produtos diversificados, de menor custo e em menor quantidade.

A partir do momento que os produtos automobilísticos japoneses com alta qualidade e valores atraentes começaram a chegar nos EUA, o STP ficou conhecido por seu sucesso e se expandiu para as empresas americanas.

Segundo artigo “Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração” em uma citação de Ghinato (1996), o STP vem sendo mencionado como sistema de “produção enxuta”, tradução para o termo *Lean Manufacturing*.

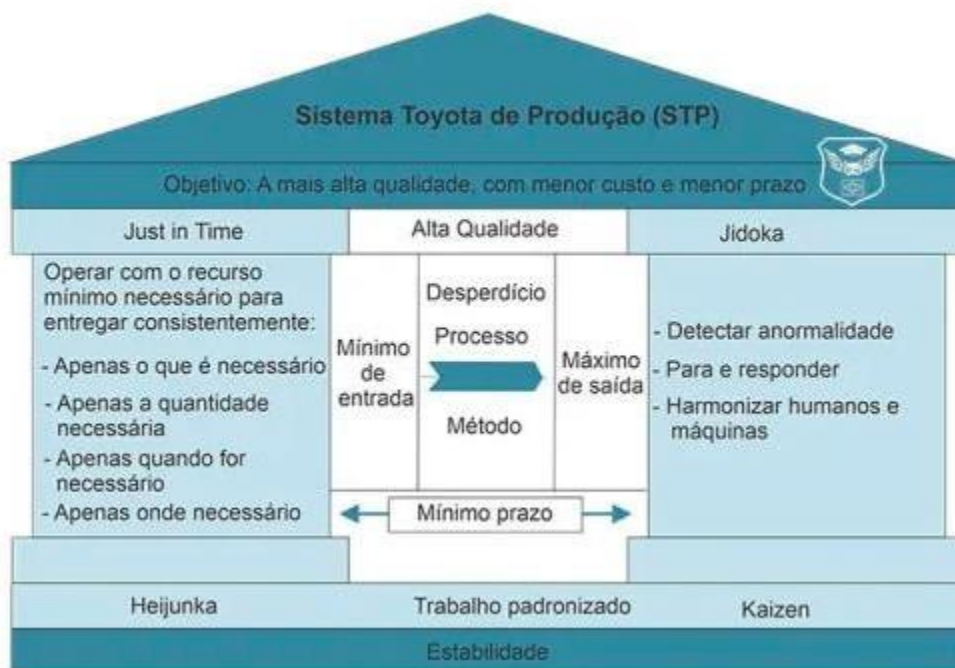
O termo *Lean* foi divulgado inicialmente pelo livro *A Máquina que Mudou o Mundo*, onde foi feito um relato do processo de implantação do sistema Toyota de Produção e suas implicações estudo feito pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*, EUA) sobre a indústria automobilística mundial, o qual atestou as vantagens no uso do STP. O estudo evidenciou, entre outras questões, que o sistema enxuto ocasionou expressivas diferenças em relação à produtividade, qualidade, desenvolvimento de produtos, destacando o sucesso da indústria japonesa na época. (WOMACK, James; JONES, Daniel; ROOS, Daniel, 1992)

2.2.1. Filosofia Lean

Segundo Ohno (1997), os pilares, visualizados na Figura 6, do STP são dois:

- (i) *Just in Time*, produzir a quantidade correta no momento certo, possuindo o mínimo estoque necessário para o processo;
- (ii) Automação (*Jidoka*), conceito utilizado para explicitar a autonomia do sistema produtivo e relação homem e máquina.

Figura 6 - Casa Sistema Toyota de Produção



Fonte: Marcondes, 2015⁶.

A ideia central é evitar desvios no padrão de qualidade, quantidade produzida, entre outras anormalidades na produção. Para isso, o sistema deve ser robusto, sustentado por princípios com auxílio de ferramentas, como *kaizen*, *heijunka*, 8S, entre outras.

2.2.1.1. *Just in Time* (JIT)

Para Motta (1996):

O *Just-in-Time* é, única e exclusivamente, uma técnica que se utiliza de várias normas e regras para modificar o ambiente produtivo, isto é, uma técnica de gerenciamento, podendo ser aplicada tanto na área de produção como em outras áreas da empresa. (MOTTA, 1996)

Just-in-Time é uma metodologia que busca dar dinamismo aos processos com qualidade e sem desperdícios, atendendo apenas a demanda imediata, ou seja, entregando o necessário na quantidade e momento requisitado, sem promover a geração de estoques. E, por este motivo, é um dos pilares de sustentação da “casa do Sistema Toyota de Produção- STP” (OHNO, 1997).

⁶ Disponível em: <https://gestaodesegurancaprivada.com.br/metodologia-lean-o-que-e-para-que-serve/>

Segundo Taiichi Ohno (1997) o termo *just in time* significa que:

“... em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça este fluxo pode chegar ao estoque zero. (...) para produzir usando o *just in time* de forma que cada processo receba o item exato necessário, quando ele for necessário, e na quantidade necessária, os métodos convencionais de gestão não funcionam bem (OHNO,1997).”

2.2.1.2. Automação (*Jidoka*)

Considerado o segundo pilar de sustentação da casa STP, *Jidoka* é um conceito voltado para a automação, ou seja, a autonomia dos processos automatizados com o propósito de prevenção aos defeitos através de alguns princípios e ferramentas, conforme mostrados na Figura 7. Através de equipamentos Andon⁷ e técnicas como *Poka-Yoke*, se detecta anormalidades e o operador ou a máquina interrompe o procedimento para que aquela manufatura sem conformidade não siga para a próxima etapa.

Para Ghinato (1995):

A ideia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador pára a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e a sua supervisão. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e consequentemente reduzindo as paradas da linha (GHINATO, 1995).

Figura 7 - Jidoka - princípios e ferramentas

⁷ É referente a uma modalidade de gestão. É uma ferramenta gerencial que deve ser aplicada para controlar determinados tipos de ocorrências na linha de produção.



Fonte: Herrera, 2020⁸.

A parada da linha de produção ou de uma máquina, com a simultânea investigação para descoberta e solução das causas, é o caminho essencial para as empresas da Toyota alcançarem os elevados níveis de qualidade. Existem algumas ferramentas e métodos de curto e longo prazo que auxiliam os processos produtivos a utilizar o conceito de *jidoka* sem ter que ficar muito tempo parado, sem produzir, são elas: *Poka-Yoke*, manutenção preventiva e preditiva, *Andon* e PDCA (*Plan - Do - Control - Act*).

2.3. Princípios da produção enxuta

O pensamento enxuto, tradução do termo *Lean Thinking* mencionado por James Womack e Daniel Jones (2004), é uma filosofia baseada no Sistema Toyota de Produção em que os procedimentos são analisados detalhadamente, a fim de, identificar e eliminar atividades que não agregam valor aos olhos do cliente, seja ele, interno ou externo, conseguindo assim, fazer mais com menos tornando o processo produtivo mais eficiente.

Os autores supracitados estudaram durante 4 anos em parceria com mais de 50 empresas que se inspiraram na Toyota e o resultado deste estudo foi a obra "*Lean Thinking*" que sintetiza em cinco princípios *Lean*, todo fundamento dessas empresas analisadas, conforme visualizado na Figura 8 (WOMACK; JONES, 2004).

⁸ Disponível em: <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/definici%C3%B3n-de-jidoka-control-autom%C3%A1tico-de-defectos>

Figura 8 - 5 princípios básicos da filosofia Lean



Fonte: Marcondes, 2015⁹.

Os cinco princípios, em resumo, consistem em cinco etapas, descrever o que é de fato valor para a organização e para o cliente; mapear o fluxo deste valor identificado; adaptar para um fluxo enxuto, sem interrupções; ajustar a produção para puxada, produzindo apenas a demanda solicitada pelo cliente; e buscar a perfeição, ou seja, melhoria contínua dos métodos que agregam valor, sendo mais comum na etapa de adequação ao fluxo enxuto.

De forma mais minuciosa é possível descrever os cinco princípios como:

i) Especificar o Valor: Entender as necessidades dos clientes para encontrar as oportunidades de melhorias em seu processo no intuito de gerar valor ao produto/serviço. É considerado valor quando as expectativas, seja sobre preço, qualidade e/ou prazo são atendidas (WOMACK e JONES., 2004);

ii) Identificar a Cadeia de valor: Compreender toda a cadeia de valor, do início ao fim, ou seja, todas as atividades, ferramentas e ações necessárias para que o produto/serviço atenda à perspectiva dos clientes. Desta maneira, tem-se o

⁹ Disponível em: <https://gestaodesegurancaprivada.com.br/metodologia-lean-o-que-e-para-que-serve/>

conhecimento dos desperdícios, atividades que não agregam valor para aquela determinada demanda;

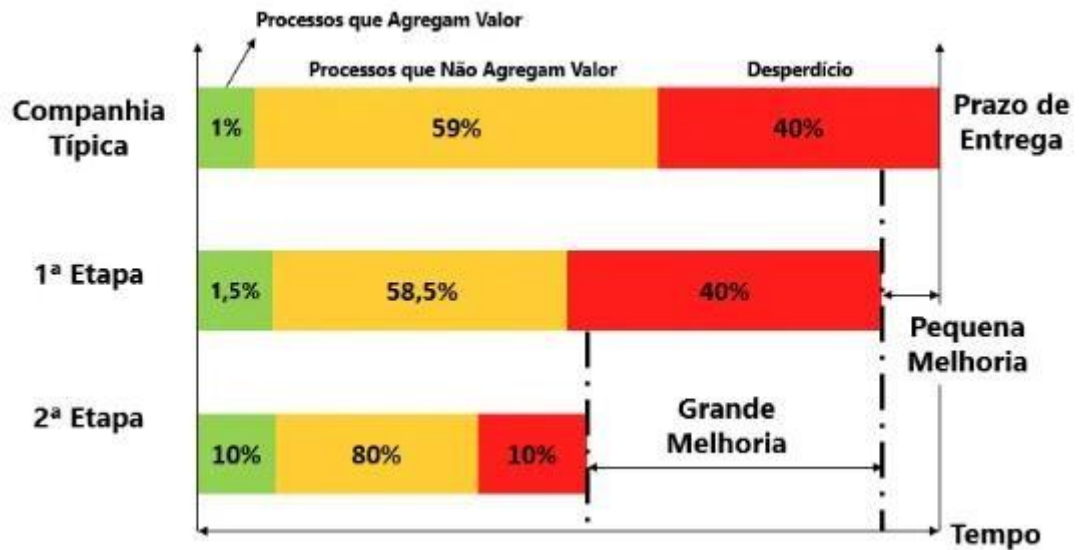
iii) Criar um Fluxo Contínuo: Após desenhar a cadeia de valor, eliminar todas aquelas atividades que a interrompem e a deixar alinhada na melhor sequência, assim permite criar um fluxo de valor contínuo;

iv) Produção Puxada: Deve se produzir apenas o necessário no momento solicitado pelo cliente ou pela próxima etapa do processo. Isto evita gastos demasiados advindos do acúmulo de estoques como construção e gerenciamento de maiores locais de armazenagem;

v) Perfeição: Para que ocorra a produção puxada corretamente, a empresa precisa atender sua demanda e variações corriqueiramente. Para isso, se faz necessário a busca pelo cenário ideal de desperdício zero, sempre adaptando e melhorando os processos a fim de reduzir cada vez mais o *lead time* e conseguir entregar o produto/serviço dentro ou, até mesmo, antes do prazo.

Ao implementar os 5 princípios básicos do *Lean*, as organizações passam a identificar as reais oportunidades de melhoria, como priorizar processos que agregam valor, tornar mais eficientes aqueles que não agregam e eliminar desperdícios, conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9 - Melhoria x Tempo



Fonte: Coutinho, 2020¹⁰.

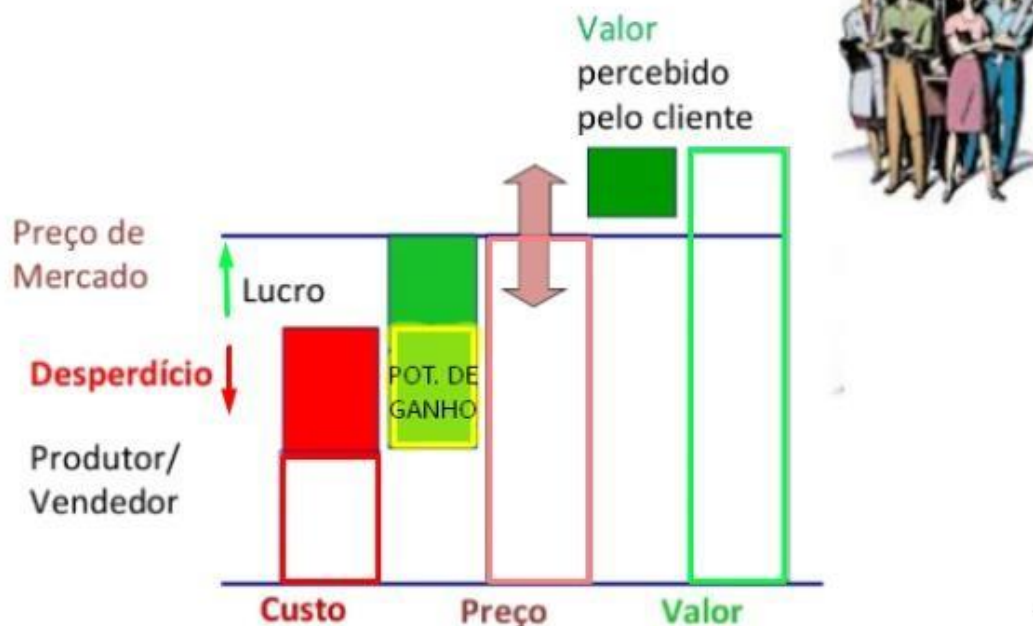
Para as empresas, de modo geral, as manutenções corretivas, peças fora do padrão de qualidade, sucata, deslocamento até a ferramenta são exemplos de tipos de desperdícios que devem ser excluídos em um processo produtivo.

Já a limpeza de máquina, horário de almoço e descanso do trabalhador, reinício da operação, troca e ajustes de parâmetros são *setups* que fazem parte do processo e devem ser otimizados.

Na utilização do *Lean*, é necessário que as ações sejam executadas e controladas conjuntamente e meticulosamente, fortalecendo a cadeia de valor para que se promova e se mantenha a qualidade do produto. Medições com o uso de ferramentas calibradas (respeitando sua vida útil), procedimentos padrões revisados e reciclagens de colaboradores devem se tornar parte da cultura da companhia.

Figura 10 - Custo x Valor

¹⁰ Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/valor-agregado>



Fonte: Seibel, 2014¹¹.

Com esses aperfeiçoamentos, se tem uma redução significativa do prazo de entrega, gerando maior valor ao cliente e redução do custo do produto, o deixando mais competitivo, Figura 10. Conseqüentemente, com a análise de custo e valor é possível se ter ganho de mercado, aumento de lucro e maior satisfação na utilização do produto/serviço, que está diretamente associada ao valor percebido pelos clientes.

2.4. Os oito tipos de desperdícios

Segundo Taiichi Ohno (1997) e Slack (2002) o *Lean Manufacturing* é resultante da eliminação dos sete desperdícios.

A Toyota identificou sete tipos de desperdício, os quais acredita-se serem aplicáveis em vários tipos de operações diferentes tanto de serviço como de manufatura e que formam a base da filosofia *just in time*. (SLACK, 2002, p. 488).

Para Shingo (1996) existem dois tipos de operação, as que agregam valor e as que não agregam.

“Os movimentos dos operadores podem ser classificados como operação e perda. A perda é qualquer atividade que não contribui para as operações, tais como espera, acumulação de peças semiprocessadas, recarregamentos, passagem de materiais de mão em mão etc.” (SHINGO, 1996, p. 110).

¹¹ Disponível em: <https://pt.slideshare.net/Sustentare/principios-da-filosofia-lean-slides-prof-silene-seibel>

Para Liker (2005) uma oitava perda também passou a ser assinalada, o não proveito do “capital intelectual humano”, ou seja, a não utilização da capacidade intelectual dos colaboradores a fim de contribuir com as melhorias do processo (LIKER, 2005).

O desperdício intelectual deve ser mais considerado pelas empresas já que os operadores à frente dos procedimentos convivem com as falhas corriqueiramente, podendo opinar de forma construtiva, facilitando e auxiliando na detecção e correção das demais perdas.

Sendo assim, na atualidade é comum considerar os oito desperdícios, como apresentados na Figura 11.

Figura 11 - Os oito desperdícios



Fonte: Paolinetti, 2021¹².

As definições dos desperdícios são apresentadas a seguir:

- i. Superprodução: produção além da demanda do cliente e/ou antecipação do pedido, gerando estoques desnecessários, podendo resultar em dificuldade de controle da produção e estoque, aumento dos custos de armazenagem e redução da qualidade do produto e processo.

¹² Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/os-8-tipos-de-desperd%C3%ADcio-segundo-lean-manufacturing-alex/?originalSubdomain=pt>

ii. Espera: De acordo com Ohno (1997), o desperdício de espera envolve o tempo ocioso dos processos, como a falta de matéria-prima, de informações ou equipamentos, de pessoas e a necessidade de manutenção não planejada. De outra maneira, é o tempo no qual a produção está ativa, porém não se está agregando valor devido a algum gargalo, causando a espera do restante da linha.

iii. Movimentação: são movimentos realizados pelos operadores e ou produtos nas atividades do processo, que não agregam valor ao processo produtivo, ou seja, movimentos desnecessários causados muitas vezes por falta de padrão nas atividades e/ou *layouts* com baixa eficiência para a produção.

iv. Transportes: movimentação de matéria-prima ou de componentes além do que é necessário, movimentos que não geram valor ao produto. Segundo Shingo (1996) é importante entender este conceito, já que o desperdício com transporte deve ser eliminado ao máximo e não apenas melhorado. Como exemplo tem se a mecanização de transporte manual, porém, o mesmo, ainda existe e não implica obrigatoriamente em um espaço mais eficiente dessa atividade.

v. Superprocessamento ou processamento incorreto: trata-se do excesso de processamento, no qual o esforço do homem ou da máquina é despendido em operações desnecessárias que podem causar movimentação exacerbada e defeitos, atrasando todo o fluxo do processo produtivo.

vi. Excesso de estoque: também conhecido como inventário, é a abundante reserva de matéria prima e/ou produtos acabados, o que gera uma necessidade de grandes áreas de armazenamento com custo adicionais de armazenagem, perda de produtos por validade ou até mesmo obsolescência e problemas de sintonia com fornecedores, produção e demanda dos clientes.

vii. Defeitos: produção de peças fora dos requisitos mínimos de qualidade, acarretando retrabalhados ou superprodução, resultando em perda de tempo e esforço. Pode advir de parâmetros de processo fora do padrão de qualidade, falta de

manutenção nas máquinas ou ainda operadores despreparados e/ou que não seguem a ficha técnica.

viii. Desperdício da criatividade dos funcionários: o não envolvimento dos funcionários nas tomadas de decisões e resoluções de problemas. Um desperdício mais difícil de medir diretamente os resultados quando se tem tratativas para solucioná-lo, porém indiretamente, acaba mitigando os outros desperdícios, já que as pessoas que executam as atividades são os “olhos da operação” e, muitas das vezes, tem uma solução ágil por conviver com todos os desperdícios no seu dia a dia.

2.5. Ferramentas e conceitos dentro do *Lean Manufacturing*

Além do *Just-in-time* e *Jidoka*, explanados em tópicos anteriores, a filosofia Lean possui outras ferramentas complementares.

2.5.1. Kaizen

Kaizen é uma técnica de aprimoramento dos processos produtivos, ficou conhecida e admirada mundialmente por seu uso demasiado no sistema Toyota de produção.

O termo em japonês, significa melhoria contínua, aumento do desempenho das atividades, principalmente no chão de fábrica.

Kaizen significa melhoramento. Mais que isso, significa contínuo melhoramento na vida pessoal, na vida domiciliar, na vida social e na vida no trabalho. Quando aplicado no local de trabalho, KAIZEN significa contínuo melhoramento envolvendo todos – tanto os gerentes quanto os operários (IMAI, 1994).”

A estratégia da metodologia *kaizen* está baseada em resoluções de problemas de forma simples e não ligada diretamente à sofisticação. A fim de contemplar todos os benefícios desta metodologia, utiliza-se o Ciclo PDCA (*Plan, Do, Control, Check*), Figura 12, praticado em 4 etapas:

- **P – Plan**, significa planejar e visa estabelecer melhorias através da elaboração de planos de ação para atingir os objetivos;
- **D – Do**, significa fazer, ou seja, aplicar e colocar em prática os planos;

- **C – Check**, significa verificar, tem o objetivo de analisar se a implementação dos planos foi alcançada e se os objetivos foram atingidos;
- **A – Action**, significa agir, que é a realização e uniformização dos novos procedimentos, ações corretivas.

Figura 12 - Ciclo PDCA



Fonte: Junior, 2022¹³.

O Ciclo PDCA segue o principal objetivo do *kaizen* é uma série de atividades que se repetem em busca constante de melhorias, sempre revisando e aperfeiçoando as especificações, ferramentas, padrões e métodos.

2.5.2. Programa 8S

O programa 8S foi construído no Japão na década de 50, após a segunda grande Guerra Mundial (1939 a 1945), sendo desenvolvido por Kaoru Ishikawa. Metodologia empregada nas empresas como esforço para reconstrução do país, buscando a qualidade dos produtos japoneses (ABRANTES, 1997).

Os 8S são decorrentes de palavras japonesas que expressam princípios imprescindíveis da organização, visualizados na

¹³ Disponível em: <https://www.doxplan.com/Noticias/Post/Ciclo-PDCA,-uma-ferramenta-imprescindivel-ao-gerente-de-projetos>

Figura 13, se trata de uma ferramenta de simples aplicação com conceitos eficazes. Porém, incluí-la na rotina dos colaboradores não é uma tarefa fácil, deve-se ter empenho e determinação para mudar os costumes fabris enraizados.

Para Lapa (1998), os oito “S” são designados como oito sentidos:

1. **SHIKARI YARO** - senso de determinação
2. **SHIDO**- Senso de Treinamento (*Shido*)
3. **SEIRI** - Senso da utilização, seleção;
4. **SEITON** - Senso de organização, sistematização, classificação;
5. **SEISO** - Senso de limpeza, zelo;
6. **SEIKETSU** - Senso de higiene, padronização, saúde;
7. **SHITSUKE** - Senso de autodisciplina, compromisso, educação.
8. **SETSUYAKU**- Economia e Combate aos Desperdícios

Figura 13 - Os 8 sentidos



Fonte: Apost, 2014¹⁴.

¹⁴ Disponível em: <https://www.apostilasdaqualidade.com.br/os-oito-sensos-8s/>

O primeiro senso, senso de determinação e União (*Shikari Yaro*): Senso de integração, liderança e comunicação. Atividade inicial da aplicação dos oito sentidos (8S) onde há uma relação de respeito, justiça, equidade e boas condições de trabalho (LAPA, 1998).

O segundo senso é o Senso de Treinamento (*Shido*). Neste senso os profissionais são preparados por cursos, informações e adaptação para se adequarem nos novos postos de trabalho. visando melhor empregabilidade dos recursos e eficiência nas atividades (LAPA, 1998).

O terceiro senso, *Seiri*, tem como objetivo identificar o que realmente está sendo utilizado no decorrer da atividade e retirar do ambiente de trabalho aquilo que não será utilizado naquele momento, descartando aquilo que não será mais utilizado e acondicionando em locais apropriados o que serão úteis para o futuro. Isto viabiliza um ambiente de trabalho menos poluído (LAPA, 1998).

O quarto senso é o senso de Ordenação o *Seiton*, complementa o terceiro senso, organizando e classificando o que foi selecionado como útil para aquele processo e acondicionando-os de forma segura e de rápida utilização, facilitando a localização, economizando assim, esforço e tempo (LAPA, 1998).

Com o local de trabalho otimizado e organizado, o quinto senso, *Seiso*, vem para dar continuidade, com o intuito de manter o espaço limpo, agradável e seguro para a atuação das pessoas no local de trabalho. Para a manutenção desse senso são feitas inspeções e exclusões de rotinas que acarretam sujeira e desordem. Outro propósito deste senso é manter os funcionários satisfeitos por trabalharem em um ambiente limpo e mais seguro, podendo reduzir manutenções corretivas, incidentes e até mesmo, situações que geram acidentes (LAPA, 1998).

O sexto senso, o de bem-estar (*Seiketsu*), serve para assegurar que todo trabalho realizado na implementação dos outros sentidos se mantenha e se torne padrão da empresa, ou seja criar uma rotina de utilização dos outros sentidos. Para isso, é necessário definir responsáveis, o que acaba motivando a equipe, aumenta o sentimento de pertencimento e traz mais seriedade ao processo. Bem como assegurar as atividades de limpeza e higiene das áreas comuns, boas condições de trabalho, inclusive estímulos visuais e criativos, uso de plantas e conservação de jardins, áreas recreativas, planos de assistência, plano de cargos e salários, campanhas de saúde,

valorização da prevenção dos acidentes de trabalho e cuidados com o meio ambiente, liberdade de expressão, delegação de responsabilidade, plano constante de treinamento e valorização do trabalho em equipe, respeitando as individualidades (ABRANTES, 1997).

O sétimo senso o de Autodisciplina, *Shitsuke*, é o senso de autodisciplina e responsabilidade, se trata da penúltima fase de implementação do programa 8S. Quando este senso é bem aplicado, não se precisa mais de incentivos da diretoria, pois os trabalhadores já sabem o que deve ser feito, de fato, incorporaram com sucesso todos os sentidos em sua rotina. Aqui há sempre espaço para incorporações de Melhoria contínua (ABRANTES, 1997).

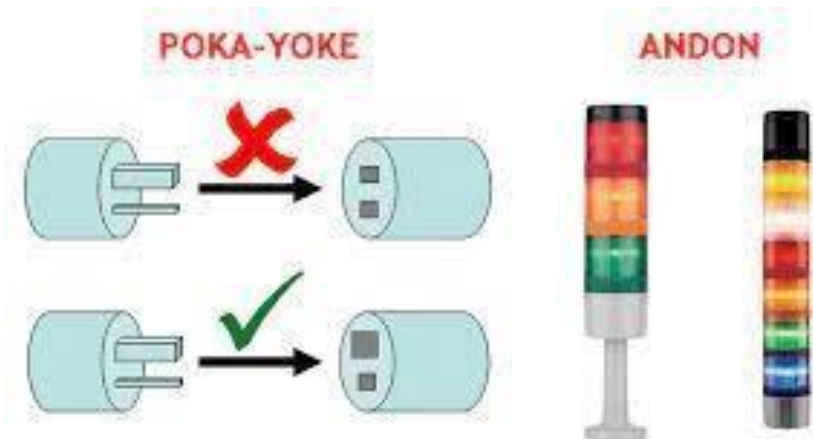
E finalmente o oitavo senso que assegura a Economia e Combate aos Desperdícios (*Setsuyaku*). Neste Senso é possível rever todos os Sentidos anteriores, como já é uma fase em que as pessoas já estão acostumadas com a utilização do 8 S e já existe a motivação, por parte de todos, para buscar melhorias, quase sempre de baixo ou nenhum investimento, que combatem os desperdícios, reduzem custos e aumentam a produtividade. Implementar o Programa 8S, que pode ser encarado como um método educativo, trará uma série de benefícios todos que o utilizam (ABRANTES, 1997).

2.5.3. Poka-Yoke

A ferramenta *poka-yoke* busca minimizar as ocorrências de defeitos nos processos de fabricação e montagem dos materiais eliminando as possibilidades de erros ou advertindo sobre anormalidades durante os procedimentos, obtendo uma característica preventiva (GHINATO, 1995).

Um exemplo de *poka-yoke* comumente utilizado nas indústrias é o equipamento *Andon*, representado na Figura 14.

Figura 14 - Exemplos da ferramenta Poka-yoke



Fonte: EngWhere, 2018¹⁵.

Para Shingo (1996), existe duas formas de se utilizar o poka-yoke para correção de erros:

O *Poka-yoke* de controle é o dispositivo corretivo mais eficiente, pois paralisa o processo até que a condição causadora de defeito tenha sido corrigida. O *Poka-yoke* de advertência permite que o processo que está gerando o defeito continue, caso os trabalhadores não atendam ao aviso.

- **Método de Controle** - *Poka-yoke* é ativado e a máquina ou linha de produção cessa, podendo-se corrigir o problema;
- **Método de Advertência** - *Poka-yoke* é ativado e um alarme soa ou uma luz sinaliza com o intuito de alertar o colaborador do erro.

A escolha do método leva em consideração o tipo do problema e a análise do seu custo-benefício em sua implementação. Se tratar de defeitos eventuais que possam ser corrigidos, como um parâmetro ou matéria prima utilizados incorretamente é indicado o método de advertência, por exemplo quadro de gestão à vista com principais deformidades e sistema de alarmes, como o Andon. Porém, se forem defeitos que aparecem com maior frequência ou são mais críticos para o processo e precisam de um tratamento mais minucioso é indicado o método de controle, como

¹⁵ Disponível em: <https://gestao-obra.engwhere.com.br/planejamento-obra/sistemas-obras-poka-yoke-ferramenta-gestao-andon/>

bancada de calibração e rodadas de inspeção de teste de qualidade, para verificar se os produtos estão de acordo com as especificações técnicas (SHINGO, 1996).

2.6. Simulação

A simulação para Pedgen et al. (1990) é a projeção de um modelo computacional de um sistema real, realizando experimentos com o intuito de entender o comportamento de vários cenários e analisar estratégias para sua operação.

De acordo com Cassel (1996 apud Hollocks, 1992), a simulação computacional em sua definição é uma técnica de Pesquisa Operacional que abrange a criação de um programa computacional que representa previsões de alguma parte do mundo real do que acontecerá na realidade através de experimentos no modelo, com o objetivo de apoiar nas tomadas de decisões.

Com o objetivo de evidenciar estas vantagens, Hollocks (1992) realizou uma pesquisa com 65 empresas do Reino Unido que utilizavam ou já haviam utilizado a simulação. Os principais benefícios pontuados por estas empresas ao usar esta técnica foram os apresentados na Tabela 1 (CASSEL, 1996 apud HOLLOCKS, 1992):

TABELA 1 - BENEFÍCIOS DA SIMULAÇÃO MAIS PONTUADOS

BENEFÍCIOS	% DAS 65 EMPRESAS
Redução de riscos	80
Melhor Atendimento	75
Redução dos custos operacionais	72
Redução do lead time	72
Mudanças mais rápidas da planta	52
Redução dos custos de capital	48

Fonte: CASSEL, 1996 apud HOLLOCKS, 1992

Para Law & Kelton (1991), o uso da simulação para o estudo de sistemas tem as seguintes vantagens:

- permite um controle melhor sobre as condições experimentais do que seria possível no sistema real, pois é possível fazer várias replicações no modelo determinando-se os valores desejados para todos os parâmetros;

- sistemas complexos que envolvem elementos estocásticos que não conseguem ser descritos otimamente por modelos matemáticos resolvidos analiticamente, podem ser estudados e compreendidos pela simulação;
- fornece a replicação precisa dos experimentos, possibilitando, assim, testar alternativas divergentes para o sistema;
- propicia simular longos períodos em um tempo reduzido;
- evita gastos adicionais na compra de equipamentos desnecessários por ser mais econômico do que testar o sistema real, no geral.

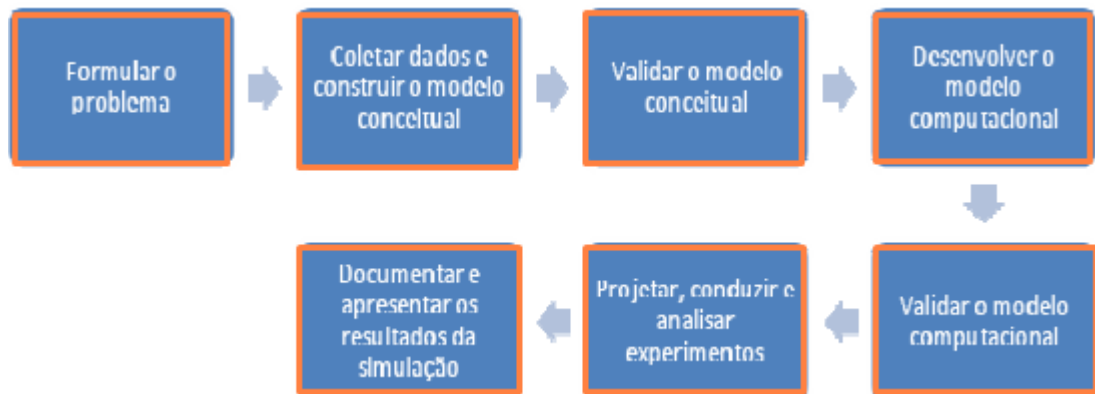
No entanto, a simulação também tem suas desvantagens (LAW & KELTON, 1991):

- é muito dependente da eficácia do modelo desenvolvido, ou seja, não resolve fazer um estudo detalhado dos dados de saída se os dados de entrada não estiverem corretos ou ainda o modelo criado não representar fielmente o sistema real;
- não é uma técnica de otimização de recursos, só testa as alternativas fornecidas pelo usuário;
- os modelos de simulação devem ser rodados diversas vezes para prever a performance do sistema, devido a sua natureza estocástica.

2.6.1. Desenvolvimento de um projeto de Simulação

Segundo Law (2006), o desenvolvimento de projeto de simulação é descrito por 7 etapas, sendo elas representadas na Figura 15:

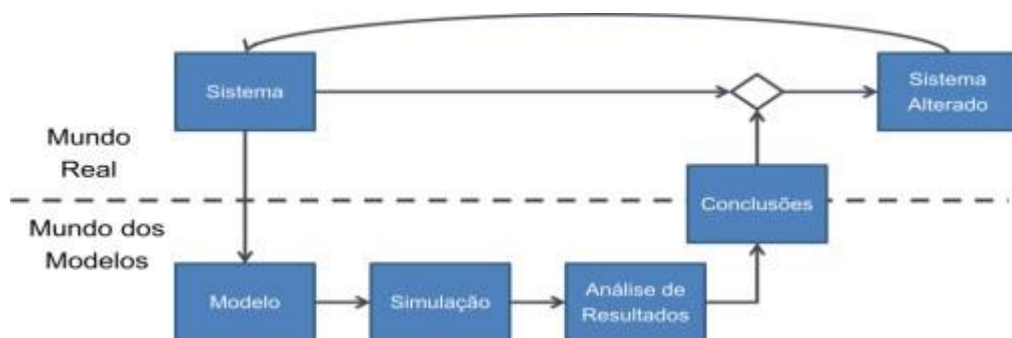
FIGURA 15 - SETE ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DE SIMULAÇÃO



Fonte: Adaptado de Law (2006)

Para Maria (1997), o estudo de simulação deve sempre estar presente na melhoria contínua dos sistemas, em um ciclo de repetição onde cria-se um modelo a partir de um mundo real. Após realizar a simulação e coletar os resultados, se iniciam as fases de análises e alcança conclusões de melhorias que podem ser implementadas no sistema real. Em formato de fluxograma, Maria (1997) descreve o estudo de simulação, conforme Figura 16.

FIGURA 16 - FLUXOGRAMA DE UM ESTUDO DE SIMULAÇÃO



Fonte: Maria (1997)

De acordo com o livro “Simulação de sistemas produtivos” de Gregório (2019), independentemente da quantidade de etapas no desenvolvimento de um projeto de simulação, todos os autores, Chwif e Medina (2010), Zhu *et al.* (2014 *apud* NASCIMENTO *et al.*, 2016) e Moreira (2011), compactuam com os passos: definição

do problema e conhecimento das partes que integram o sistema; simulação do modelo construído; e construção de relatórios para análise do tomador de decisão.

Compilando os modelos dos autores citados anteriormente, buscando uma melhor descrição das etapas, Gregório (2019) definiu assim:

1. **Definição do problema e dos objetivos:** definição do problema existente no sistema real a ser solucionado e dos objetivos do projeto de simulação. Geralmente, o problema é definido pelo cliente e precisa ser claro para toda a equipe envolvida.
2. **Formulação e planejamento do modelo:** construção do modelo conceitual do projeto, que é a representação abstrata do sistema real. Após a formulação, é necessário definir também a abrangência, as hipóteses e o grau de especificação do modelo, ou seja, planejar o modelo.
3. **Coleta de dados:** identificação dos dados necessários e coleta. Os dados necessários dependem do sistema e do problema.
4. **Desenvolvimento do modelo:** desenvolvimento de um modelo computacional que represente o modelo conceitual. É importante que a organização utilize ferramentas adequadas, que suportem bem o modelo e os testes necessários.
5. **Verificação:** análise que verifica se o modelo computacional apresenta satisfatoriamente o modelo conceitual.
6. **Validação:** aprovação do modelo computacional caso ele esteja adequado. Caso não esteja, alterações são necessárias. Nesse caso, retorna-se à fase de desenvolvimento do modelo.
7. **Experimentação:** realização de testes no modelo, de acordo com os cenários predeterminados.
8. **Análise dos resultados e apresentação:** exame dos resultados da experimentação e apresentação aos tomadores de decisões.
9. **Implementação:** implementação da decisão tomada. É importante que os resultados da implementação sejam acompanhados pela equipe.

Visto que o manuseio da simulação pode trazer muitas vantagens para processos fabris, este estudo apresenta resultados desta técnica para os ajustes de

layout e definição dos recursos necessários do projeto de renovação tecnológica para se alcançar um salto de produtividade.

3. Metodologia

A metodologia é o estudo do método, ou seja, é o agrupamento de conhecimentos estruturados em relação a um determinado domínio do saber. Em geral, o método científico concebe basicamente um conjunto de dados e informações iniciais organizadas adequadamente para a formulação de conclusões, de acordo com os objetivos preestabelecidos (ENGEL GERHARDT, Tatiana; TOLFO SILVEIRA, Denise, 2019).

A metodologia é a investigação dos caminhos a serem percorridos e dos recursos utilizados para se fazer uma pesquisa científica (ENGEL GERHARDT, Tatiana; TOLFO SILVEIRA, Denise, 2019).

3.1. Caracterização da localidade de Estudo

A pesquisa pauta-se em análises práticas advindas de observações em um chão de fábrica de um setor de injeção plástica de uma planta operacional, atribuindo assim, uma característica de pesquisa de campo.

3.2. Métodos de pesquisa

O entendimento dos distintos tipos de pesquisa e suas classificações é de grande valia para a escolha e a concordância que melhor se aplica aos objetivos do trabalho, na intenção de atingir êxito na realização da pesquisa científica.

Segundo Fachin (2003):

O método é um instrumento do conhecimento que proporciona aos pesquisadores, em qualquer área de sua formação, orientação geral que facilita planejar uma pesquisa, formular hipóteses, coordenar investigações, realizar experiências e interpretar os resultados. Em sentido mais genérico, métodos, em pesquisas, seja qual for o tipo, é a escolha de procedimentos sistemáticos para descrição e explicação de um estudo. No desenrolar da pesquisa, podem aparecer vários tipos de método.

Segundo o Dr. Marcelo Fantinato (2015), professor da Universidade de São Paulo (USP), os métodos de pesquisa possuem 4 classificações divididas em subgrupos, como é apresentado na Tabela 2:

Tabela 2 - Tipos de pesquisa conforme a sua classificação

GÊNERO	OBJETIVO	ABORDAGEM	NATUREZA
Teórica	Descritiva	Quantitativa	Básica
Prática	Exploratória	Qualitativa	Aplicada
Metodológica	Explicativa	Misto	
Empírica			

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A pesquisa se enquadra no gênero prático por ser uma observação das atividades como de fato ocorrem, sem isolar e controlar as variáveis, mas sim, pontuar e analisar as relações especificadas.

O trabalho busca prover uma maior familiaridade com o tema proposto através de um levantamento bibliográfico e do estudo de caso, se enquadrando em uma pesquisa exploratória.

Possui uma abordagem quantitativa por traduzir as ações implementadas e informações coletadas em números por meio de resultados operacionais quantificáveis.

De natureza aplicada que busca utilizar os conhecimentos para aplicação prática, destinados à solução de problemas concretos com objetivos definidos de médio ou curto prazo.

O embasamento teórico adveio da pesquisa bibliográfica de livros, artigos, monografias, teses de mestrado e doutorado, revistas e *webinars*. Utilizou-se ferramentas de busca como *Google Scholar*, *Periódicos* e *Youtube*.

Após o levantamento do material bibliográfico em concordância com a definição dos métodos de pesquisas, é essencial suceder uma análise crítica do que deve ou não acrescentar ao estudo a fim de se ter uma conexão lógica entre os assuntos abordados de forma condensada, mas sem deixar de expor os pontos relevantes. Para assim, desenvolver um próprio material rico em referências e conseguir apresentar a contribuição para o tema.

3.3. Métodos de pesquisa utilizados

A escolha do método de pesquisa utilizado foi de caráter analítico em que se propõe um prévio embasamento teórico com o intuito de facilitar e explorar ainda mais a intercorrelação do tema apresentado com as análises de resultados a fim de se ter melhor entendimento e reflexão para trabalhos futuros.

As análises durante diferentes etapas do projeto têm como finalidade representar a metodologia *Lean* como auxílio para resolução de problemas em vários níveis.

Em um primeiro momento, se realiza a coleta de dados via extração de relatórios do sistema *System Analysis Program Development (SAP)*, *software* de planejamento de recursos empresariais, e, em alguns processos específicos, via quadro gestão à vista com propósito de se ter maior visibilidade dos dados.

Em seguida, através da manipulação destes relatórios por meio de fórmulas no *Excel*, transforma-se os dados em informação gráfica, concretizando os indicadores de desempenho fabril que é a base para direcionamento de planos de ação e projetos para atender aquela determinada dor do processo.

O próximo passo se dá na criação de planos de ação e projetos pautados em ferramentas *Lean* como 8S, *poka-yoke*, autonomação, indústria 4.0, entre outros que auxiliam na tomada de decisão.

Sendo assim a classificação da pesquisa deste estudo representada na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação da pesquisa deste estudo

GÊNERO	OBJETIVO	ABORDAGEM	NATUREZA
Prática	Exploratória	Quantitativa	Aplicada

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4. Resultados

Neste capítulo será apresentado as análises e resultados alcançados no projeto do estudo de caso a partir das etapas de implementação do projeto, bem como, a descrição do processo a qual está inserido, as dificuldades encontradas e ferramentas e técnicas utilizadas.

4.1. Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado em uma empresa no ramo de transformados plásticos, atuando no mercado de manufaturas para a construção civil, durante o processo de mudanças e melhorias necessárias para se implementar um projeto de renovação tecnológica.

4.2. Descrição do processo produtivo

O processo produtivo transcorre no chão de fábrica de um setor de injeção plástica que se subdivide, principalmente, em três macro áreas:

- PMP (Preparação de matéria prima de Injeção) - etapa de recebimento, preparação e direcionamento dos insumos para a fábrica de injeção;
- Fábrica Injeção - etapa de transformação plástica, onde fica alocadas as injetoras e seus periféricos no formato celular;
- Central de Embalagem - etapa de identificação com CB (código de barras), pesagem, contagem, montagem e embalagem para expedição ao CD (Centro de Distribuição).

Figura 17 – Ciclo do material na PMP e na fábrica de Injeção



Fonte: Documentação da empresa, 2021.

O ciclo do material pode ser descrito em 12 principais passagens, desde a entrada de insumo até a expedição do produto acabado ao CD. De forma ilustrativa, temos representado as macros áreas de PMPI e Fábrica Injeção, 1 ao 9, na **Figura 17**, e a Central de Embalagem, 10 a 12, na Figura 18.

Figura 18 – Produto na Central de Embalagem Pós-Projeto de Renovação Tecnológica



Fonte: Documentação da empresa * (2021).

Segue abaixo uma breve descrição do material sendo processado ao passar pelas máquinas e periféricos apresentados nas **Figura 17** e Figura 18.

A matéria prima é armazenada nos silos externos até ser bombeada para as **Granuladoras** (1), onde passa por processos de aquecimento, pigmentação e fragmentação em grânulos menores mantendo a uniformidade e qualidade da granulometria para que seja aderente ao processo de sua transformação. Transfere-se para um **Resfriador Granulado** (2) onde é resfriado para ser armazenado na temperatura ideal no **Silo Granulado** (3). **Válvulas de limpeza de Silos e Centralinas** (4) são essenciais para a saúde do processo, permite o fluxo contínuo do material, por evitar entupimento dos dutos, até o **Sistema Piovan** (5) onde se tem o controle de temperatura do material e é direcionado com “força vácuo¹⁶” para os **Funis de Alimentação** (6) das **Injetoras** (7).

O procedimento nas injetoras de recebimento, plastificação e preenchimento representado nas passagens de 6 a 9, na Figura 17, será descrito com mais detalhes no próximo subtópico.

¹⁶ “Força vácuo” é gerada por bombas de vácuo para o transporte efetivo de pequenos grãos e pó através de dutos.

Após o material ter passado por todo ciclo de injeção e ser ejetado do molde, o operador realiza a inspeção para verificar a qualidade da injeção, caso tenha alguma peça com defeito, a mesma, é segregada e realiza-se o ajuste dos parâmetros para que o defeito não se mantenha no próximo ciclo de injeção. É comum ter que retirar rebarbas¹⁷ e canais¹⁸.

As peças são transportadas em carrinhos até a **Central de Embalagem** onde serão despejadas em um tombador e posteriormente na esteira rolante da **Impressora Inkjet (10)** para serem marcadas a laser com o CB e passarem por duplo *check* de conferência, contagem e peso, este último, já durante o processo de embalagem na **Embaladora (12)** de saco plástico, de saco rafia e/ou nas duas quando é mista, depende da granulometria e especificidade das peças.

Coloca-se etiqueta de identificação nas embalagens, agrupa dentro de gaiolas ou em paletes para direcionar ao CD que irá estocar e expedir.

4.3. Processo de Injeção

Os polímeros termoplásticos ao transcorrer pelo processo de aquecimento são fundidos e podem ser moldados e ao sofrerem resfriamento se solidificam (MANO; MENDES, 1999).

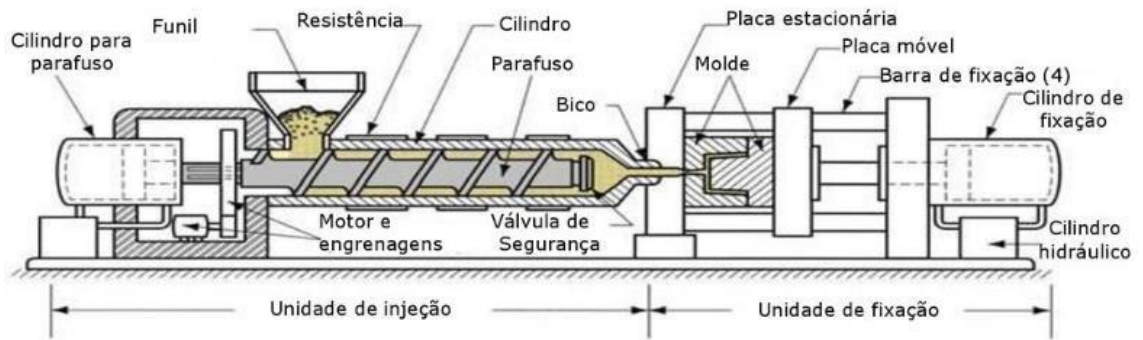
A estrutura química do polímero não é modificada com a troca de estado físico, permitindo que este possa ser fundido e solidificado novamente (NIELSEN, 1977).

A Figura 19 representa o processo de injeção em 2 unidades, de injeção e de fixação, correspondendo respectivamente, à etapa de plastificação e de preenchimento, de modo geral.

Figura 19 - Componentes das injetoras

¹⁷ Rebarbas são sobras de polímero na parede externa ou interna das peças, são de fácil remoção com auxílio de ferramentas cortantes adequadas, a fim de se alcançar a geometria especificada tecnicamente.

¹⁸ Canais ou galhos é o polímero após o processo completo de injeção no formato dos “caminhos” preenchidos que intercalam uma cavidade a outra dentro de um molde, são moídos e reprocessados, caso estejam dentro do padrão de qualidade solicitado para esta atividade.



Fonte: Barros, 2022¹⁹.

O **funil de alimentação** recebe a matéria prima preparada e a direciona para o **cilindro de aquecimento**, o qual possui resistências elétricas que conduzem calor ao polímero a fim de realizar sua plastificação. O **parafuso** mantém constante o movimento de rotação e translação para que todo o material seja plastificado e conduzido de uniformemente até o **bico de injeção** que o guiará para dentro do **molde**. A **válvula de segurança** serve para bloquear o retorno do polímero fundido após ter sido injetado na cavidade do molde.

A etapa de preenchimento ocorre na unidade de fixação e, para que suceda efetivamente, os parâmetros devem estar sincronizados corretamente com o tipo de matéria prima e produto resultante do processo, como tempo, velocidade, temperatura e pressão de injeção; tempo de resfriamento; temperatura, força e pressão de fechamento do molde; e pressão de recalque²⁰.

A troca de moldes de injeção (ferramental utilizado para produzir peças plásticas na moldagem por injeção) é um procedimento demorado podendo chegar a 50 minutos. Estes ferramentais pesam toneladas e são manuseados por pontes rolantes suspensas e sempre deve realizar o isolamento da área ao redor da injetora ao qual está sendo colocado ou retirado, interrompendo o fluxo do corredor em média de 20 minutos. Visto isso, houve a necessidade de padronizar e travar roteiros, ou seja, definição de moldes por injetoras, com intuito, de reduzir o tempo de *setup*, com a redução de trocas e de manutenções corretivas, conseqüentemente abaixando também o *lead time* como um todo.

¹⁹ Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/14009070/>

²⁰ Pressão de recalque: assegura que todas as cavidades internas do molde sejam preenchidas por completo.

Para esta mudança, houve a alteração de layout por classificação de injetoras automáticas, semiautomáticas e manuais.

4.4. Projeto de Renovação Tecnológica

Com um cenário projetado de crescimento em 17% em volume de produção no ano de 2020 para 2021, foi feita a implementação de um projeto focado no ganho em produtividade a fim de conseguir suprir a nova demanda do mercado no prazo cada vez menor no intuito de se manter competitivo.

O projeto de renovação tecnológica surgiu no intuito de se alcançar um ganho de eficiência em até 17%, através da simplificação e uniformização do processo de injeção além da centralização das embalagens de rafia e plásticas. Os principais investimentos foram 103 esteiras, 240 carros de movimentação, 01 embaladora de rafia, 01 embaladora a granel, 01 embaladora para componentes, 02 *check pesos* e 90 bancadas, conforme Figura 20.

Figura 20 - Principais investimentos



Fonte: Documentação da empresa (2021).

Para se alcançar tal eficiência, foi preciso eliminar e evitar desperdícios além da automatização do fluxo produtivo, buscando minimizar movimentação, transporte e tempo de espera desnecessários entre uma atividade e outra. O desenvolvimento do projeto se deu em várias etapas como compras de máquinas, confecção de

periféricos e moldes, simulações, modificações de layout, treinamentos, *kaizens* e *gembas*²¹.

4.4.1. Layout

A atividade de modificações de layout foi muito desafiadora por características de peso (toneladas) das máquinas e periféricos, espaço e tempo, sendo a grande dificuldade ter que realizar todo este processo com a fábrica em funcionamento. Desta forma, fez-se necessário, adaptações no plano de controle de produção, como roteiros alternativos (programações de produção de produtos em injetoras que comumente não recebiam aquela Ordem de Produção).

Após a movimentação de 70% das injetoras dentro do setor para se alcançar a nova configuração de células (Automáticos, Registros, Quadros, Bucha Latão e Diversos), visualizado na Figura 21, se iniciou o estágio de implementação de periféricos (esteiras e bancadas), além da instalação de novas injetoras, sem expandir o espaço físico do setor e de maneira que não impedisse a passagem de operadores e/ou a manutenção das máquinas.

Figura 21 - Nova configuração celular



Fonte: Documentação da empresa (2021).

Nesta fase do projeto, deparou-se principalmente com o desperdício de superprocessamento da atividade de adequação de layout já que foram necessários novos planos de ação que não estavam no escopo do projeto a fim de se realizar os

²¹ *Gemba* é um termo de origem japonesa que as empresas utilizam com objetivo de se ir até o local onde realmente ocorrem as atividades, com intuito de ter clareza dos processos, identificar e resolver os problemas.

reajustes necessários de espaçamento no intuito de suportar a inclusão dos novos equipamentos sem infringir as medidas estabelecidas por normas de segurança. Na Figura 22, segue um exemplo de plano de ação aplicado para mapear e executar as oportunidades de melhorias no layout. A construção do plano de ação se baseava em etapas de descrição, efeito e causa do problema com suas respectivas ações recomendadas, o “dono” da ação e um campo de status/observação.

Figura 22 - Plano de ação: Ajustes e oportunidades de melhorias no layout

Plano de Ação - Ajustes / oportunidades de melhorias Layout						
Nr.	Problema	Efeito do Problema	Causa do Problema	Ações Recomendadas	Suporte na execução	Status/Observações
1	Falta de espaço na célula B	Container e carrinho no corredor I101, I303, I424, I425	Layout mal calculado	Retirar I426; Ajuste de espaço; Virar I424	João	
2	Falta de espaço na célula C	Container e carrinho no corredor I412, I413, I334	Layout mal calculado	Retirar I414; Ajuste de espaço; Virar I412;	João	
3	Falta de espaço geral	Container no corredor	Layout mal calculado	Retirar pernas da bancada (I322 - piloto) e encaixar container embaixo	Rosana - oficina	Deixar apenas 1 pé de sustentação e fixar as bancadas na injetora, caso necessário
4	Falta de espaço entre I230 e I229 - célula B	Manutentor não consegue passar	Layout mal calculado	2 possibilidades: 1) I229 ao lado da I322 2) I229 e I230 empurrar ela pra traz	João	

Fonte: Documentação da empresa (2021).

Com isso, foi necessário realizar o “*as built*”²², para se ter um layout atualizado, detalhado e fiel à realidade, a fim de conseguir simular e realizar os ajustes finais para se alcançar a disposição adequada dos equipamentos (injetoras, bancadas e esteiras), conforme normas de segurança e objetivo do projeto.

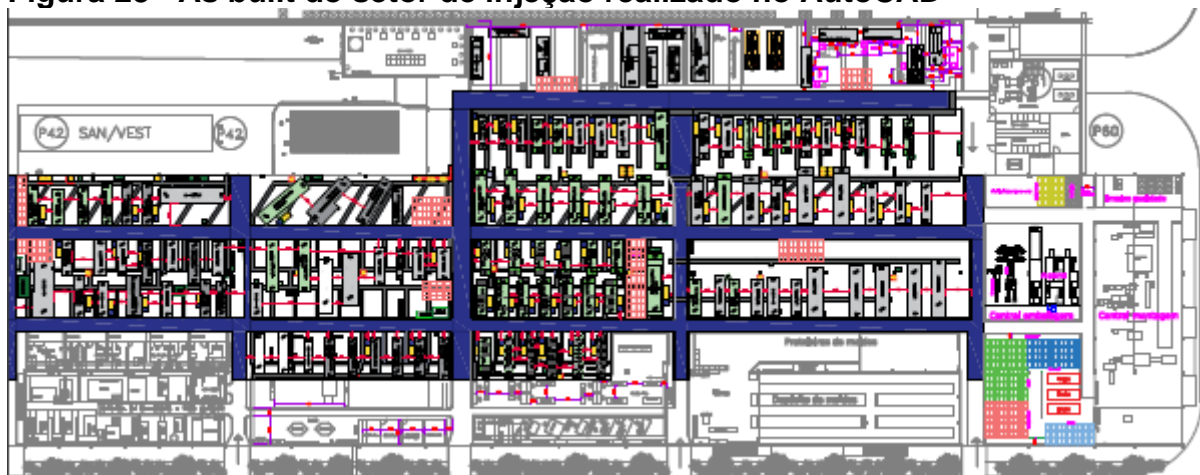
Durante a medição constatou-se a imprecisão do equipamento a laser consequente da falta de calibração contínua, notado a partir da comparação com a medição manual utilizando a trena. Para evitar a ocorrência do desperdício de movimentação decidiu-se realizar *as built* com trena de 20 metros.

Após realizado e validado todas as medições necessárias, como tamanho de máquinas, corredores, periféricos, colunas e hidrantes, por exemplo, transferiu-se todas as medidas de comprimento, largura e distância entre os equipamentos para o

²² *As built* em sua tradução literal, como construído, se trata de um processo de identificação e documentação de alterações observadas e medidas no espaço, visando a atualização de seu layout.

programa AutoCAD. Segue o *print* da interface do programa na Figura 23, uma visualização computacional do *layout* do setor de injeção. A importância desta ferramenta está na simulação pois permite a realização dos ajustes de *layout* até que se encontre o melhor cenário para que execute na prática, evitando assim, desperdícios de superprocessamento e espera que gerem custos adicionais por se ter retrabalhos, como citado anteriormente.

Figura 23 - As built do setor de injeção realizado no AutoCAD



Fonte: Documentação da empresa (2021).

Para se ter a vazão adequada das peças à nova central de embalagem adquiriu-se carros motorizados com diversos comboios, substituindo a locomoção manual. Áreas maiores de recolhimento de comboios e alargamento dos corredores foram essenciais para manter o fluxo contínuo de escoamento dos materiais.

4.4.2. Modelo de simulação

A simulação procura apoiar tomadas de decisão, promovendo a partir das possibilidades, a redução de riscos, de desperdícios e, conseqüentemente, de custos envolvidos no processo. Para se desenvolver um modelo de simulação, o time de desenvolvimento passou por 9 etapas, conforme Figura 24.

FIGURA 24 - ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA SIMULAÇÃO



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

1. **Definição do Problema e dos Objetivos:** Quantidade de carrinhos necessários para atender à 2 Planos de Produção (PCP). E qual a rota mais eficiente para que o fluxo de produção caminhe lado a lado com fluxo de expedição;

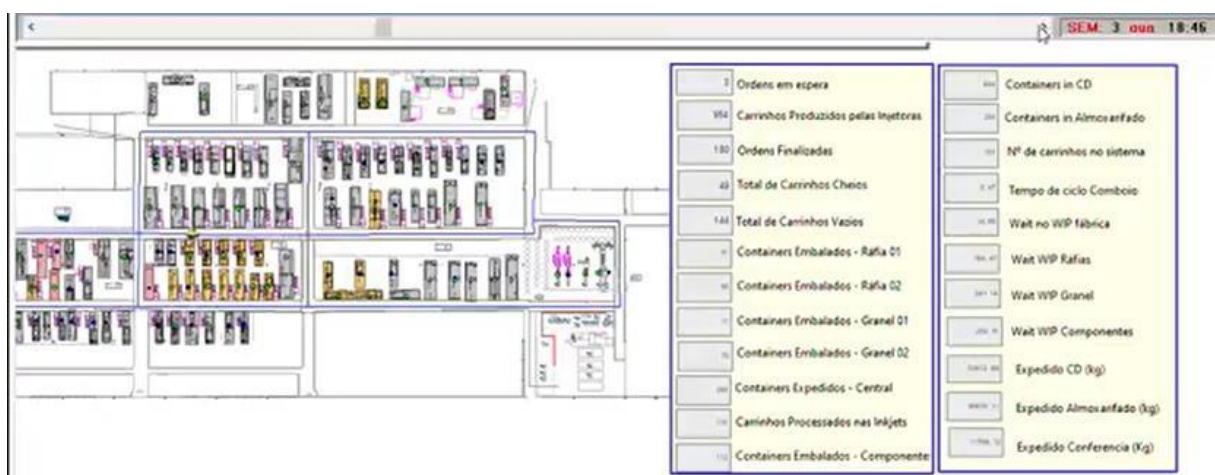
2. **Formulação e Planejamento no modelo:** fase de levantamento de todas as variáveis importantes ao processo. Espaço físico, tempo de ciclo de cada atividade, movimentações, possíveis rotas, tempos de setup dos equipamentos, ordens de produção e tempo de embalagem. Além da definição de melhor local de 7 WIP²³ (*Work In Progress*);
3. **Coleta de dados:** mede-se e coleta-se dados de cada variável, além de agrupar históricos;
4. **Desenvolvimento do modelo:** desenvolveu-se um modelo computacional no software “*ProModel*” que melhor representasse o modelo conceitual;
5. **Verificação:** fase em que valida o modelo com a realidade, verificando medidas de layout e quantidade de variáveis envolvidas no processo;
6. **Validação:** momento de validar os valores das variáveis e aprovar o modelo proposto caso tudo esteja ajustado, se não, retornar à fase de desenvolvimento de modelo;
7. **Experimentação:** inicia-se os testes no modelo de simulação;
8. **Análise dos resultados e apresentação:** caso tenha chegado a um resultado ótimo para suprir as demandas do sistema, pode-se apresentar aos tomadores de decisão para seguir com a próxima fase. Se ainda o resultado não foi satisfatório, faz-se mais experimentos, como vamos mostrar no Cenário 1, até que se alcance um resultado ótimo. Caso, mesmo assim, continue sem alcançar um resultado ideal, alguma fase anterior não foi bem executada e terá que voltar algumas etapas, o que não ocorreu com no projeto.

²³ WIP: refere-se a um local delimitado entre as células onde se direciona os carrinhos comboio (“vagões”) de peças vazios vindos da central ou cheios vindos das injetoras.

9. **Implementação:** Com todos resultados ótimos dos cenários apresentados e permitido à implementação pelos tomadores de decisão, se inicia esta fase com o acompanhamento pela equipe.

O software “ProModel”, a partir do desenvolvimento do modelo, tinha como objetivo dimensionar a quantidade de recursos necessários junto a melhor rota que atendesse aos 2 Planos de Controle de Produção (PCP) propostos pela equipe do projeto no menor tempo possível. Segue a interface do software utilizado na Figura 25.

FIGURA 25 - INTERFACE DE SIMULAÇÃO DO SOFTWARE PROMODEL



Fonte: Documentação da empresa (2021)

O primeiro plano considerava o volume de produção de acordo com a demanda da época (PCP1) e, o segundo, considerava o volume de produção atrelado à capacidade máxima da planta (PCP2). A seguir serão apresentados os cenários simulados para PCP1 e PCP2:

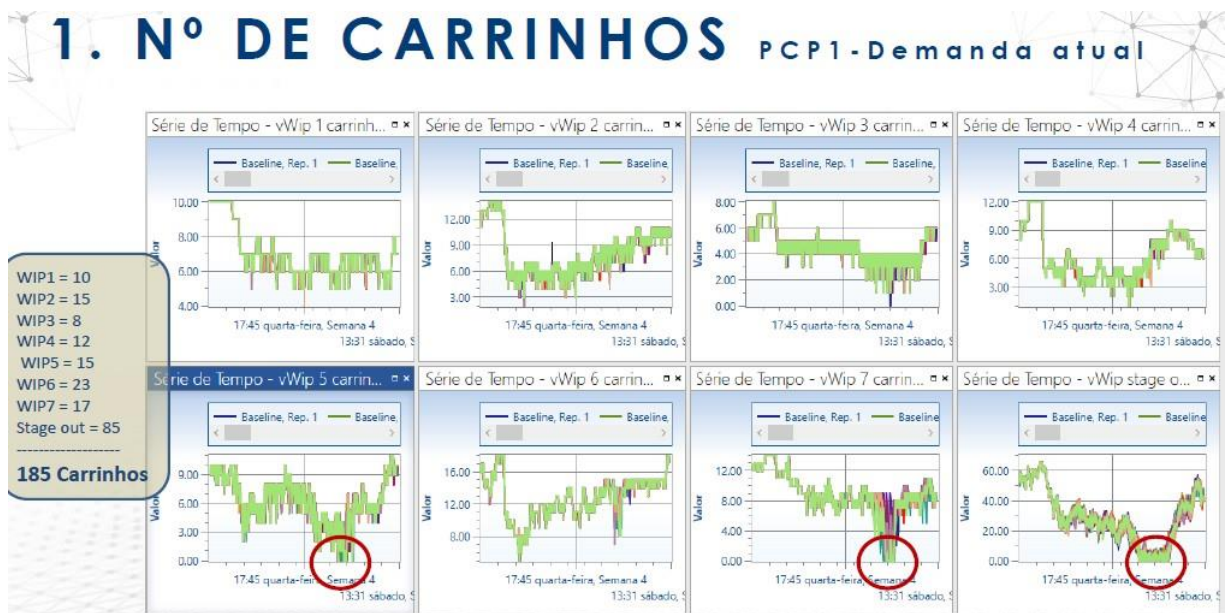
➔ **Cenário 1:** Dimensionar o número de carrinhos comboio na fábrica (PCP1)

- **Objetivo:** Dimensionar a quantidade ideal de carrinhos a serem alocados em cada WIP e à *Stage Out* (Central de embalagem) a fim de minimizar o desperdício de espera por paradas no fluxo de injetoras e rebocadores²⁴ por falta de carrinhos vazios.

²⁴ Rebocadores: Carros elétricos que conduzem de forma separada os carrinhos comboio de peças dos carrinhos comboio de canal, refugo e sucata.

Os gráficos do primeiro cenário possuem em seu eixo x, o tempo, em minutos, e em seu eixo y, a quantidade de carrinho. O primeiro resultado, não foi o adotado pela equipe do projeto pois mesmo atendendo a quantidade total de carrinhos comboios estipulados (185), notou-se 3 gargalos, demarcados no gráfico da Figura 26, em que o WIP 5 e 7 e a Central de Embalagem ficariam em média 6 horas aguardando carrinhos comboio para carregar ou descarregar peças, sendo a Central com maior tempo de espera.

FIGURA 26 - RESULTADO NÃO ATENDIDO NO PRIMEIRO CENÁRIO PARA ATENDER PCP1



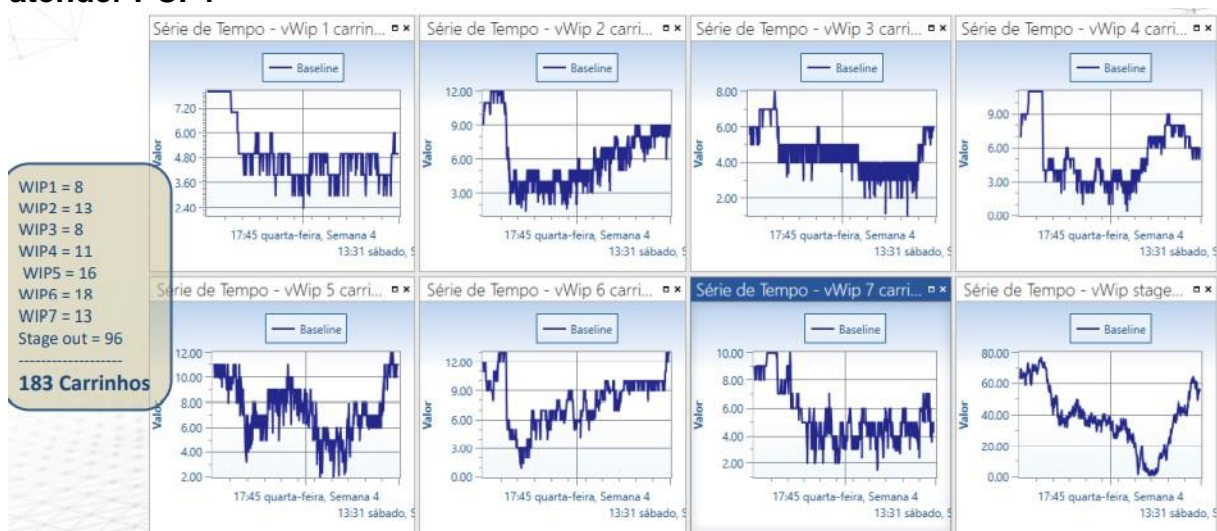
Fonte: Documentação da empresa (2021)

A fim de minimizar o tempo médio parado por falta de carrinhos vazios nos pontos demarcados na Figura 26 e, visto que, um resultado ótimo previsto na primeira análise da simulação seria um ponto de partida para as próximas análises, decidiu-se realizar mais X experimentos, chegando a um total de 256, para se criar uma representação matemática ideal. Ou seja, resultado que atendesse ao fluxo de movimentação e expedição do setor de injeção ao CD por toda semana 4, durante todos os 3 turnos, definida como a mais crítica pelo projeto além de ter apresentado os 3 gargalos no mês.

A representação gráfica do cenário ideal escolhido alcançou um número total de 183 carrinhos, inferior ao resultado anterior, porém com distribuições diferentes

entre os 7 WIP's e no *Stage Out*, sendo este último, com mais 11 carrinhos (total 96) sem apresentar gargalos, conforme **Figura 27**.

Figura 27 – Resultado escolhido para nº de carrinhos necessário para atender PCP1



Fonte: Documentação da empresa (2021)

A partir da solução escolhida para o primeiro cenário, iniciou-se os experimentos para o segundo.

→ **Cenário 2:** Avaliar desempenho Rota Contínua vs. Rota com Andon (PCP1);

- **Objetivo:** Escolher a Rota com menores tempos de espera e com a maior tonelada expedida.

Comparou-se 4 opções de rota em dois grupos diferentes, Rota Contínua e Rota com Andon.

Na Rota Contínua, independente da demanda em cada WIP e no *Stage In* e *Out*, os motoristas do carro rebocador de carrinhos comboios de peças passariam por cada um dos 10 pontos projetados, consecutivamente, nas 4 rotas alternativas desenhadas.

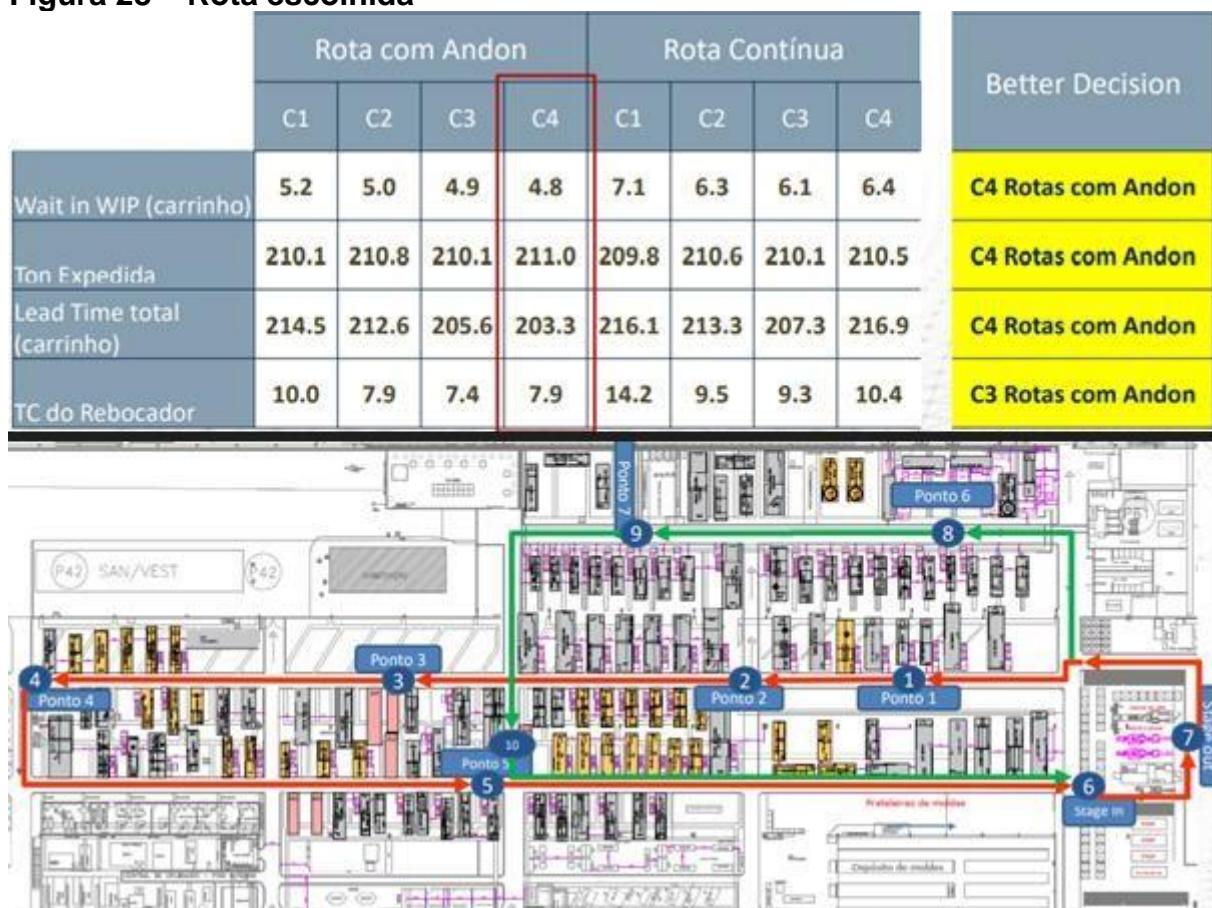
Na Rota com Andon, os motoristas continuariam a passar pelas mesmas 4 rotas desenhadas, porém, agora, sob a demanda de cada um dos 10 pontos, podendo passar, sem parar, por um ponto com baixa ou nenhuma demanda naquele momento. Ou seja, se o ponto 3 e 5 tivesse baixa demanda ou nenhuma, por exemplo, o

reboCADOR passaria direto apenas nos pontos restantes com maiores demandas, 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9 e 10.

Isto, seria possível, a partir de um investimento adicional, equipamentos com sistema Andon, através do envio de informações da quantidade de carrinhos cheios e vazios por posição (WIP's) do aplicativo no celular dos apontadores para o leitor do visor do reboCADOR, direcionando o motorista os pontos com maiores demandas naquele momento.

Das 8 rotas a que apresentou menor tempo de espera de carrinho vazio no WIP, maior tonelada expedida ao CD e menor *lead time* total do carrinho foi a rota C4 com sistema Andon, representada na **Figura 28**.

Figura 28 – Rota escolhida



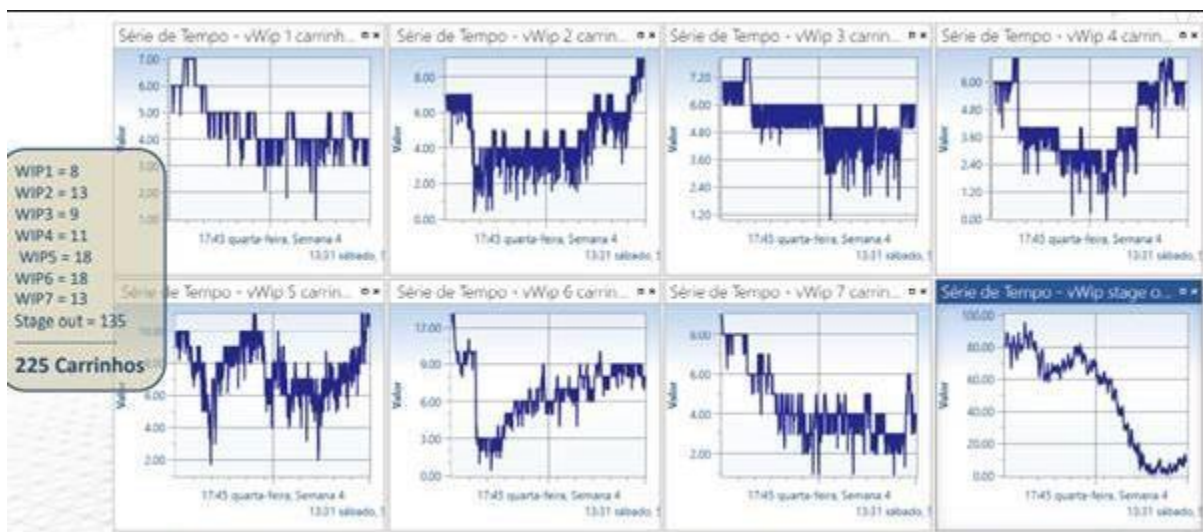
Fonte: Documentação da empresa (2021)

Com a rota definida, iniciaram-se os experimentos para o último cenário, considerando capacidade máxima.

➔ **Cenário 3:** Dimensionar o número de carrinhos comboio na fábrica (PCP2)

- **Objetivo:** Dimensionar a quantidade ideal de carrinhos necessários em cada WIP e à *Stage Out* (Central de embalagem) para atender a capacidade máxima da planta no setor de injeção.

O resultado ótimo dos experimentos foi um somatório de 225 carrinhos comboios necessários para atender toda à capacidade máxima da planta, sendo 135 ou 60% no *Stage out*.



Conclusões:

Para obter o fluxo ideal na cadeia de valor, a recomendação a partir dos resultados das simulações é:

- Implementar sistema Andon;
- A 4ª rota proposta teve o melhor desempenho;
- Sugere-se um total de 183 carrinhos para atender à demanda PCP1.
- Sugere-se um total de 225 carrinhos para atender à demanda PCP2.

Além disso, a equipe do projeto ficou a decidir uma quantidade de carrinhos adicionais para suprir a demanda de manutenção dos carrinhos em rota.

4.5. PDCA

Para se ter consistência nos planos de ação, uma ferramenta bastante utilizada foi o ciclo PDCA apresentado nas reuniões diárias do projeto. Todas as partes envolvidas na fase de implementação como a injeção, manutenção, engenharia,

oficina e central de embalagem, reuniam-se os respectivos representantes na “sala de guerra²⁵” para repassar o *status* dos planos de ação em andamento. Explanava-se as ações executadas, a eficiência alcançada no processo, as dificuldades e, caso houvesse necessidade, reestruturava algum plano de ação ou planejava-se novos.

Nestas reuniões confirmou-se não só as necessidades ligadas diretamente ao projeto, mas também, àquelas que obtinham impacto de forma indireta, como manutenções de recursos já existentes no setor de injeção.

Na Tabela 4, segue a abertura de conceito, objetivo e desperdícios evitados com o funcionamento adequado dos principais recursos já utilizados na empresa, que necessitaram de reformas e/ou compra de novos para se alcançar a velocidade e qualidade necessária do fluxo do processo buscando o bom desenvolvimento do projeto de renovação tecnológica.

Tabela 4 - Recursos reformados

RECURSOS	CONCEITO	OBJETIVO	DESPERDÍCIOS EVITADOS
ANDON	Importante ferramenta de gestão visual e sonora constituindo um dos pilares, <i>Jidoka</i> , da casa STP.	Parar e notificar anormalidades no processo.	Espera;
PIOVAN	Sistema de condução e alimentação de matéria prima via tubulações a vácuo.	Conduzir e alimentar de forma rápida, na quantidade e matéria prima correta às injetoras.	Movimentação; Transportes;
MOLDE	Forma com cavidades vazias a qual o polímero fundido quando preenchido é forçado a dar forma ao desenho das cavidades internas.	Produzir peças no formato padrão desenhado e com qualidade desejada.	Defeitos; Superprocessamento

Fonte: Elaboração pelo autor (2022).

4.6. Análise de resultados

²⁵ Sala de guerra era a sala em que todos os pontos focais (representantes) das áreas envolvidas na fase de implementação do projeto se reuniam todo dia no mesmo horário a fim de expor as dificuldades, ações de melhoria em andamento, construção de novos planos de ação para resolução de problemas e conflitos.

Após projeto e ações complementares implementadas no setor da injeção, segue alguns resultados significativos.

a. Diminuição do passivo²⁶ e da % Refugo de um produto da linha teste de registro

A linha teste de um dos produtos do registro possuía baixo nível de produtividade, o que estava impactando diretamente no aumento de passivo, ou seja, no não atendimento da demanda de produção e, conseqüentemente, no atendimento ao cliente. No intuito de acabar com passivo para atender a demanda e não deixar as novas embaladoras ociosas, conforme visualizado na simulação, precisava-se ter um ganho de produtividade significativo.

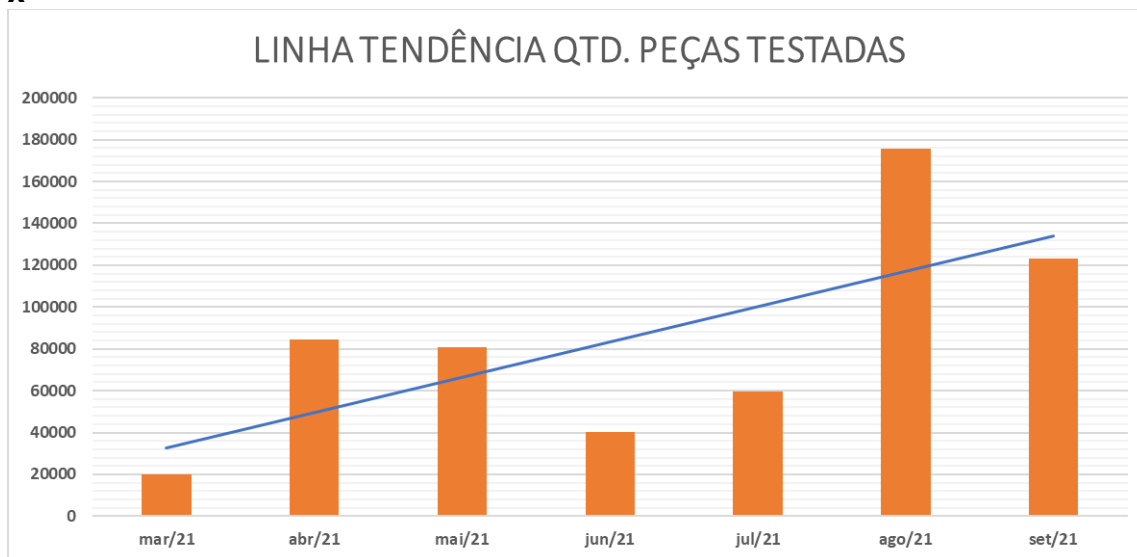
O teste de estanqueidade e de torque são atividades muito repetitivas, causando um desgaste em quem executa a atividade, fazendo com que a produtividade se tornasse inconstante durante o turno. A falta de definição por turno para local de resfriamento das peças pós injetadas, também era um problema e estava causando confusão dentre os 3 turnos de quais já haviam resfriado em seu tempo correto para poderem ser testadas, já que grande parte eram testadas em turnos posteriores o da sua injeção. E a falta de visibilidade dos resultados à vista no chão de fábrica e apenas de forma sistêmica, fazia com que líderes e colaboradores ali alocados não conseguissem acompanhar em tempo real a evolução da quantidade de peças testadas.

As principais ações realizadas para se alcançar a produtividade desejada foram aquelas que tiveram foco em resolver os problemas que representavam os desperdícios do processo. Visto isso, instituiu-se o rodízio de duplas dentre os turnos com objetivo de manter constante a produtividade (para evitar o superprocessamento), treinamento das duplas menos experientes com a dupla mais experiente do turno (aproveitamento do capital intelectual), definição e identificação por turno de layout (análise do processo para se evitar deslocamento desnecessários) onde as peças ficavam resfriando e inserção de um quadro de produção com os resultados dos 3 turnos, impulsionando uma competição saudável entre as duplas dos turnos.

²⁶ Passivo: itens com “estoque negativo”, ou seja, que a demanda não está sendo atendida na quantidade e no tempo correto.

Após todas as etapas implementadas em março do ano 2021, percebe um salto de quase 4,3 vezes na produtividade de peças testadas se comparada ao mês de abril. Se realizar a comparação de entre março 2021 e o mês pico, agosto 2021, esse salto passa a ser de aproximadamente 8,9 vezes. No mês de outubro 2021, acaba o passivo do produto X e volta a realizar teste apenas em março 2022. Com uma linha de tendência entre os meses de forte trabalho para atender a demanda de produção no tempo correto, percebe-se a efetividade das ações tanto em relação a quantidade testada, Figura 29, quanto à porcentagem de refugo, Figura 30.

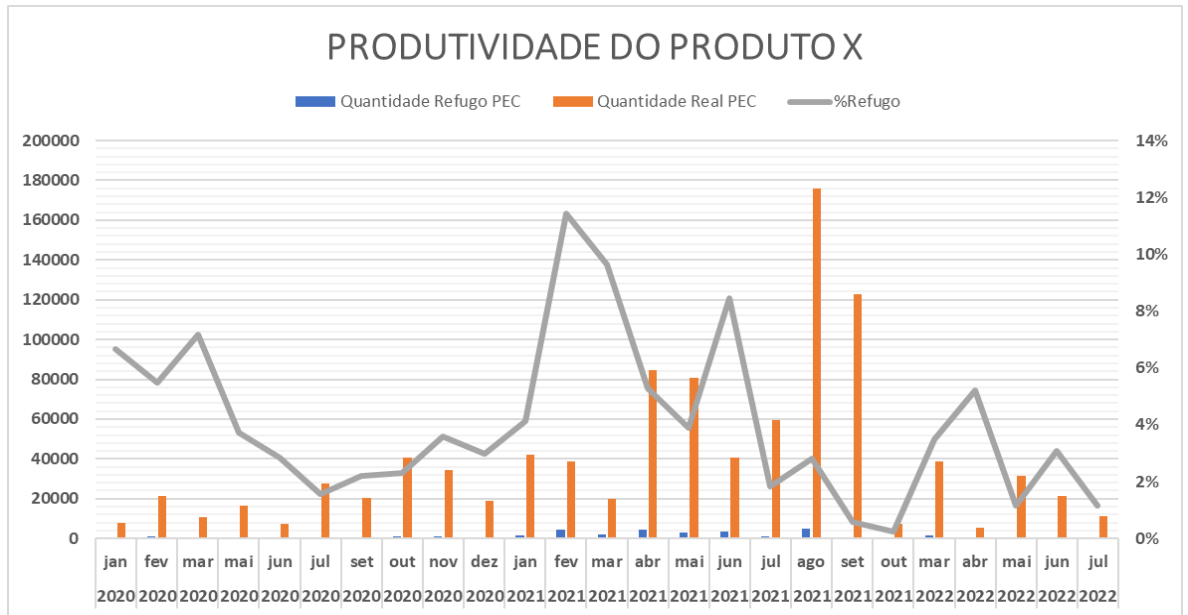
Figura 29 - Linha de tendência quantidade de peças testadas do produto X



Fonte: Elaboração pelo autor (2022).

Um ponto de atenção está na análise do primeiro semestre do ano 2022, a porcentagem de refugo volta a ter picos de crescimento, as ferramentas *lean*, como *kaizen*, 8S e a automação podem auxiliar para que as atividades já realizadas no ano anterior se tornem recorrentes e melhoradas continuamente.

Figura 30 – Produtividade (quantidade testada e % refugo) do produto X

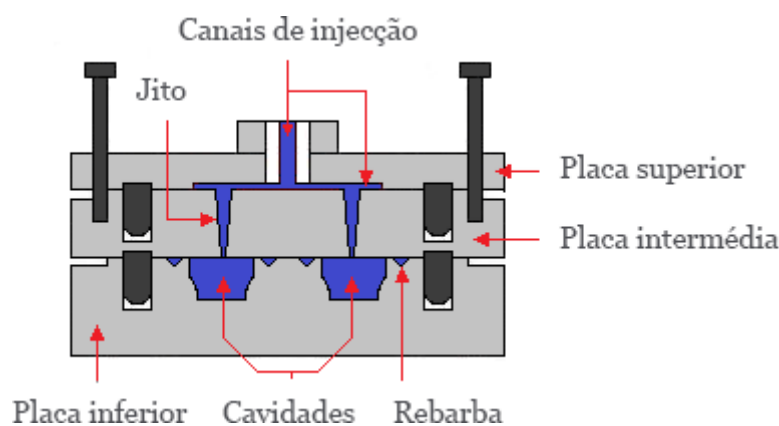


Fonte: Elaboração pelo autor (2022).

b. Ganho de produtividade com novos moldes

Para se adequar a velocidade do fluxo de expedição com o de produção, reformou-se moldes antigos e confeccionou novos, sendo alguns deles para produtos de maior demanda, obtendo-se um ganho em até 100% de produtividade, antes molde possuindo 32 cavidades e atual passando a ter o dobro, 64 cavidades, mantendo-se o tempo de injeção e resfriamento. Segue modelo esquemático de um molde na Figura 31.

FIGURA 31 - MOLDE MODELO ESQUEMÁTICO



Fonte: Adaptado de Caetano, 2010²⁷.

²⁷ Disponível em: <https://www.ctborracha.com/processos/vulcanizacao/prensa-de-injeccao/>

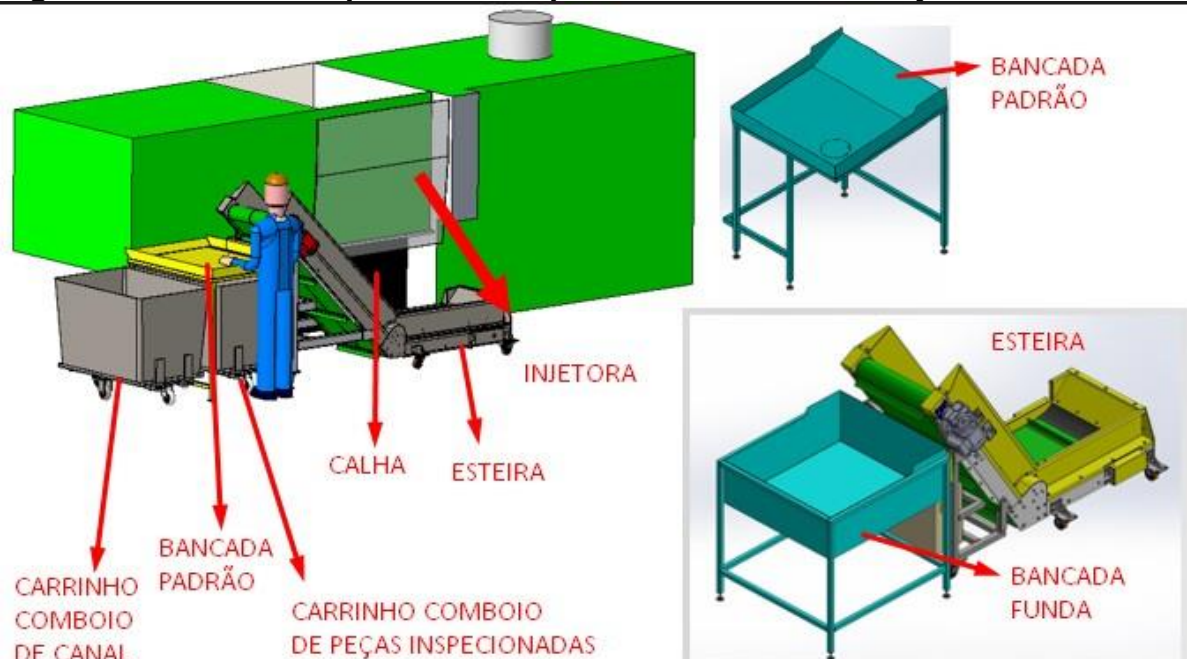
c. Ganhos de tempo na simplificação e automação de atividades através dos periféricos:

Reduziu-se consideravelmente a quantidade de atividades manuais através da simplificação e automação dos processos do setor de injeção por intermédio dos periféricos, sendo eles: calhas, bancadas, esteiras, carrinhos de movimentação, novas embaladoras, sistema de *Inkjet* (impressão do código de barras automatizado), sistema *check* peso e tombador.

i. Periféricos que possibilitaram ganhos de tempo de espera e de movimentação das peças produzidas até a central de embalagem:

- Calhas - chapas de baixo coeficiente de atrito: Garantir caída da peça e canal até as esteiras;
- Esteiras: Conduzir peça e canal até a bancada;
- Bancadas: Permitir a inspeção visual e separação de peça e canal de forma simples e ergonômica;

Figura 32 – Modelo esquemático de periféricos ao lado da injetora



Fonte: Adaptado de Documentação da empresa (2021).

- Carro rebocador e carrinhos comboio: Possibilitar a rápida movimentação do produto acabado e componentes dos postos de coleta das células injeção até a central de embalagem;

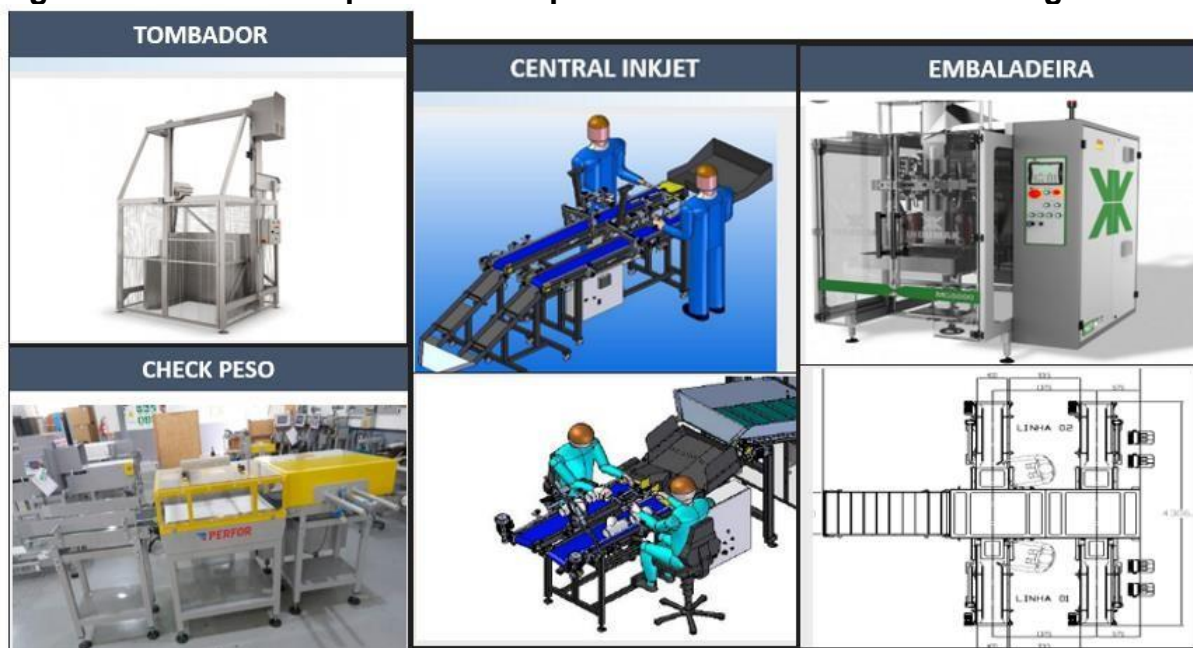
Figura 33 - Carro rebocador e carrinhos comboio



Fonte: Documentação da empresa (2021).

- ii. Periféricos que possibilitaram ganhos de tempo de embalagem na central:
 - Tombador: abastecimento rápido do sistema *Inkjet* e das novas embaladoras;
 - Sistema *Inkjet*:
 - Substitui papel de etiqueta por impressão à laser;
 - 100% dos produtos com código de barras;
 - *Setup* automático através da leitura do código de barras;
 - Novas Embaladoras:
 - Sistema *Check peso* – Contagem e Balança;
 - Sistemas de Costura e Etiquetagem automático (tipo 1);
 - Sistemas de Costura e Etiquetagem semiautomático (tipo 2);
 - Coleta de dados para histórico de produção;
 - Possibilidade de integrar com SAP;
 - Sistema *check peso*:
 - Pesagem saco a saco de peças embaladas e ejeção caso ultrapasse os limites de peso estabelecidos;
 - Possibilidade de coleta de dados para histórico de produção e rastreabilidade.

Figura 34 – Modelo esquemático de periféricos da Central de embalagem



Fonte: Adaptado de Documentação da empresa (2021).

É válido ressaltar o resultado expressivo do ganho em até 6,6 vezes de empacotamento que refletiu na velocidade de expedição das peças embaladas e etiquetadas da central para o CD.

Segue um comparativo de redução das atividades manuais no cenário pré-projeto e pós-projeto na Tabela 5.

Tabela 5 - Atividades manuais pré-projeto e pós-projeto

OPERAÇÕES	PRÉ-PROJETO	PÓS-PROJETO
INJETORA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Separar canal de injeção; 2. Recolher peças na calha; 3. Realizar inspeção visual; 4. Colar etiqueta código de barras na peça; 5. Armazenar peças no saco de rafia; 6. Colar etiqueta no saco de rafia; 7. Posicionar saco de rafia no cesto; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Separar canal de injeção; 2. Realiza inspeção visual; 3. Armazena peça no carro;
MOVIMENTAÇÃO	Movimentar carro até a central de conferência.	Movimentar carro até a área de coleta.
EMBALAGEM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar saco rafia do carro; 2. Posicionar saco rafia na balança; 3. Realizar leitura da etiqueta; 4. Conferir peso; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Direcionar carrinho no tombador; 2. Costura do saco rafia;

	5. Cola etiqueta de conferência; 6. Costura do saco de rafia; 7. Armazena saco no container; 8. Levar container até a entrada do CD;	3. Armazena saco no container; 4. Levar container até a entrada do CD.
--	---	---

Fonte: Documentação da empresa (2021).

Com a redução e substituição de atividades manuais por automatizadas, estima-se um ganho em eficiência de até 17% em todo processo de injeção. Observa-se que é possível ter maiores ganhos através da utilização de ferramentas da indústria 4.0, como coleta, tratamento de dados e interconexão de sistemas dos novos equipamentos em tempo real.

d. Escolha de produto para realizar a automação de linha de montagem

Com o objetivo de melhoria contínua e ganho de agilidade no fluxo do processo de injeção visando se manter competitivo no mercado, torna-se essencial a definição das principais variáveis para se realizar os diagramas de Pareto, pautadas nos princípios da produção enxuta.

O princípio básico da metodologia de Pareto é de que 80% dos problemas são resultantes de 20% das causas. Índícios experienciados mostram que a proporção 80/20 tem definitivamente uma aplicação universal. Associado à gestão, o diagrama de Pareto auxilia na análise de dados possibilitando visibilidade clara dos pontos mais críticos do processo. Atividades de melhoria aplicadas nesses pontos proporcionará ganhos significativos nos tempos de ineficiência correlacionados à produção (GOMES, 2015, pg 7).

No entendimento da empresa, as variáveis a serem consideradas, são:

- Custo de Transformação;
- Demanda em tonelada;
- Horas máquinas trabalhadas;
- Margem gerencial;
- Receita líquida.

O modelo utilizado foi o cruzamento de resultados de cada Pareto por variável na cartilha de produtos injetados, ou seja, após separar 20% dos produtos que representavam 80% em cada variável, selecionou-se os produtos em comum, intitulando-os como “produtos carro-chefe”. Esta análise foi de extrema valia e

complementar ao monitoramento para se criar a ordem de priorização de melhorias nas linhas de produção, com intuito de direcionar os esforços e investimentos para onde se traria maior resultado, atuando na cadeia de valor, focando em eliminar as perdas.

Um exemplo de sucesso é a aprovação do projeto de automação de uma linha de montagem de um dos produtos carro-chefe na célula de Registro. Sendo um grande avanço para o projeto a técnica *poka-yoke* que já estava estabelecida no processo de montagem manual.

A escolha para automação da montagem de um produto foi realizada a partir das análises de priorização através do cruzamento de Pareto entre as variáveis selecionadas do processo junto à análise de quantidade de peças bloqueadas pela qualidade.

Segue a quantificação do Pareto na Tabela 6, onde será apresentado o total de tipos diferentes de peças e as que representam aproximadamente 80% dos resultados de cada variável. Por fim, a quantidade que intercala dentre os parâmetros utilizados para se chegar ao número dos produtos de maior importância para o setor, ou seja, que trazem maior custo e resultado.

Tabela 6 - Priorização de SKU'S por Pareto entre Variáveis

VARIÁVEIS	QTD. SKU'S ²⁸	% RESULTADO POR VARIÁVEL	QTD. SKU'S PARETO	% QTD. SKU'S
CUSTO DE TRANSFORMAÇÃO	2285	80,05	370	16,2
DEMANDA EM TONELADA	2285	80,00	224	9,8
HORAS MÁQUINAS TRABALHADAS	2285	80,04	353	15,4
MARGEM GERENCIAL	2285	80,06	156	6,8
RECEITA LÍQUIDA	2285	80,10	159	7,0
CUSTO DE TRANSFORMAÇÃO X DEMANDA EM TONELADA X HORAS MÁQUINAS TRABALHADAS X MARGEM GERENCIAL X RECEITA LÍQUIDA	2285	80,05	82	3,6

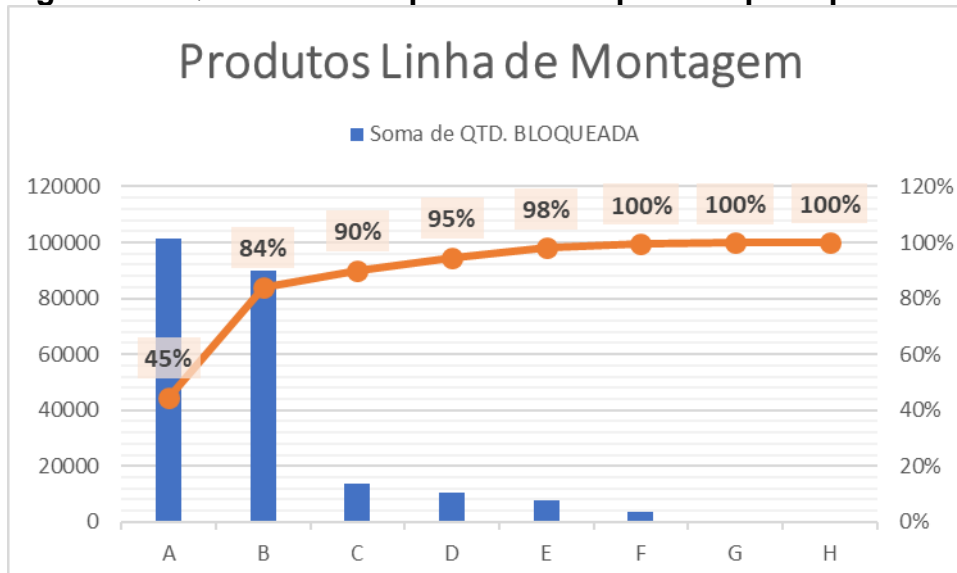
Fonte: Documentação da empresa (2021).

²⁸ SKU'S (*Stock Keeping Unit*) – tradução Unidade de Manutenção de Estoque, utilizado na linguagem da fábrica como um tipo de peça, ou seja, cada SKU representa um produto diferente.

O cruzamento das análises Pareto se tornou uma importante ferramenta para a gestão do setor de injeção, direcionando o foco de quase 2285 *sku's* para apenas 82, com representatividade de 80,05% dos resultados medidos, sendo apenas 3,6% da cartilha de produtos.

Sendo a primeira escolha de investimento para a automação no produto A, o qual estava dentro dos 3,6% dos produtos mais importantes da cartilha e representando 45% do Pareto de peças bloqueadas pela qualidade, Figura 35, sendo uma linha de montagem crítica para o processo.

Figura 35 - Quantidade de produtos bloqueados pela qualidade



Fonte: Documentação da empresa (2022).

O projeto automação estará na fase de implementação nos próximos meses e garante ganhos de produtividade e qualidade na montagem do produto A. Para trabalhos futuros indica-se investimento de melhoria, provável automação também, para o produto B.

e. Treinamentos

A realização de diversos treinamentos com todos os turnos do setor da injeção foi essencial para a eficiente implementação e andamento das ações do projeto, principalmente, aos colaboradores que atuam no sistema produtivo já que tiveram a rotina mais impactada. A metodologia utilizada foi uma matriz contendo as

informações necessárias para se realizar os treinamentos, como local e equipamento relacionado, objetivo da capacitação, profissionais a serem treinados, necessidade de POP (Procedimento Operacional Padrão) ou PTP (Procedimento de Trabalho Padrão), instrutor, responsável por realizar o material e a avaliação de eficácia, os prazos das ações, status e observações, via exemplo na Figura 36.

Figura 36 - Primeira parte da matriz de treinamentos

O QUE	LOCAL/EQUIPAMENTO RELACIONADO	Nome do treinamento	Objetivo do treinamento	Nome ou cargo do profissional a ser treinado.	PTP/POP?	Instrutor	Responsável por realizar o Material e a Avaliação de Eficácia?
INJEÇÃO	CENTRAL DE EMBALAGEM	Treinamento Embaladora MG 8000	Capacitar operadores, técnicos e estagiário a utilizar da melhor maneira os recursos da embaladora Indumak e definir responsabilidades e atividades, como PTPs, da manutenção e do operacional relacionadas à embaladora.	OPII da central, Técnicos e Estagiários	Início, setup, receitas...	Externo (Indumak)	Gilmar
		Treinamento Cabeçote	Capacitar operadores, técnicos e estagiário a utilizar da melhor maneira o novo recurso da embaladora Indumak, dois cabeçotes.	OPII da central, Técnicos e Estagiários	Início, setup, receitas...	Externo (Indumak)	Jonas
		Treinamento novas Embaladoras (Ráfia e	Capacitar operadores, técnicos e estagiário a utilizar da melhor maneira os recursos das novas embaladoras.	OPII da central, Técnicos e Estagiários	Início, setup, receitas...	Externo (Perfor)	Jonas
		Treinamento Tombadores	**Capacitar operadores, técnicos e estagiário a utilizar da melhor maneira os recursos dos tombadores.	OPII da central, Técnicos e Estagiários	Início, setup, receitas...	Externo	Jonas
	1) Treinamento Virada de Chave	Capacitar todos da injeção em relação ao projeto ARES: Apresentação do projeto (explicação via power point, evidências antes e depois, benefícios, exibição de vídeo).	Treinamento em etapas para públicos diferente (Supervisores; Técnicos, OPIII e Facilitadores => OPII e OPI "trocador de molde e prepador")	POWER POINT (Bloco 1)	Interno	Comunicação: Jalusa - Apresentar Projeto (ganhos -profissionais e empresa, benefícios); Fluxo (Apontamento (wips) e apontamento parcial; Movimentação; Papéis e Responsabilidades; Falar dos treinamentos.	
		Qualidade; Segurança .	Treinamento em etapas para públicos diferente (Supervisores; Técnicos, OPIII e Facilitadores; OPII e OPI "trocador de molde e prepador")	POWER POINT (Bloco 2)	Interno	Técnica: Érica - Qualidade; Sidney - Segurança (enfatizar movimentação)	

Fonte: Documentação da empresa (2021).

As abordagens envolviam manutenção autônoma, segurança, 8S, qualidade, comunicação, movimentação, apontamento de produção e cuidados com os equipamentos.

Os treinamentos voltados para manutenção autônoma tiveram um grande foco nas esteiras por se tratar de um alto valor agregado, um total de 103. Além de evitar a quebra da esteira pelo mal funcionamento, atentando-se aos pontos destacados no material, fixado em todas elas, Figura 37, também foi implantado um sistema de eficiência energética o qual garante um aumento considerável da vida útil do equipamento.

Nesse sistema, a esteira inicia o movimento apenas no momento de abertura do molde, ou seja, funcionando apenas quando realmente as peças caem nas calhas e são direcionadas as esteiras, no momento que agrega valor ao fluxo. A economia de energia também é significativa, tendo em comparação o tempo de ciclo total, a

esteira mantém-se sem movimento em 3 de 4 tempos do ciclo total, sendo eles, tempo de injeção, tempo de recalque, tempo de resfriamento e tempo de abertura do molde, obtendo uma redução de utilização em média de até 75%.

Figura 37 - Manutenção autônoma nas esteiras
Manutenção autônoma



Fonte: Documentação da empresa (2021).

Outro treinamento bastante intensificado foi relacionado à metodologia 8S. Durante o projeto percebe-se X dos oito aplicados com eficiência, sendo eles:

Senso de Determinação: Por meio da constante e boa comunicação e liderança eficiente foi perceptível a evolução da sinergia e engajamento da equipe do projeto e colaboradores do chão de fábrica que participaram ativamente das implementações.

Senso de Treinamento: como representado na **Figura 36**, toda a equipe passou por diversos treinamentos durante o estudo, como de segurança, metodologia 8S, conceito do projeto e seus impactos, manutenção autônoma, qualidade, entre outros.

Sensos de Utilização, Limpeza, Bem-estar e Economia e Combate aos Desperdícios tornaram-se parte da rotina dos colaboradores que participaram da construção e implementação do projeto. Buscou-se utilizar da melhor maneira, de forma higiênica e organizada e apenas a quantidade necessária dos recursos, seja de etiquetas, energia ou documento explicativo de manutenção autônoma no local correto conforme **Figura 38**.

Figura 38 - Exemplo de aplicação dos sentidos de utilização, limpeza, bem-estar e economia

1. Não colocar etiqueta e papelão na bancada
2. Manter documento de Cuidados colado na Esteira
3. Desligar a esteira quando acabar o turno!



Fonte: Documentação da empresa (2021).

Para que os Sentidos anteriores aplicados e perceptíveis no projeto, se intensifiquem e tornem uma rotina contínua durante o pós-projeto até virar algo cultural, fica o desafio e oportunidade da utilização concisa dos sentidos de Ordenação para além de organizar, classificar a utilidade e Autodisciplina de forma que as boas práticas não precisem mais ser fomentadas pela coordenação e / ou equipe do projeto.

Os resultados dos treinamentos não se mensuram de forma quantitativa tão facilmente e com pouco tempo de implementação do projeto, porém, é sabido os principais desperdícios evitados, como espera, movimentações, transportes, superprocessamento e defeitos.

Além disso, utilizou-se a criatividade dos funcionários, na seção de dúvidas e sugestões e na fase de implementação da resolução de problemas, sendo um exemplo, a solução da problemática das peças ao caírem do molde na calha coletora da injetora (saída das peças ao serem ejetadas do molde, abertura na parte de baixo da injetora) e não deslizarem o suficiente para chegar até a esteira para serem conduzidas à bancada.

A solução preliminar foi aumentar a angulação de decaimento da calha, mas em algumas, isto não é possível por conta da altura que estão do chão. Então um dos

colaboradores propôs implementar uma chapa, acima da chapa original da calha, que possuísse um coeficiente de atrito menor aumentando a eficiência e velocidade de deslize das peças. E, assim foi feito, colocou-se uma chapa de aço e as peças passaram a alcançar as esteiras.

f. Correlação das Atividades e Resultados com Desperdícios Evitados

Na **Tabela 7**, é possível consultar os principais desperdícios evitados ou mitigados a partir da implementação de cada atividade. Para se alcançar o ganho de eficiência produtiva desejado, a redução do *lead time* desde a matéria prima até a expedição do produto acabado ao CD é incontestável.

Para o alcance desta redução, entende-se como principal oportunidade a eliminação de etapas gargalos do processo, consideradas como as atividades não padronizadas e não simplificadas do processo de injeção, majoritariamente, funções manuais com longo tempo de execução e de espera entre uma e outra.

Tabela 7 – Desperdícios evitados com as atividades implantadas

Desperdícios Evitados / Atividades e Resultados	Superprodução	Espera	Movimentação	Transportes	Superprocessamento	Excesso de estoque	Defeitos	Criatividade e não explorada
Diminuição do passivo e da % Refugo		X		X	X			
Novas Embaladeiras		X	X		X	X		
Novos moldes mais produtivos	X	X		X	X	X	X	
Inserção e manutenção dos periféricos: bancadas, esteiras, carro comboio e Pivô		X	X	X				X
Automação de linha de montagem	X	X			X		X	
Treinamentos					X		X	X
Novo Layout		X	X		X			X
Simulação		X	X	X	X			X

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O projeto de renovação tecnológica e atividades complementares tinham como foco diminuir, principalmente, os tempos de espera, movimentação, transporte e processamento, de maneira geral. Como exemplo:

- Redução no tempo de transportes das peças produzidas até a central de embalagem;
- Redução no tempo de superprocessamento na produção e na embalagem;
- Redução no tempo ocioso de colaboradores e equipamentos;
- Redução nos movimentos desnecessários.

Sendo todas essas por meio da simulação, do novo *layout*, da renovação tecnológica e dos treinamentos aplicados. Neste último, a criatividade foi aproveitada a partir do recolhimento de sugestões dos colaboradores, em especial, operadores e técnicos ligados diretamente ao processo, promovendo resoluções para problemas não previstos.

5. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Com a competitividade cada vez mais acirrada nos setores de manufatura, ter uma baixa eficiência no processo de produção pode resultar em desperdícios e prejuízos para uma instituição.

Quando os custos de transformação ficam altos comparados aos de outras empresas inseridas no mesmo mercado, tem-se uma disparidade no preço final do produto e muitas vezes na tentativa de manter se competitivo no mercado, a empresa tem sua margem de lucro reduzida ou zerada ou até mesmo começa a obter resultados negativos, com o tempo, levando a falência.

Posto isto, a renovação tecnológica se torna uma etapa importante para o aumento de eficiência, como ganhos de produtividade e encurtamento do *lead time* até o cliente interno e externo das companhias.

Com essa finalidade, o objetivo do estudo é apresentar como os princípios do *Lean Manufacturing* são essenciais para ocorrer as principais mudanças / melhorias necessárias a fim de se adequar ao novo fluxo trago pelo projeto de renovação tecnológica em uma fábrica de injeção de peças plásticas.

Para realizar as análises de impacto da aplicação da simulação e da metodologia *Lean* avaliou-se os resultados operacionais no setor de injeção. O uso correlacionado destas técnicas possibilitou análises robustas e detalhadas visando utilizar nos caminhos que geram resultado e lucro para o negócio que foram definidos através das análises de Pareto pautadas com as variáveis custo de transformação, demanda em peso, horas máquinas trabalhadas, margem gerencial e receita líquida.

Observou-se que as iniciativas de melhoria e adequação de processo baseadas nos conceitos *Lean* e na simulação foram bem-sucedidas e primordiais para a viabilidade do projeto de renovação tecnológica no alcance da eficiência desejada tanto na comparação de resultados operacionais como na percepção de mudanças positivas de cultura na rotina fabril.

Com isso, este estudo pode ajudar as instituições de ensino e empresarial a compreender a importância das metodologias para se alcançar os resultados operacionais desejados bem como para viabilizar projetos de melhoria contínua junto à simulação envolvendo renovação tecnológica.

Portanto, recomenda-se fortemente o uso dos princípios *Lean* junto à simulação na continuidade deste projeto e para estudos e projetos futuros nas demais famílias de produtos da fábrica de injeção de peças plásticas, principalmente àqueles produtos definidos como “carro chefe”, selecionados nas análises de Pareto, podendo explorar também os benefícios da utilização da indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

- ABIPLAST. “A indústria de Transformação e Reciclagem de Plástico no Brasil.” 2020.
- ABRANTES, José. **Programa 8S: Ferramenta para a economia e combate aos desperdícios na indústria.** 1997. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado (MSc). CEFET/RJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos:** projeto e medida do trabalho. 6. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1977.
- CASSEL, Ricardo Augusto. Desenvolvimento de uma abordagem para a divulgação da simulação no setor calçadista gaúcho. 1996.
- TEMPOS Modernos. Direção: Charles Chaplin. Produção de Charlie Chaplin. Estados Unidos: United Artists, 1939. Bilheteria.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil/Confederação Nacional da Indústria.** – Brasília: CNI, 2016.
- CRUZ, Nuno Miguel Pereira da. **Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos.** 2013. Tese de Doutorado.
- DE FREITAS RIBEIRO, Andressa. Taylorismo, Fordismo e Toyotismo. **Lutas Sociais**, v. 19, n. 35, p. 65-79, 2015.
- DE OLIVEIRA, Martim Francisco et al. **A indústria de transformação de plásticos e seu desempenho recente.**
- DOS SANTOS, Tiago S. et al. UMA ANÁLISE DAS PERDAS ATRAVÉS DA LÓGICA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA CASA DE CALDOS. In: **Simpósio de Engenharia de Produção.** 2016.

ENGEL GERHARDT, Tatiana; TOLFO SILVEIRA, Denise. Métodos de pesquisa. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul. ed. Porto Alegre, 2009.**

MEYERS, F.E. Motion and Time Study: for lean manufacturing. New Jersey 2° ed. Editora Prentice Hall, 1999

FANTINATO, Marcelo. Métodos de pesquisa. **São Paulo: USP, 2015.**

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time.** Production, v. 5, n. 2, p. 169-189, 1995.

GOMES, Ana Margarida Pereira. **Definição e implementação do procedimento de controle de ineficiências operacionais.** 2015.

GREGÓRIO, Gabriela F P.; LOZADA, Gisele. Simulação de sistemas produtivos. [revisão técnica: Henrique Martins Rocha]. - Porto Alegre : SAGAH, 2019. E-book. ISBN 9788595029194. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595029194/>. Acesso em: 29 out. 2022.

HIRATUKA, Célio, et. al “**RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO SETORIAL TRANSFORMADOS PLÁSTICOS.**” 2008.

IMAI, Masaaki. Kaizen: **A Estratégia para o Sucesso Competitivo.** 5. ed. São Paulo: IMAM, 1994

LAPA, R. **Programa 5S.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998

LAW, A. M. & KELTON, W. D. **Simulation modeling & analysis.** Singapura, McGraw-Hill, 1991.

LAW, Averill; **How to build valid and credible simulation model.** Winter Simulation Conference, 2006.

LIKER, Jeffrey. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 191 p.

MARIA, A. (1997) Introduction to modeling and simulation. Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference.

MAYNARD, H.B. Manual de Engenharia de Produção – Seção 5: Padrões de tempos elementares prédeterminados. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

MOREIRA, Cynthia, et al. **“O apoio do BNDES ao setor de transformados plásticos.”** 2010.

MOTTA, Paulo Cesar Delayfi. **Ambiguidades metodológicas do just-in-time**. Organizações & Sociedade, v. 4, n. 7, p. 117-131, 1996.

NIELSEN, Andreas. **Plásticos termofixos (duroplásticos)**. Tradução de Cláudio R. Püschel. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 83 p.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção além da produção**. Bookman, 1997.

PEREIRA, H. (2017), “Análise e otimização dos fluxos e processos do setor de embalagem numa empresa de produção de perfis de aço”. Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade de Coimbra.

SANTAROSA, Gabriella França. **Análise e otimização de fluxos e processos no setor da ferramentaria de uma empresa de produção de perfis de aço**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.

WOMACK, James; JONES, Daniel; ROOS, Daniel. A máquina que mudou o mundo. 17ª. Rio de Janeiro: Campus, janeiro 1992)

SEIBEL, Silene; DE ARAUJO, Stefanie Cristine. **Avaliação de práticas e performances da produção enxuta na indústria de confecção do vestuário.** e-Revista LOGO, v. 8, n. 1, p. 71-88, 2019.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção.** 2ª. edição. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, A.; MORETTI, D. (2019, 19). **Challenge Productivity - Lean e Indústria 4.0 - Introdução ao Lean e Indústria 4.0.**
<https://www.youtube.com/watch?v=VJXQO4wiVCg>

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. et.al. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2002.

TAYLOR, Frederick Winslow (1987). **Princípios de administração científica.** São Paulo: Atlas.

WOMACK, James; JONES, Daniel. **Lean Thinking – A Mentalidade Enxuta nas Empresas.** Editora Campus, 2004.