

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CAIO CÉSAR PEREIRA BANDEIRA

**APLICAÇÃO DE CONCEITOS DO *LEAN MANUFACTURING* EM UMA LINHA DE
PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA QUÍMICA**

MANAUS
2021

CAIO CÉSAR PEREIRA BANDEIRA

**APLICAÇÃO DE CONCEITOS DO *LEAN MANUFACTURING* EM UMA LINHA DE
PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Msc. Silvio Romero Adjar
Marques

MANAUS
2021

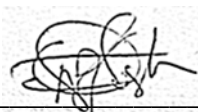
CAIO CÉSAR PEREIRA BANDEIRA

**APLICAÇÃO DE CONCEITOS DO *LEAN MANUFACTURING* EM UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA QUÍMICA**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Data de aprovação: Manaus (AM), 02 de agosto de 2021.

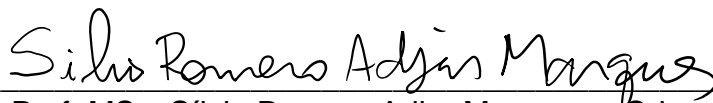
Banca examinadora:



Prof.ª MSc. Nadja Polyana Felizola Cabete – Avaliadora
Universidade do Estado do Amazonas



Prof.ª Dra. Renata da Encarnação Onety - Avaliadora
Universidade do Estado do Amazonas



Prof. MSc. Sílvio Romero Adjar Marques – Orientador
Universidade do Estado do Amazonas

Dedico este trabalho à minha avó Maria da Conceição.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar a capacidade e possibilidade de estar finalizando este trabalho e por todas as bênçãos proporcionadas durante minha caminhada.

À minha mãe, Tânia, e a meu pai, Gerson, por todo o apoio e todos os sacrifícios feitos durante toda a minha vida acadêmica, pessoal e profissional, por sempre me priorizar acima de suas próprias necessidades, e por sempre acreditar em mim durante todos os momentos. Sem vocês nada da minha vida seria possível, e todo sucesso dedicarei a vocês.

Aos meus avôs Juvenal e Luís e avó Maria da Conceição, sei que grande parte das minhas forças emanam de vocês lá do Céu. À minha avó Maria do Carmo. Meu amor por vocês é eterno, e também dedico todas minhas conquistas a vocês.

Ao meu irmão Lucas, por todo o companheirismo ao longo dos anos.

Ao meu orientador e professor Silvio, por todo o direcionamento e apoio durante a realização deste trabalho.

Aos meus professores da UEA Nadja, Paiva, Assis, Renata, Harb, Juvenal, Joésia, Rejane, Gilberto, Antenor, Charles, Laurimar, Ponciano, Gilson, e a todos os outros que contribuíram para minha formação como profissional no meio da Engenharia de Produção e proporcionaram algo que não tem preço: conhecimento.

Aos profissionais de empresas por onde passei Luiz, Hildo, Evandro, Bruno, Wagner, Raphael, Takemoto e Tadashi, pessoas que são referências profissionalmente e pessoalmente e que acreditaram no meu potencial.

Aos meus amigos de faculdade que levarei para a vida João, Gabriel, Lucas, Renan, Vitor, Giovanna, Tomás, Maurício, William. Em especial aos meus amigos Nicolay e Leonardo, por todo o incentivo e companheirismo na elaboração desse trabalho.

Acho que as coisas verdadeiramente naturais são os sonhos, os quais a natureza não pode tocar com decadência.

Bob Dylan

RESUMO

Em empresas de manufatura, a constante busca pela redução de desperdícios, custos, e, conseqüente aumento do lucro dos produtos comercializados, aliados sempre ao bem-estar de seus colaboradores é um desafio contínuo a ser enfrentado pela gestão, times técnicos e operacionais. Desta maneira, constantes investigações dos problemas do dia-a-dia são necessárias de maneira a embasar investimentos em equipamentos e em capacitações, com o objetivo a manter a empresa competitiva no mercado em relação a custo, qualidade e inovação. Com isso, este trabalho se propõe a analisar como o *Lean Manufacturing* e a Automatização de Processos Manuais em uma linha de produção de blistagem podem resultar em melhoria de eficiência, redução de custos operacionais e melhorias ergonômicas, através de uma análise científica e descritiva de um estudo de caso onde se apresentaram dados de custos e produtividade, analisou-se causas do problema, descreveu-se tecnicamente o projeto para automatizar a linha e demonstrou-se resultados após a implementação, evidenciando como a empresa pode se manter competitiva no mercado de bens de consumo.

Palavras-chave: indústria química; *lean manufacturing*; automação; blistagem; produtividade; custos; ergonomia.

ABSTRACT

In manufacturing companies, the constant search to reduce waste, costs, and, consequently, increase the profit of the products sold, allied to the well-being of its employees, is a continuous challenge to be faced by management, technical and operational teams. Thus, constant investigations of day-to-day problems are necessary in order to support investments in equipment and training, with the objective of keeping the company competitive in the market in relation to cost, quality and innovation. This work proposes to analyze how Lean Manufacturing and Automation of Manual Processes in a Blistering production line can result in improved efficiency, reduced operating costs and ergonomic improvements, through a scientific and descriptive analysis of a case study where cost and productivity data were presented, the causes of the problem were analyzed, the project to automate the line was technically described and results were demonstrated after implementation, showing how the company can remain competitive in the consumer goods market.

Keywords: *chemical industry; lean manufacturing; automation; blistering; productivity; costs; ergonomics.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Exemplo de Encartuchamento	15
Figura 2 -	Exemplo de Embalagem Flowpack	15
Figura 3 -	Exemplo de Enchimento	15
Figura 4 -	Blistagem	15
Figura 5 -	Linha de Blistagem Analisada	16
Figura 6 -	Layout da Linha	17
Figura 7 -	Os Sete Desperdícios	29
Figura 8 -	Pirâmide de Automação	30
Figura 9 -	Sistema de Robôs	33
Figura 10 -	Tipos de Robôs	34
Figura 11 -	Cálculo de OEE	38
Figura 12 -	Ferramentas da Qualidade	39
Figura 13 -	Ciclo PDCA	41
Figura 14 -	Berço de Selagem	43
Figura 15 -	Exemplo de Produto Blistado	43
Figura 16 -	Refil 6 doses, Aparelho Aplicador, <i>Blistar/</i> Bolha, Cartela e <i>Insert Paper</i>	47
Figura 17 -	Estrutura Quantitativa do Produto Final	49
Figura 18 -	Tubo Refil Semi – Elaborado 6 shots	52
Figura 19 -	Fluxograma da Linha de Enchimento	53
Figura 20 -	Posto de Colocação Manual de SE	55
Figura 21 -	Magazine de Colocação de Cartelas	56
Figura 22 -	Placa de Selagem	56
Figura 23 -	Fluxograma da Linha de Blistagem (antes de melhorias)	58
Figura 24 -	Resumo dos Processos	58
Figura 25 -	Aferição de Resultados – Sistema Geprod	60
Figura 26 -	Estratificação do Item de Qualidade – Retrabalho (Paradas Externas)	61
Figura 27 -	Fluxograma de Causas de Velocidade Reduzida	62
Figura 28 -	Análise de Causa – Raiz do Problema	65
Figura 29 -	Desenho Técnico do Robô SCARA	68
Figura 30 -	Câmera do Sistema de Visão	69
Figura 31 -	Elevador Silo	70
Figura 32 -	Panela Vibratória	70
Figura 33 -	Sistema de Calhas Vibratórias	71
Figura 34 -	Esteiras Taliscadas	71
Figura 35 -	Robô Eixo	71
Figura 36 -	Robô SCARA Fanuc	72
Figura 37 -	Painel IHM do Sistema de Visão (Exemplos de Julgamento OK e Não OK)	72
Figura 38 -	Posicionamento de Inspeção da Câmera Keyence	73

Figura 39 - Fluxograma Resumido do Sistema Pick and Place e de Inspeção	73
Figura 40 - Projeto 3D do Sistema Pick And Place e seus Elementos	73
Figura 41 - Moldes de 4 cavidades (anteriores às novas implementações do projeto)	74
Figura 42 - Projeto do Novo Molde com 6 cavidades.....	75
Figura 43 - Molde em Período de Desenvolvimento e Molde em Operação na Linha	75
Figura 44 - Desenho das partes da esteira de taliscas e Checklist de Verificação de Parâmetros de Máquina	78
Figura 45 - Tela do Geprod no mês de fevereiro de 2021	79
Figura 46 - Identificação de Índices de Paradas de Qualidade após Projeto	80
Figura 47 - Gráfico de barras do OEE da linha Jul/2020 – Fev/2021.	81
Figura 48 - Fluxograma após instalações de Sistema Pick And Place.....	83
Gráfico 1 - Tendência de Volume do produto Pato Gel (Set/20 – Jun/21) .	48
Quadro 1 - Análise Ergonômica dos Postos de Trabalho	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Volume por produto (Set/20 – Jun/21)	47
Tabela 2 -	Ciclo da Linha (antes das alterações)	49
Tabela 3 -	Tabela 3 - Custeio de Produto (antes do projeto de instalação)	50
Tabela 4 -	Custo a ser Considerado em Ordens de Produção	50
Tabela 5 -	Listagem de Tipos de Falha do Sistema Geprod	59
Tabela 6 -	Tabela de Relação entre Itens de Ineficiência e Ocorrências na Linha	62
Tabela 7 -	Cronograma de Atividades do Projeto	67
Tabela 8 -	Ciclo da Linha após as implementações de novos Moldes	74
Tabela 9 -	Custeio de Produto baseado em horas-homem	81
Tabela 10 -	Custo a ser considerado em ordens de produção após o projeto	82
Tabela 11 -	Comparação entre Custos (set/20 – fev/21)	82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 A EMPRESA	14
1.2 PROBLEMA DA PESQUISA	16
1.3 HIPÓTESES	18
1.4 OBJETIVOS	18
1.4.1 Objetivo Geral	18
1.4.2 Objetivos Específicos	19
1.5 JUSTIFICATIVA	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	21
2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	23
2.3 <i>JUST IN TIME</i>	24
2.4 <i>JIDOKA</i>	25
2.5 <i>TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE</i>	26
2.6 <i>LEAN MANUFACTURING</i>	27
2.7 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	30
2.7.1 Robótica	33
2.7.2 Sistema de Visão	35
2.8 <i>KEY PERFORMANCE INDICATORS</i>	35
2.9 <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS</i>	37
2.10 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	39
2.11 <i>CICLO PLAN DO CHECK ACT</i>	40
2.12 ERGONOMIA	41
2.13 BLISTAGEM	42
3 MÉTODOS E TÉCNICAS	44
3.1 ESTUDO DE CASO	46
3.2.1 Estudo de Mercado do Produto	46
3.2.2 Estrutura do Produto	47
3.2.3 Processo de Custeio de um Produto	49

3.2.4 Processos de Fabricação do Produto	51
3.2.5 Análise do Indicador OEE	59
3.2.6 Ergonomia	63
3.2.7 Entendimentos de Causas–Raiz	65
3.2.8 Cronograma de Instalações	66
3.2.9 Execução Técnica do Projeto	68
3.2.9.1 Motivo de Escolha entre Robôs	68
3.2.9.2 Sistema de Visão	69
3.2.9.3 Princípio de Funcionamento do Sistema Pick And Place e de Inspeção Visual Automático	69
3.2.9.4 Novo Molde	74
4 RESULTADOS	76
4.1 O LEAN MANUFACTURING E A AUTOMAÇÃO.....	76
4.2 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA.....	78
4.3 ANÁLISE DE RESULTADOS – OEE E CUSTOS DE PRODUÇÃO	79
4.4 ANÁLISE DE CUSTOS	81
4.5 ANÁLISE ERGONÔMICA	82
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
REFERÊNCIAS	86

1 INTRODUÇÃO

O Polo Industrial de Manaus - PIM “é um dos mais modernos centros industriais e tecnológicos em toda a América Latina, reunindo atualmente mais de 600 indústrias de ponta nos segmentos Eletroeletrônico, Duas Rodas, Naval, Mecânico, Metalúrgico, Termoplástico, Químico, entre outros, que geram mais de meio milhão de empregos diretos e indiretos.” conforme descrição do Ministério Da Economia do Brasil. A produção do PIM é direcionada majoritariamente para o mercado brasileiro, mas há uma pequena parcela (cerca de 5% anualmente, conforme levantamento realizado no ano de 2012 pelo Ministério da Economia) que é exportada para mercados da América Latina, Europa e Estados Unidos.

Sua concepção data do ano de 1957, como parte do Decreto Lei nº 3.173, com o propósito de impulsionar o desenvolvimento econômico da Amazônia Ocidental. O modelo adotado pelo Polo Industrial de Manaus segue a perspectiva de benefícios fiscais, onde para atrair as empresas a se instalarem no Estado, o Governo Federal permite ao Governo do Amazonas a isenção de impostos de importação e exportação, ICMS, IPI, entre outros.

Segundo dados liberados pela Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA, autarquia vinculada ao Ministério da Economia que é responsável pela gestão da Zona Franca de Manaus - ZFM, o Polo Industrial de Manaus obteve um faturamento de R\$ 86,78 bilhões entre os meses de janeiro e outubro de 2019, com crescimento de 11,57% na comparação com o mesmo período do ano anterior, fato que comprova o constante crescimento de um modelo adotado há várias décadas. Outro impacto positivo a ser analisado em números se trata dos índices de geração de empregos, que ao final do primeiro trimestre de 2020, empregou uma média mensal de 92.651 trabalhadores.

Durante o período do início de 2020, um dos setores instalados no PIM, o setor Químico, obteve, segundo dados da Suframa, faturamento de R\$ 2,323 bilhões e crescimento de 18,84% em comparação ao mesmo período do ano anterior, segmento este, em que a empresa a ser estudada se classifica.

Um ponto essencial na diferenciação de empresas de manufatura é a adoção estratégicas de medidas que visem a diminuição de custos operacionais, de maneira a aumentar a margem de lucro de seus produtos. Essa competitividade de mercado hoje é o

combustível para diversas empresas investirem em técnicas que possam otimizar seus recursos.

Segundo Pires e Agostinho (1994), as Prioridades Competitivas podem ser definidas como sendo um conjunto consistente de prioridades para assegurar a competitividade no mercado, durante um certo horizonte de tempo. Não devem, portanto, ser confundidas com as estratégias competitivas genéricas utilizadas na Unidade de Negócios.

Também segundo Pires e Agostinho, prioridades mais utilizadas mundialmente são o custo (menor custo de produção), a qualidade (sob a ótica de satisfação dos clientes), a flexibilidade (principalmente no tocante ao mix e volume de produção) e o desempenho das entregas (busca de menores prazos e grau de confiabilidade dos mesmos).

Porter (1985) relatou que uma empresa pode obter uma vantagem competitiva de duas formas básicas, ou buscando a liderança no custo (menor custo que pode levar a prática de menores preços) ou através da diferenciação de seus produtos (e poder praticar seus preços com um pouco mais de liberdade).

O Sistema de Produção ou Manufatura Enxuta (*Lean Production* ou *Lean Manufacturing*) além de ser capaz de diversificar os produtos e produzir quantidades menores, prioritariamente, segue os seguintes princípios: a eliminação de desperdícios e a fabricação com qualidade (WOMACK, 1996).

1.1 A EMPRESA

Tendo sua fábrica instalada em Manaus no ano de 2007, a empresa a ser estudada é uma empresa multinacional americana, fundada em 1886, com uma gestão passada de pai para filho. A empresa realiza a formulação química e embalagem de produtos químicos, a serem comercializados como bens de consumo em diversos países, gerando cerca de 13.000 empregos e vendas globais estimadas em \$ 10.5 bilhões, segundo levantamento do site da revista Forbes no ano de 2020.

Com cerca de 1/3 da produção dos produtos a serem vendidos em território brasileiro, sendo os outros 1/3 realizados por fábricas terceirizadas brasileiras e outros 1/3 importados da planta localizada em Buenos Aires, na Argentina, a fábrica instalada no Polo Industrial de Manaus é responsável pela produção dos segmentos de:

- *Home Cleaning* (pastilhas adesivas sanitárias, pedras sanitárias, gel adesivo sanitário, spray aerossol desinfetante)
- *Pest Control* (repelentes spray, loção, pastilhas com veneno, repelente líquido elétrico)

- *Air Care* (segmento de sprays aerossóis, mini aerossóis semiautomáticos, desodorizador de ambientes em gel, odorizador para carros)
- Cera Automotiva (cera para limpeza de carro).

Diversas tecnologias como processos de *packaging* (encartuchamento, rosqueamento, blistagem, colocação em display, embalagens flowpack), enchimento (Figura 1, 2, 3 e 4) e processos de formulação química compõem o conjunto de processos com possíveis oportunidades de melhorias operacionais e eliminação de desperdícios no processo produtivo.

Figura 1 – Exemplo de Encartuchamento



Fonte:
<https://www.drogamaxi.com.br/>. Acesso em: 15/06/2021.

Figura 2 – Exemplo de Embalagem Flowpack



Fonte:
<https://www.drogamaxi.com.br/>. Acesso em: 15/06/2021.

Figura 3 – Exemplo de Enchimento



Fonte:
<https://www.drogamaxi.com.br/>. Acesso em: 15/06/2021

Figura 4 - Blistagem



Fonte:
<https://www.blackpack.com.br/blister-embalagem>. Acesso em: 15/06/2021

Com o exponencial aumento da demanda de produção da linha de produtos *Home Cleaning*, focado em Géis adesivos sanitários, fruto tanto da atratividade de embalagens promocionais quanto do constante lançamento de novas fragrâncias, é necessário considerar também o grande índice de produtos similares no mercado, que possuem preço de venda inferior, categorizando uma concorrência de grande participação no mercado. A

gestão entende que o foco na qualidade e exclusividade de fragrâncias, assim como a facilidade de uso, se tornam um diferencial de mercado a ser atingido.

Entretanto, em um contexto geral onde se visualizam as necessidades de diferenciação do negócio, é essencial também focar na diminuição de custos operacionais, que podem ser identificados na forma de diversas eliminações de desperdícios e melhorias de processo.

Logo, a alta gestão definiu uma linha de blistagem de produtos *Home Cleaning* da fábrica de Manaus (Figura 5) como uma linha essencial para atingir seus objetivos, onde a obtenção de melhorias de processo, também focando em melhorias ergonômicas, algo determinante na otimização de custo do produto, sempre focando na qualidade do produto e na segurança e bem-estar dos colaboradores, atreladas à produtividade da linha.

Figura 5 - Linha de Blistagem Analisada



Fonte: Imagens realizadas pelo próprio autor, 2021.

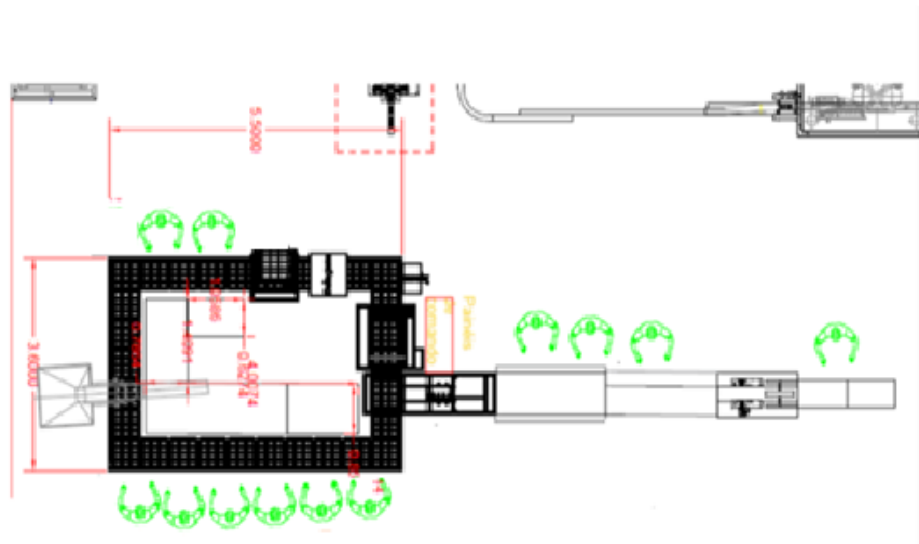
1.2 PROBLEMA DA PESQUISA

A linha de produção analisada apresenta performance abaixo da meta produtiva estipulada (65% do indicador de disponibilidade da linha OEE – *Overall Equipment Effectiveness*) e custo de produção elevado, indicadores que evidenciam problemas tais como a grande quantidade de paradas ao longo de seu processo produtivo diário e operação de maneira ainda bastante manual, sendo necessário

doze pessoas para produzir dois diferentes tipos de produtos, conforme observado em *layout* apresentado na Figura 6. O processo da linha caracteriza-se por:

- Processo de colocação de *blisters* e produtos em moldes de selagem é tendencioso a erros, podendo faltar produtos nas embalagens e, quando
- Colocação manual fora do padrão, podem ocasionar momentâneas paradas totais da linha após a etapa de selagem.
- Retrabalho constante de matéria-prima e refugos.
- Falta de inspeção visual eficiente.
- Movimentações manuais excessivas.

Figura 6: Layout da linha



Fonte:Elaborado pelo próprio autor, 2021.

Além disso, a empresa propõe que haja uma absorção de volume de outros tipos de produtos de blistagem da fábrica para a linha em questão, processo que no cenário dos Anos Fiscais 21 (FY21) é inviável, se considerar a baixa eficiência atual da linha e a possibilidade em se diminuir desperdícios e custos produtivos com as devidas melhorias.

A definição da necessidade de projetos de automação se tornou o foco de investimento da gestão, visando principalmente eliminar desperdícios, automatizar atividades manuais repetitivas e nocivas ergonomicamente, identificar e possibilitar a segregação de não conformidades no processo, manter um fluxo contínuo de produção e aumentar o volume produzido, utilizando menos colaboradores em atividades de *pick and place*, que consistem em atividades manuais de pega de

insumos de um posto de armazenamento (geralmente baias de insumos) e colocação em moldes que são transportados automaticamente de acordo com o ciclo da linha.

Logo, sendo uma linha instalada em Abril de 2020, e de volume de produção tendendo ao crescimento, a alta gestão entendeu que é necessário e possível otimizar o processo produtivo, automatizando processos de rotina de *pick and place* e inspeção visual, transformando-a em uma linha seguindo os conceitos do *Lean Manufacturing*, diminuindo-se os desperdícios de capacidade efetiva da linha, esforços mecânicos repetitivos por parte dos colaboradores e de retrabalhos e perdas de matéria-prima, conseqüentemente, reduzindo consideravelmente seu custo de produção e seus principais indicadores de performance (resultados de OEE, custo do produto, número de colaboradores, quantidades de movimentações manuais e output de produtos).

Os dados e imagens apresentados neste estudo foram autorizados e cedidos pelos membros do time de projetos da empresa em questão.

1.3 HIPÓTESES

Problema: Como a implantação do *Lean Manufacturing* e de automações em um processo produtivo reduz desperdícios, de forma a ser evidenciado em seus principais indicadores de produção?

H1: A automação proporcionará menor tendência a erros no processo, maior eficiência produtiva da linha e menor utilização de colaboradores no processo, gerando menor custo de produção e otimização ergonômica.

H2: A automação gerará otimização somente no número de colaboradores na linha e na ergonomia, não sendo evidenciado no aumento dos indicadores de produtividade.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Demonstrar através dos resultados de produtividade, custo e ergonomia, os benefícios da implantação da filosofia do *Lean Manufacturing* e da automação de processos em uma linha de produção.

1.4.2 Objetivos específicos

a) Levantar e evidenciar dados de indicadores de produtividade, custos de produção e ergonomia, antes e depois das implementações, para comparação e mensuração de efetividade da melhoria;

b) Identificar os principais problemas do processo e relacionar a suas possíveis causas;

c) Descrever tecnicamente os itens do processo de implementação do sistema de automação *pick and place* e de inspeção visual.

1.5 JUSTIFICATIVA

O seguinte trabalho se propõe a realizar um estudo em uma linha de blistagem, onde serão implementadas ferramentas de automação e do *Lean Manufacturing*, que proporcionem melhorias focadas na eliminação de desperdícios, sendo refletidos na melhoria de resultados, na diminuição de custos de produção e riscos ergonômicos, paralelamente buscando prioritariamente a segurança dos colaboradores, qualidade dos produtos e efetividade dos processos.

A descrição a ser realizada das etapas da implementação e de sua influência em eventuais otimizações proporcionará um estudo dos processos de melhorias, descrevendo ações e seus efeitos, de maneira a poder mensurar se os objetivos do projeto de fato serão atingidos.

Esta pesquisa se comprometerá a demonstrar os benefícios que investimentos em sistemas de Automação e robótica, e adequação da linha no *Lean Manufacturing*, junto da mentalidade de processos enxutos e melhoria contínua podem trazer uma série de diferenciais que contribuirão para a vantagem competitiva da empresa.

Neste trabalho será apresentado um estudo de caso que visa demonstrar a capacidade das automações de processos em se garantir atividades padronizadas e rápidas, a custos baixos de produção, com índices de erros baixos, diminuindo os desperdícios de processo constantes no dia-a-dia da operação.

A participação humana tanto na instalação, quanto na operação diária e manutenção destas tecnologias será discorrida de maneira a se ilustrar a quão benéfica é uma relação entre automatização de em processos, que hoje é temida por muitos colaboradores pela possibilidade de substituição e de se perder empregos.

Literaturas técnicas auxiliarão no embasamento do trabalho aqui descrito, com o estudo de caso real a ser relatado e apresentado aqui, onde dados mensuráveis demonstrarão como conceitos técnicos e metodologias universais se adequam às tomadas de decisões da gestão de ambientes fabris.

Logo, muitas empresas, assim como a descrita nesse estudo, realizam investimentos de maneira a proporcionar recursos para a viabilização de projetos focados na aplicação do *Lean Manufacturing*, com o objetivo de eliminar perdas e desperdícios operacionais, aumentando a efetividade dos processos que agregam valor, utilizando menos recursos, assim, aumentando a margem de lucro dos produtos. Essa mudança de paradigma, associada ao envolvimento dos colaboradores em desenvolver uma mentalidade voltada para a eliminação de desperdícios, aumenta a sustentabilidade financeira da empresa em relação aos custos de produção e também pela motivação dos funcionários, que se desafiam de maneira a colaborar com o sucesso da companhia.

Dentre empresas conhecidas por utilizar em seu dia-a-dia, de acordo com suas perspectivas e contextos, a aplicação do *Lean Manufacturing*, pode-se citar alguns exemplos tais como a Ford, Nike, Toyota e Caterpillar, onde essas focam na eliminação de desperdícios, aliando a produtividade à qualidade, e reduzindo custos produtivos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com o objetivo de se apresentar elementos relacionados ao contexto apresentado neste estudo sobre Automação e o *Lean Manufacturing*, este capítulo se dedica a trazer diversas visões relacionadas aos principais conceitos teóricos a serem contextualizados ao longo deste trabalho.

2.1 REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Ideias de progresso sempre estiveram presentes ao longo da história humana. Os principais avanços da humanidade, desenvolvidos individualmente ou em conjunto, foram, ao longo do tempo, se concretizando em mecanismos que proporcionam facilidade na realização de tarefas do dia a dia, e logo depois, em atividades de manufatura de bens.

Estes conceitos foram amplamente observados no século XVII, e avançando ao longo do tempo, impulsionados por ideias cujo objetivo principal era o progresso da sociedade. Conforme relatado por Oliveira (2003), em estudo focado nas transformações no mundo do trabalho, a mecanização da produção, o surgimento das primeiras máquinas, a energia do carvão e do ferro e a revolução na agricultura, são alguns dos fatores que foram observados principalmente na Inglaterra, no que seria o contexto inicial do período conhecido como a Primeira Revolução Industrial, em meados do século XVIII. Neste período, os principais protagonistas podem ser definidos como os membros da classe operária e os proprietários de fábricas, onde mesmo em seus períodos iniciais, a Revolução Industrial e seus protagonistas já demonstrava preocupações em se maximizar o lucro obtido e minimizar os custos.

No século XIX, por volta de 1860, a Revolução Industrial assumiu novas características e uma incontida dinâmica, impulsionada por inovações técnicas, como a descoberta da eletricidade, a transformação de ferro em aço, o surgimento e o avanço dos meios de transporte e, mais tarde, dos meios de comunicação, o desenvolvimento da indústria química e de outros setores (SILVA, GASPARIN, 2010).

A denominada Segunda Revolução Industrial, deu seguimento ao processo de industrialização da Europa, e expansão gradual para outros países do mundo, este período se caracteriza pelo emprego de novas fontes de energia tais como a energia à vapor e o carvão, e o maior desenvolvimento da indústria química, responsável por produtos derivados do petróleo, fertilizantes e medicamentos. Nos ambientes fabris, o

maior emprego de automatizações nos processos de manufatura se mostrou benéfico, de maneira a aumentar a capacidade produtiva, tanto em volume quanto em variabilidade de produtos.

Durante a Segunda Revolução Industrial, figuras como Henry Ford e Frederick Taylor se tornaram expoentes de ideias aplicadas em ambientes fabris, buscando o objetivo de se obter o lucro e a competitividades e domínio o mercado.

“Taylor propôs a ideia de uma gerência que criasse, através de métodos de experimentação do trabalho, regras e maneiras padrões de executar o trabalho. Essas regras padrões seriam obtidas pela melhor equação possível entre tempo e movimento. Para Taylor a garantia da eficiência era papel fundamental da gerência. Assim, criava-se métodos padronizados de execução que deveriam otimizar a relação entre tempo e movimento” (RIBEIRO, 2015).

Segundo relata Taylor (1987), “durante cerca de trinta anos, homens dedicados ao estudo do tempo em colaboração com a administração das oficinas se consagraram completamente ao estudo científico dos movimentos e a exata medida do tempo por meio de cronômetros, em todas as fases do trabalho mecânico”.

Wood (1992) afirma que Taylor idealizava a separação entre trabalho mental e físico e fragmentação das tarefas, focando na organização de uma forma racional e eficiente, de maneira a fixar metas, detalhar tarefas para atingi-las e controlá-las.

Já o Fordismo, desenvolvido por Henry Ford no mesmo período, e executado nas fábricas automotivas Ford, conforme relatado por Ribeiro (2015), se caracteriza pela inovação técnica da introdução de sistema de esteiras rolantes, representando uma produção em fluxo, aliada aos aspectos ideológicos de um ritmo de trabalho extremamente exaustivo e sem recompensa à altura, à medida em que a produção em massa e pouca variabilidade de produtos caracterizava também o mercado consumidor.

“O conceito-chave da produção em massa não é a ideia de linha contínua, como muitos pensam, mas a completa e consistente intercambiabilidade de partes, e a simplicidade de montagem. Antes da introdução da linha contínua” (WOOD, 1992).

Wood (1992) relata também que “Ford também conseguiu reduzir drasticamente o tempo de preparação das máquinas fazendo com que elas executassem apenas uma tarefa por vez. Além disso, elas eram colocadas em sequência lógica”.

2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Durante a década de 1950, no Japão, dois engenheiros chamados Eiiji Toyoda e Taiichi Ohno realizaram uma visita à Ford nos Estados Unidos, onde após observar de perto a empresa símbolo da produção em massa, chegaram à conclusão de que um modelo visando o atendimento ao cliente, focando no que era demandado, no momento em que era demandado e na quantidade demandada, se adequaria melhor a um sistema eficiente de produção e redução de custos. Surgia aí, junto aos conceitos previamente desenvolvidos de *Jidoka* e *Just In Time*, o Sistema Toyota de Produção.

O conceito fundamental do Sistema Toyota de Produção se baseia fundamentalmente na chamada Produção Enxuta, com o objetivo principal de identificar desperdícios nos processos, ou seja, atividades que não agregam valor ao cliente, e formas de reduzir e eliminá-las.

De acordo com Ohno (1997), o Sistema Toyota de Produção foi concebido na década de 1950, mas só obteve reconhecimento na década de 1970, durante a primeira crise do petróleo, onde gestores de outras empresas obtiveram conhecimento da filosofia de identificação e eliminação de desperdícios.

Segundo Womack e Jones (1996), o conceito ampliado da Produção Enxuta deve ser implementado como uma filosofia e mentalidade no contexto de uma fábrica, sendo difundida a todos os níveis dentre seus colaboradores, focando em melhores tempos de processamento, produzindo com maior eficiência, sempre visando a qualidade.

“A aplicação da filosofia da Produção Enxuta contribui efetivamente para a melhoria de competitividade das indústrias, pois tem como benefícios, por exemplo, o aumento da produtividade, melhoria da qualidade, otimização da matéria-prima, dos insumos e outros recursos. Tais fatores possuem importância relevante frente a necessidade da busca contínua da excelência empresarial no mundo atual” (ELIAS *et al.*, 2003).

Ohno (1997) demonstra foco nos fluxos de manufatura, ou processos, onde a possibilidade de expandir a atividade de um operador não somente a uma máquina, mas em várias, pode ser um ponto importante no alcance a um aumento de produtividade. Essa otimização, hoje está presente em vários ambientes industriais.

Conforme escrito por Liker e Meier (2007), o sistema Toyota identifica que o sucesso em um sistema enxuto vem de um processo de identificação das perdas,

onde o fator chave é a compreensão da causa raiz destes problemas e contramedidas adotadas para reduzir ou controlá-los.

2.3 JUST-IN-TIME

O *Just-in-time* é um dos elementos chave que suportam o Sistema Toyota de Produção. Fruto das filosofias aplicadas na Toyota, buscando um modelo de gestão para se coordenar a demanda específica de diferentes modelos de acordo com necessidade do mercado.

Segundo Ohno (1997), o *Just-in-Time*, significa que em um processo em fluxo, os elementos necessários a uma montagem, chegam à linha de produção somente no momento em que serão utilizados, na quantidade necessária e com a qualidade garantida, formato não suportado por meios convencionais de gestão. Já de acordo com Slack *et.al* (2002), o *Just-In-Time* pode ser definido como uma movimentação rápida e coordenada de componentes ao longo de um sistema de produção de maneira a sempre atender à demanda dos clientes.

“O sistema do *Just In Time* é operacionalizado por meio do Heijunka (nivelamento e suavização do fluxo de itens), kanban (sinalização para o processo anterior de que mais componentes são necessários) e nagare (posicionamento de processos para alcançar o fluxo de componentes mais suaves ao longo do processo de produção)”. (SLACK *et. al* 2002).

Na visão de Motta (1993) o *Just-in-Time* “é 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 de áreas a empresa”.

Ohno (1997) também afirma que onde existem falhas no processo, retrabalho, problemas com o equipamento, absenteísmo, entre outros, mesmo que no início do processo, podem-se desencadear uma série de produtos defeituosos, podendo gerar também estoques desnecessários, ambos desperdícios, que impactariam tanto a produtividade quanto a lucratividade.

2.4 JIDOKA

O *Jidoka* tem suas raízes no período pré-guerra. Toyoda, fundador do grupo Toyota, inventou o conceito de *Jidoka* no início do século XX, ao incorporar um dispositivo de parada automática em seus teares, o qual interrompia o funcionamento

de uma máquina caso um fio se partisse. O objetivo era separar a atividade do homem da atividade da máquina, possibilitando que um mesmo operador trabalhasse em diversas máquinas ao mesmo tempo (LIKER, 2005).

Segundo Ohno (1997) Jidoka, também denominado como automação, é a automação com um toque humano, onde a interação entre a automação e a mão de obra humana é capaz de eliminar qualquer possível anomalia no processo, pois a máquina é interrompida quando existe uma falha. A automação muda o significado de gestão, afinal será desnecessária a presença do operador quando a máquina estiver operando normalmente. Como resultado, um trabalhador pode operar várias máquinas ao mesmo tempo, tornando possível a redução de custos com mão de obra (OHNO, 1997).

Ghinato (1996) disserta o Jidoka como um conceito mais voltado à autonomia do que a automação em si, onde, quando ampliada a linhas de produção manuais, podem dar a liberdade ao operador na execução de paradas de linha ao se detectar anormalidades.

Para Sugimori *et al.* (1977), o *jidoka* pode resultar em benefícios para uma empresa, tais como a redução de custo através da redução da força de trabalho; flexibilidade na produção para alterações na demanda; qualidade assegurada; aumento do respeito à condição humana, etc.

A associação da automação a requisitos modernos para se garantir a segurança dos trabalhadores e qualidade do produto é fundamental no alcance de ambos.

Ghinato (1996) explica que o *jidoka* pode evitar a participação direta dos trabalhadores em operações de risco à integridade física dos mesmos.

Um aliado aos dispositivos Jidoka é a Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* – TPM), onde o treinamento do time de produção para a realização de atividades de manutenção na máquina pode trazer os benefícios de aumento de confiabilidade dos equipamentos, tema este que ainda será discorrido em detalhes neste estudo.

2.5 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

Maggard e Rhyne (1992) definem a Manutenção Autônoma ou Total Productive Maintenance - TPM como “Uma abordagem de parceria entre todas as funções organizacionais, mas particularmente entre a produção e a manutenção, para a

melhoria contínua da qualidade do produto, eficiência da operação, garantia da capacidade e segurança.”

Já Nakajima (1989) define suas aplicações no contexto em que “as máquinas complexas incorporadas de novas tecnologias exigirão pessoas dotadas de novos conhecimentos, necessário tanto para operação como para manutenção a um nível apropriado”, considerando também a “integração total do homem vs. máquina vs. empresa”.

Na instalação de novas tecnologias, um fator importante a se levar em consideração é a garantia da disponibilidade dessas tecnologias para agregar valor ao processo, visto que se proponham a exercer seus objetivos de garantir fluidez operacional, e não se tornar um gargalo ou constante alvo de quebras, fator que pode até não justificar a aquisição de tais tecnologias, tendo em vista que o retorno não seria benéfico.

Logo, a metodologia do TPM se propõe a integrar os colaboradores com as máquinas em uma relação de mutualismo, de maneira a ser possível minimizar quebras e paradas de linhas, sendo o operador capaz de, tecnicamente, analisar não conformidades e propor tratativas de forma ágil e eficiente.

A segunda parte do modelo de melhoramento da produção busca formas de prevenir que as falhas ocorram, buscando combater as causas de perdas e falhas no processo produtivo. Além disso, trata de maneiras de se recuperar caso algumas falhas ocorram no decorrer do processo (SLACK *et al.*, 1997).

Segundo Ghinato (1996), o TPM é aplicado tanto na detecção e correção de anormalidades no produto, quanto em problemas que possam afetar o desempenho e a vida útil das máquinas.

“A eliminação completa das quebras das máquinas é alcançada através da aplicação de mecanismos que permitam a detecção do problema e a interrupção imediata do processamento, de forma a implementar soluções que ataquem a origem das quebras.” (GHINATO, 1996).

Suzuki (1994) define os principais objetivos do TPM como sendo relacionados a:

1. Maximizar o OEE (Overall Equipment Effectiveness);
2. Estabelecer um Sistema de Manutenção Preventiva cobrindo a vida útil dos equipamentos;

3. Envolver todos os departamentos, da gerência ao chão de fábrica, na obtenção de uma gestão autônoma dos equipamentos.

Entende-se que a instalação de automações tem uma alta relação com o TPM, tendo em vista que seu manutenção é de importância vital para se garantir os objetivos propostos dessas automações.

Suzuki (1994) também especifica os pilares do TPM, demonstrando uma rota de implementação e controle de cada item específico.

- Manutenção da qualidade;
- Manutenção planejada;
- Manutenção autônoma;
- Melhoria focada;
- Controle de equipamentos;
- Segurança, saúde, meio ambiente;
- TPM no setor de administração;
- Treinamento e educação.

2.6 LEAN MANUFACTURING

O *Lean Manufacturing*, segundo Moncayo (2009) teve sua origem na década de 1950, e, assim como o STP, teve início discreto no Japão, e conseguiu atenção inicial na Europa fruto da indústria automotiva, onde, de maneira a ser possível constantemente acompanhar os desenvolvimentos tecnológicos e se atualizar.

“Algumas pessoas imaginam que a Toyota vestiu um belo terno novo e então decidem sair e comprar um igual a ele e exibi-lo. Eles logo descobrem que estão gordos demais para usá-lo! Que eles devem eliminar todo esse desperdício e fazer melhorias fundamentais em seu sistema de produção antes que as técnicas kanban possam ter alguma utilidade” (SHINGO, 1985).

Shingo (1985) faz uma alusão à linha de pensamento do STP e do Lean Manufacturing, onde a filosofia de sistematização da identificação dos desperdícios do Lean influenciou a formação do STP.

Segundo relatado por Moncayo (2009), em resumo, a filosofia *Lean* pode ser descrita como “...uma filosofia de manufatura que encurta o tempo entre o pedido de compra do cliente e o embarque do produto acabado, eliminando o desperdício”.

O Sistema Toyota de Produção pode ser aplicado em qualquer ambiente que envolva processos e desperdícios, otimizando o modelo operacional desses fluxos, sendo essencial para aumentar a produtividade e diminuir custos desnecessários em processo de transformação, sendo utilizados em indústria de maneira a aumentar a lucratividade e competitividade do negócio.

"O termo *Lean* está frequentemente relacionado ao uso de menos esforço humano na fábrica, com menos espaço de fabricação, menos investimento em ferramentas, menos horas de engenharia para desenvolver um novo produto em menor tempo, menos inventário, menos defeitos na produção e produção de um produto maior e cada vez maior variedade de produtos" (Womack et al., 1990).

"De fato, diversas técnicas de operação, derivadas do campo da engenharia industrial, foram propostos na literatura técnica para observar e remover ineficiências e perdas ocultas." (HINES, RICH; HINES, RICH, 1997).

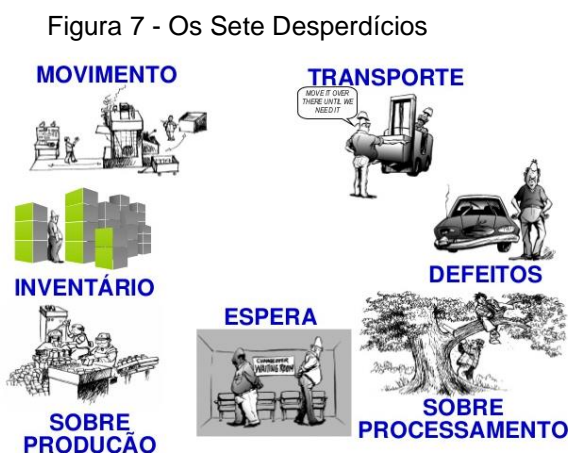
O desperdício pode ser definido segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), como todo tipo de atividade que não agrega valor ao produto. Através de estudos realizados, a Toyota identificou sete tipos de desperdícios que acontecem na maioria das operações tanto de serviços como de manufatura, são eles: superprodução, tempo de espera, transporte, processo, estoque, movimentação e produtos defeituosos.

A filosofia *Lean* (enxuta) se baseia também na identificação desses 7 desperdícios, identificados também no STP, de maneira a serem identificados em ambientes produtivos, sendo conforme Slack et. al, estes:

1. Superprodução: Produzir mais do que for imediatamente necessário para o processo seguinte da operação é a maior fonte de desperdício, conforme a Toyota.
2. Tempo de Espera: A eficiência do equipamento e da mão de obra são duas medidas populares amplamente utilizadas para mensurar o tempo de espera de equipamento e de pessoas, respectivamente. Menos óbvio é o tempo de espera por itens, dissimulados pelos operadores, que são mantidos ocupados produzindo peças ou componentes desnecessários naquele momento.
3. Transporte: Movimentar itens em torno da operação, junto com a manipulação dupla e tripla de componentes, não agregam valor. Mudança do arranjo físico que aproximam os processos e melhoram os métodos de transporte e a organização do local de trabalho podem reduzir o desperdício,
4. Processo: O próprio processo pode ser uma fonte de desperdício. Algumas operações podem somente existir devido ao mau projeto do componente ou da má manutenção e, assim, podem ser eliminadas.
5. Estoque: Qualquer estoque deve tornar-se alvo de eliminação. Entretanto, é apenas combatendo as causas do estoque as causas do estoque que ele pode ser reduzido.

6. Movimentação: Um operador pode parecer ocupado, mas, às vezes, nenhum valor está sendo agregado ao trabalho. A simplificação do trabalho é uma fonte rica de redução do desperdício da movimentação
7. Defeitos: Frequentemente, o desperdício de qualidade é muito significativo nas operações. O custo da qualidade total é muito maior do que tem sido tradicionalmente considerado e, assim, é mais importante atacar as causas de tais custos.” Slack et al (2002)

Segue na Figura 7, os 7 Desperdícios apresentados:



Fonte: <http://www.sequoiaconsultoria.com.br/en/oeo-overall-equipment-efficiency/> Acesso em: 22/11/2019

Moncayo (2009) disserta sobre o *Lean Thinking*, filosofia a ser difundida nas empresas de modo a engajar todos na identificação nas cadeias de valor de atividades em processos que agregam valor de fato ao cliente, e atividades que não agregam, sendo consideradas como desperdícios.

O autor também lista algumas metas essenciais que uma empresa que visa processos enxutos deve ter em mente, sendo estes:

- Melhorar a qualidade
- Eliminar desperdício
- Reduzir o *Lead Time*

“No que diz a respeito da implantação do *Lean Manufacturing* e à redução de desperdícios, pode-se considerar a estabilidade de processos, que é um conjunto de ações que pode eliminar obstáculos na produção, aumentando o desempenho do trabalhador e cuidando para que ele receba os recursos necessários para executar suas atividades” (TREVILLE; ANTONAKIS, 2005).

2.7 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

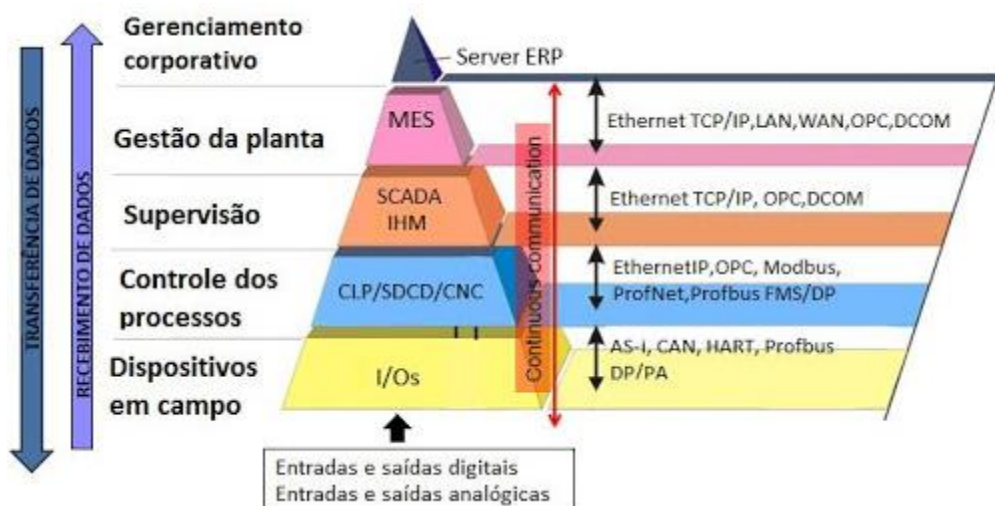
De acordo com Apelli (2007), independentemente do segmento industrial, o papel da automação se tornou abrangente para manter as indústrias fortes em mercados dinâmicos e flexíveis.

Martins (2012) afirma que a automação é necessária para atender algumas necessidades da indústria no contexto atual, elevando a eficiência de processamento dos produtos, aumentando a flexibilidade de modelos para o mercado, com menores custos e perdas de materiais e mais disponibilidade e qualidade da informação sobre os processos de produção.

Conforme foi proposto por Costa, Lisboa e Santos (2002), alguns dos benefícios da automação em uma empresa são: a melhoria das condições de operação; a melhoria na qualidade; controle de qualidade mais eficiente; segurança; a flexibilidade dos processos de produção e o aumento da produtividade, otimizando-se o uso de matéria-prima.

A automação industrial em sua visão macro pode ser representada estratificadamente da seguinte maneira, conforme a Figura 8, e descrição de cada etapa:

Figura 8 - Pirâmide de Automação



Fonte: <https://profes.com.br/profmarciojrunes/blog/piramide-de-automacao-industrial>. Acesso em: 09/06/2021

- O nível 1 da pirâmide de automação é o chamado “chão de fábrica”, pois é o nível onde estão as máquinas responsáveis pela produção. Este nível é composto pelos dispositivos de campo, ou seja, sensores e atuadores
- O nível 2 é responsável por controlar todos os equipamentos do nível 1 e repassar os comandos dos níveis superiores para as máquinas. Esse nível é composto por

CLPs, SDCDs e CNCs. CLP ou PLC (Controlador Lógico Programável) é um computador industrial de pequeno porte usado para controlar processos industriais. SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído) é um sistema de controle no qual os equipamentos estão distribuídos pela planta. CNC (Comando Numérico Computadorizado) refere-se ao comando de máquinas ferramentas programáveis por computador.

- O nível 3 é responsável pela supervisão e otimização de processo, possuindo também bancos de dados que guardam informações relativas à planta. No nível 3 estão as IHMs e sistemas de supervisão (SCADA), responsáveis por monitorar e controlar o processo por meio de interfaces gráficas. Sistema Supervisório ou SCADA (SupervisoryControlAnd Data Acquisiton) é um software para comandar e visualizar os dados de uma planta, que geralmente roda em um computador. IHM (Interface Homem-Máquina) é um equipamento com algum tipo de visor para comandar e visualizar os dados de uma máquina, fazendo a interação entre humano e máquina.

- O nível 4 é o nível responsável pela programação e planejamento da produção, realizando o controle, agendamento e a logística de suprimentos, geralmente por meio do MES (Manufacturing Execution System).

- O quinto e último nível se encarrega da administração dos recursos da empresa, trabalhando de forma administrativa e financeira. Geralmente utiliza-se um software ERP (Enterprise Resource Planning) para isso. NUNES (2020).

Segundo Ribeiro (1999), as pessoas temem que a automação significa perda de empregos, quando pode ocorrer o contrário, alegando que as empresas sem automação não podem competir economicamente com outras por causa de sua baixa produtividade devida à falta de automação e por isso elas são forçadas a demitir gente ou mesmo encerrar suas atividades. Assim, automação pode significar ganho e estabilidade do emprego, por causa do aumento da produtividade e eficiência

Lacerda e Ferri (2013) fazem a divisão de automações industriais de maneira mais direta, dividindo-as em 3 níveis:

- Nível de Campo- constituído pelos elementos a controlar (ex.: Motores) e pelos elementos de detecção (ex.: Sensores).
- Nível de Controle- como o próprio nome indica, é o nível onde se encontram os elementos que vão controlar o processo (ex.: Autômatos).
- Nível de Supervisão- É composto pelos programas de interface homem-máquina e aquisição de dados (este nível não deve interferir diretamente no funcionamento do processo).

Segundo RIBEIRO (1999), as máquinas começaram a serem programadas para fazer uma série de operações, resultando em uma peça acabada, sendo as operações automáticas e expandidas para incluir outras funções. A máquina segue um programa predeterminado, em realimentação da informação. A função do operador deve ser de observar a máquina para ver se tudo funciona bem. Para controle de sistemas de Automação se utilizam tecnologias de programação lógica, visando sistemas que garantam a confiabilidade das operações propostas em automações a serem implementadas. Dentre estes sistemas de controles podem se

citar os relés, que segundo Ribeiro (1999) podem ser definidos como um sistema cabeado de chaves que ligam e desligam eletronicamente um sistema elétrico sem necessidade de intervenção humana; e os CLPs, que também segundo Ribeiro (1999) são equipamentos elétricos e eletrônicos que são programados logicamente, de maneira a se controlar os processos de máquinas.

Tanto na visão de produtividade quanto no contexto de ergonomia do colaborador e precisão de performance, a automação é vista beneficemente, e nas organizações focadas em manufatura, hoje representa um diferencial.

Ghinato (1996), associa a automação à redução de 3 das 7 perdas já mencionadas: Espera, Superprodução e Defeitos.

Perda por superprodução quantitativa: na medida em que a máquina está equipada com um dispositivo capaz de interromper o processamento no momento em que a quantidade de produção planejada tenha sido atingida, não haverá excesso de produção e portanto, a perda por superprodução quantitativa será completamente eliminada. Este foi o primeiro tipo de perda eliminado no Sistema Toyota de Produção. Hoje, quando se fala em perda por superprodução na Toyota, entende-se imediatamente como perda por produzir antecipadamente.

Perda por espera: o equipamento dotado da capacidade de detectar a ocorrência de qualquer anormalidade dispensa a presença do operador observando todo o processamento. Ou seja, a função controle, antes atribuição do operador, está incorporada ao próprio processamento.

Perda por fabricação de produtos defeituosos: o processamento é interrompido ao primeiro sinal de anormalidade. A máquina não executa o processamento sob condições de risco de ereção de produtos defeituosos. É necessário que o operador ou a equipe responsável atue sobre o processo de forma a eliminar a causa do problema (corrigir o processamento) para que a produção retome o curso (GHINATO, 1996).

2.7.1 Robótica

Os robôs são tecnologias de automação que estão cada vez mais sendo utilizados, com crescimento exponencial também sendo evidenciado no cenário industrial brasileiro. Os robôs em ambientes industriais podem ser utilizados para os seguintes propósitos:

- Utilização para realizar trabalhos que são humanamente desgastantes, repetitivos e perigosos;
- Auxílio em processos logísticos e transferência de materiais,
- Movimentação de componentes e produtos com maior eficiência e rapidez;
- Segregação de defeitos e análises em tempo real (sendo mais preciso que a visão humana).

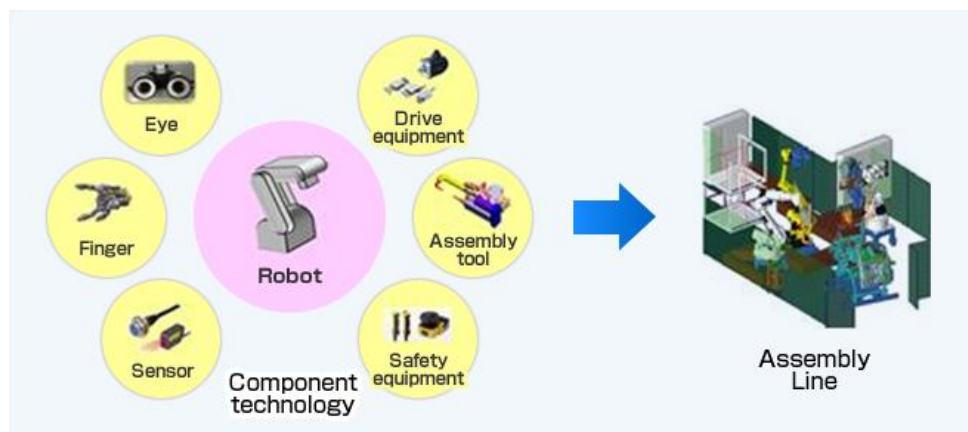
Taucita, Santos e Almeida (2013) analisam em seu estudo, focado em processo de pintura, os benefícios da utilização dos robôs, evidenciando impactos na produtividade, o aumento da qualidade e da confiabilidade no processo de pintura, diminuindo também os custos e a mão-de-obra, e minimizando contato com produtos químicos que podem prejudicar a saúde dos colaboradores.

Scaivico (1996) descreve um sistema de robôs da seguinte maneira:

1. Manipuladores: a sequência de corpo rígido (links) ligados por juntas (articulações).
2. Atuadores: para posicionar o manipulador, as articulações são movidas por meio de atuadores. Os motores utilizados são geralmente elétricos, mas por vezes, há utilização de sistemas hidráulicos e pneumáticos.
3. Sensores: para medir a posição, e se necessário, estado do ambiente.
4. Sistema de Controle: permite o controle e supervisão movimentação do manipulador.

A Figura 9, resume o sistema mencionado:

Figura 9 – Sistema de Robôs



Fonte: <https://www.hirotec.co.jp/eng/product/robot.html>. Acesso em 13/06/2021.

Rosario (2005) classifica os robôs industriais de acordo com os seguintes tipos:

Manipuladores: são fisicamente fixos ao seu local de trabalho, ou seja, sua base é presa ao chão ou a um suporte de modo que o robô não se desloque pelo ambiente. Pode ser usado numa linha de montagem, num centro de operações cirúrgicas, etc.

Móveis: podem se deslocar usando rodas, pernas ou mecanismos semelhantes. Aplicam-se, por exemplo, a vigilância e operações militares,

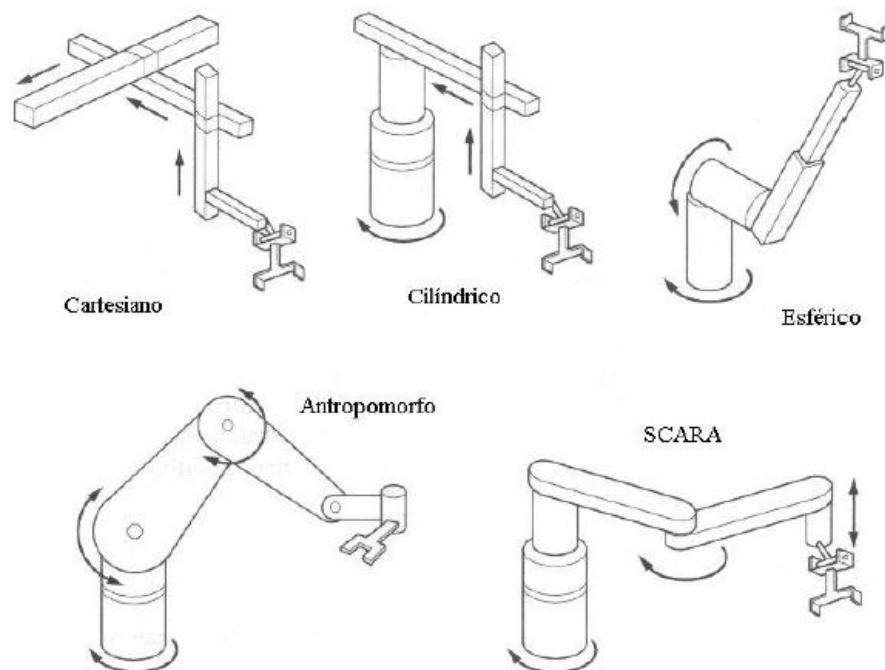
explorações espaciais, linhas de produção, etc. Humanoides: é um robô híbrido, isto é, móvel e equipado com diversos manipuladores, cuja estrutura física imita o torso humano. Aplicam-se desde as tarefas mais simples até aquelas mais complexas, precisas e arriscadas efetuadas por seres humanos; por exemplo: apertar parafusos, resgatar feridos em campo de guerra, etc.

Lorini (2003) classifica os robôs manipuladores em relação às juntas, podendo ser prismáticas (P), que apresentam precisão e movimentos lineares; ou rotacionais (R), que apresentam maior área de ação, e movimentos angulares.

Dentre os robôs classificados como manipuladores, Foresti (2006) ilustra e classifica os modelos mais utilizados de robôs na indústria (Figura 10).

- Cartesiano ou Retangulares 3 juntas P. (PPP)
- Cilíndricos: 1 junta R e 2 juntas P. (RPP)
- Esféricos: 2 juntas R e 1 junta P (RRP)
- Antropomorfos ou Articulados: Todas 3 as juntas R. (RRR)
- SCARA: 2 juntas R e uma P (RRP).

Figura 10 - Tipos de Robôs



Fonte: FORESTI, 2006.

2.7.2 Sistema de Visão

O contexto de automação reafirma sobre a necessidade de se identificar defeitos no processo e segregá-los, de forma a não impactar em constantes paradas de linha, perdas de material e possíveis danos a outros equipamentos de uma linha.

A possibilidade de reação inteligente das máquinas, quando deparadas com não conformidades dentro do processo, decorrente de um sistema integrado de máquinas com sistemas de visão, são avanços que cada vez mais vêm sendo aproveitados.

Os sistemas de visão também podem ser considerados uma evolução natural de sistemas de sensoriamento convencionais, que possuem funcionalidades de identificação de não conformidades, porém sem a capacidade de os julgar quantitativamente ou qualificadamente.

Foresti (2006) disserta que sensores de imageamento, ligados a algoritmos de visão artificial, podem tornar um robô ou um processo mais flexível. O autor também lista algumas vantagens da utilização de sistemas de visão em linhas ou acoplados em robôs, sendo estes:

- Possibilidade de inspeção, aferição e alinhamento de peças.
- Manipulação de objetos sem posição pré-definida, objetos diferentes, objetos com variação dimensional.
- Aumento de produtividade e maior controle do processo produtivo.
- Possibilidade de trabalhar com peças em movimento.

A conversão da imagem obtida, de sinais analógicos para sinais digitais, com o auxílio de sensores ópticos, caracteriza o processo contínuo de comparação de uma base de dados de produtos OKs e Não Ok's com os produtos em processo em tempo real.

2.8 KEY PERFORMANCE INDICATORS - KPIs

Francischini e Francischini (2007) afirmam que indicadores de desempenho desempenham funções tais quais Controle de dados, motivação dos funcionários, e direcionamento de melhorias. Ao mesmo tempo em que se descrevem os indicadores como medidas de comparação entre o realizado pela produção com os objetivos da empresa, e também reitera que os indicadores apontam, mas não resolvem os problemas.

Em um contexto de crise, o controle das operações produtivas adquire imprescindibilidade para que as organizações façam frente às suas demandas de mercado (SLACK *et al.*, 2002).

Segundo Neely (1997), o sistema de medida de desempenho permite que as decisões e ações sejam tomadas com base em informações porque ele quantifica a eficiência e eficácia das ações passadas por meio da coleta, exame, classificação, análise, interpretação e disseminação dos dados.

A utilização de indicadores de desempenho como ferramenta para gestão é cada vez mais comum nas organizações, e se torna base da análise de investimentos e/ou estratégias empresariais. (SARAIVA; CAMILO, 2010)

Indicadores de performance em indústrias são amplamente utilizados para medir desempenho em diferentes áreas, tais como Recursos Humanos, Manutenção, Segurança e Qualidade. Na área de manufatura, os mesmos são utilizados amplamente para se entender e acompanhar fatores tais como a eficiência das linhas, índice de retrabalho, perdas de produção, cumprimento de plano de produção, entre outros.

Segundo Moreira (1991), “a mera existência de estimativas de produtividade pode servir de estímulo para que funcionários passem a raciocinar em termos de eficiência e preocupar-se com elas”.

Um dos indicadores apresentados nesta pesquisa é o índice de retrabalho e refugo, que no ambiente industrial pode ser entendido como qualquer quantidade de matéria-prima que após ser descartada em um processo de transformação pode ser retrabalhada ou não, representação de um dos 7 desperdícios, onde as matérias-primas são consumidas de forma anormal ou acima do necessário à elaboração do produto. Apontado em fábricas como uma perda produtiva, o refugo e índices de retrabalho representam perdas de qualidade, mas também de produtividade, por impactar em paradas de linha e utilização de mão de obra nas atividades de segregação, retrabalho e procedimentos de inspeção de qualidade dos produtos.

“Vemos e sentimos o desperdício das coisas materiais. Entretanto, as ações desastradas, ineficientes e mal orientadas dos homens não deixam indícios visíveis e palpáveis. Por isso, ainda que o prejuízo diário daí resultante seja maior que o desastre das coisas materiais, estas últimas nos abalam profundamente, enquanto aquele apenas levemente nos impressiona” (TAYLOR, 1992).

“O objetivo maior de qualquer organização é fazer com que o seu sistema de gestão melhore continuamente, evitando perdas, visando otimizar o atendimento aos seus clientes, ampliando sua faixa de mercado, sua receita e seu lucro” (ABREU, 2002).

2.9 OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS - OEE

Para possuir controle sobre a eficácia de um processo produtivo, uma visão sobre a disponibilidade de uma linha de produção ou equipamento é necessária para se identificar a realização de atividades de agregamento de valor, onde se criou um KPI vital para as tomadas de decisão relacionadas à produtividade, o OEE (Overall Equipment Effectiveness).

Segundo o Silva (2013), o OEE é um indicador de produção que mede o desempenho de um equipamento levando em consideração:

- Quanto tempo útil o equipamento tem para funcionar/produzir;
- A eficiência demonstrada durante o funcionamento, isto é a capacidade de produzir à cadência nominal;
- A qualidade do produto obtida pelo processo em que o equipamento está inserido.

A eficácia da produção de uma fábrica depende da eficácia com que ela usa equipamentos, materiais, pessoas e métodos. Aumentar a eficácia da produção nas indústrias de processo, portanto, começa com as questões vitais de maximizar a eficácia geral da planta (equipamento), matéria-prima e eficiência de combustível (materiais), eficiência do trabalho (pessoas) e eficiência do gerenciamento (métodos). Isso é feito examinando as entradas para o processo de produção (equipamentos, materiais, pessoas e métodos) e identificando e eliminando as perdas associadas a cada um para maximizar os resultados (produtividade, qualidade, custo, entrega, segurança e meio ambiente e moral) (SUZUKI, 1994).

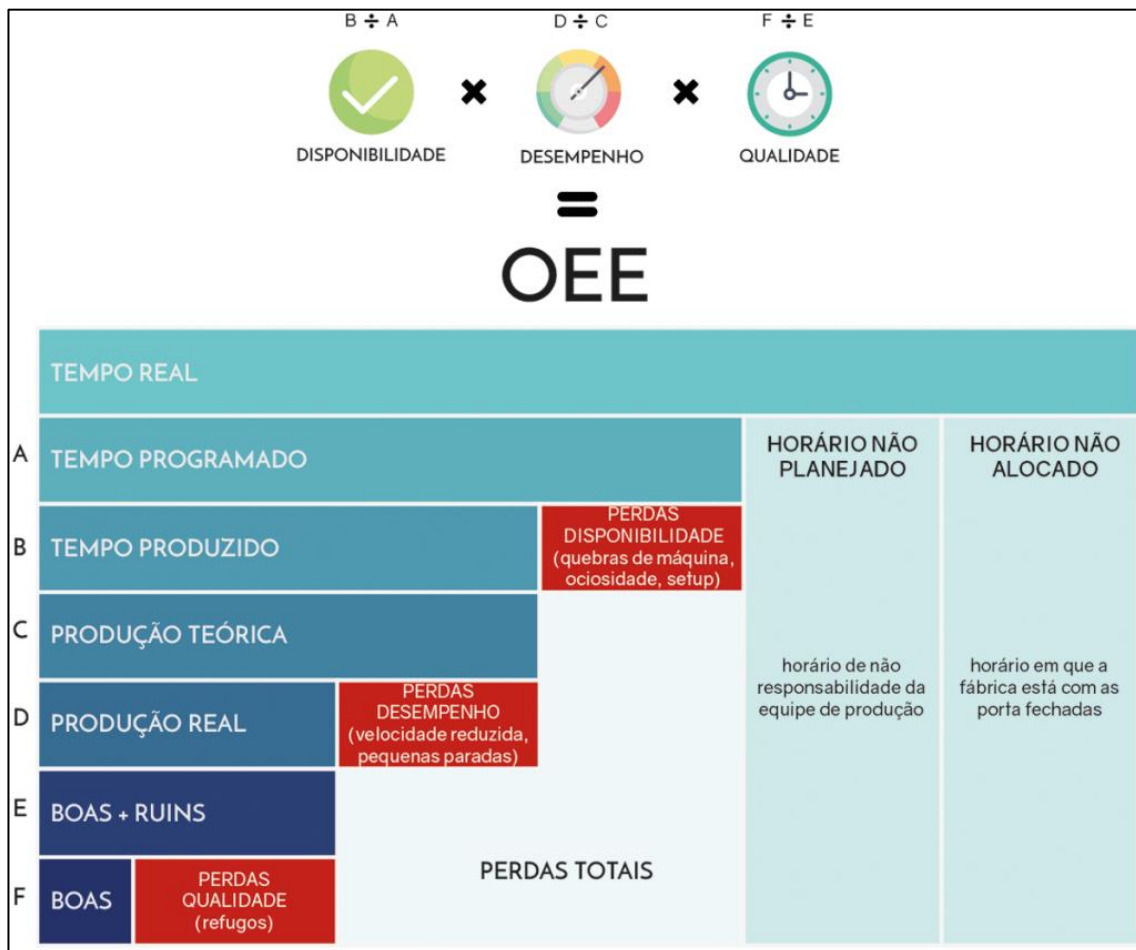
O resultado de OEE se obtém pelo cálculo da Disponibilidade x Performance x Qualidade. Segundo Rekar e Nandurkar (2012), a taxa de disponibilidade é influenciada pelo tempo médio entre as quebras de máquina; já a performance vem do tempo ideal de ciclo e do tempo real de ciclo com setup e ajustes; o índice de qualidade é obtido através da subtração do número de componentes rejeitados pelo número de componentes total. A Figura 11, demonstra o cálculo do OEE e sua estratificação.

Suzuki (1994) disserta sobre as Perdas de Disponibilidade (performance e Produtividade), representadas por falhas de processos que possam impactar a

produção individualmente ou em série, dividindo-as em Perdas de Produção Normais (representadas por procedimentos de *Start e Stop* de linha, *setup*) e Perdas de Produção Anormais (anormalidades de processos, quebras, pequenas paradas, etc.

As perdas de Desempenho são caracterizadas por necessidades de reduzir velocidade nominal da linha para se adequar à realidade operacional e pequenas paradas, com o objetivo de realizar pequenas intervenções de linha de maneira não planejada.

Figura 11 - Cálculo de OEE



Fonte: <https://akrsistemas.com.br/manufacturing-view/oe/>. Acesso em 13/06/2021.

Já as perdas de Qualidade são definidas como perdas de Defeitos de Qualidade (produtos rejeitados, refugos) e perdas de reprocessamento (retrabalho, gerando perdas de tempo e energia).

2.10 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

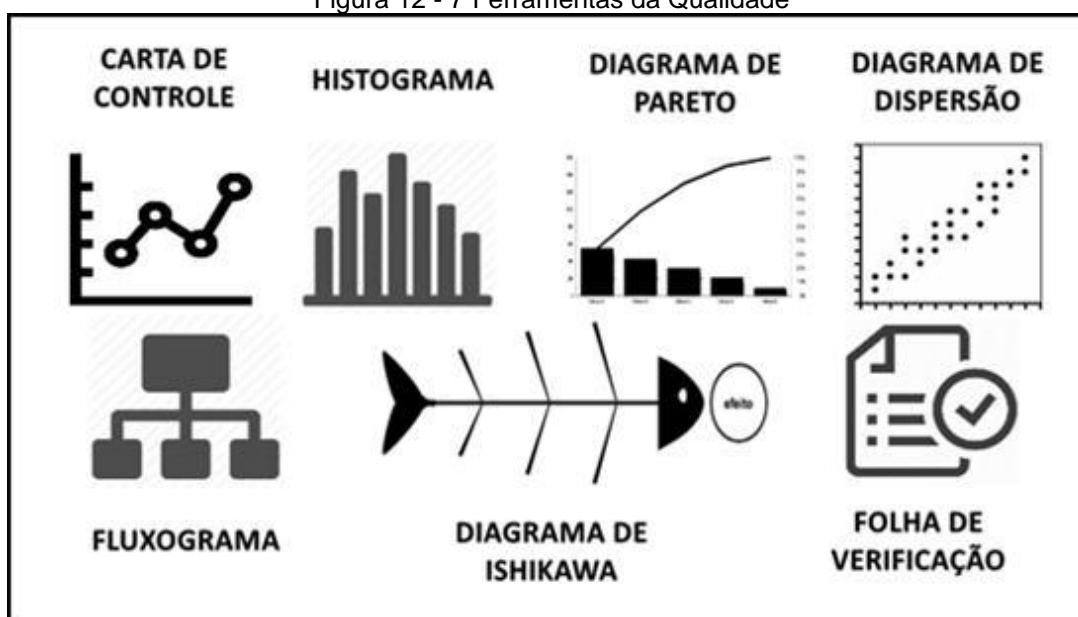
Entende-se que para se desenvolver a gestão eficiente de um processo, onde o poder de tomada de decisões precisa ser embasado em fatos e dados, é essencial se utilizar de técnicas para análises tanto de dados quantitativos e mensuráveis, quanto de causas, efeitos, e planos de ações.

Para este objetivo, foram idealizadas algumas ferramentas para se auxiliar na construção de modelos onde se é possível se gerenciar processos. Seguem algumas das ferramentas da qualidade (Figura 12).

1. Carta de Controle: Conhecida como Controle Estatístico do Processo (CEP), é uma ferramenta que monitora a estabilidade do Processo, através de comportamentos dentro ou fora de um Limite Superior e Limite Inferior.

2. Histograma: É uma ferramenta em forma de gráficos de barras, que distribui os dados coletados, de maneira a ser possível visualizar dados de frequência em forma crescente ou decrescente, em determinado período de tempo.

Figura 12 - 7 Ferramentas da Qualidade



Fonte: <https://www.portal-administracao.com/2017/09/sete-ferramentas-da-qualidade-conceito.html>. Acesso em 30/05/2021.

3. Diagrama de Pareto: Utilizando o princípio que 80% dos problemas ocorrem por 20% das causas, é uma ferramenta de identificação de causas prioritárias, a partir dos dados analisados, criando um gráfico de barras e linhas.

4. Diagrama de Dispersão: É um método de análise gráfica que possibilita verificar as correlações existentes entre duas variáveis de natureza quantitativa.

5. Fluxograma: Representação gráfica das etapas de um processo, sendo possível identificar quais problemas acontecem de acordo com fluxos de informações e elementos.

6. Diagrama de Ishikawa: Conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Gráfico de Espinha de Peixe, lista possíveis causas para um efeito específico, fazendo análises de acordo com os chamados 6M, que são:

- Máquina
- Método
- Medição
- Mão-de-Obra
- Meio Ambiente
- Material

7. Folhas de Verificação: Ferramenta de apresentação de histórico e apresentação de variações de processo, auxílio de coleta e observação de dados e monitoramento de melhorias.

2.11 CICLO *PLAN-DO-CHECK-ACT*

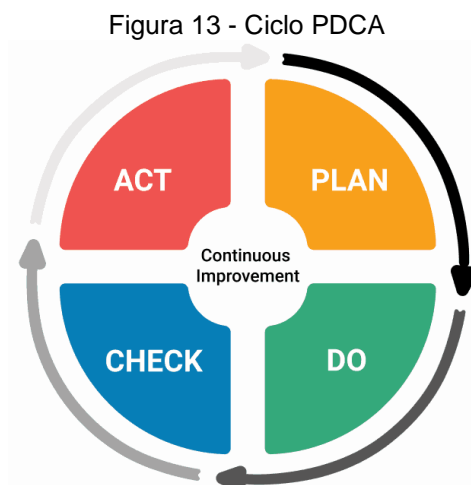
O ciclo *Plan-Do-Check-Act* - PDCA é um modelo conhecido por auxiliar processos de melhoria contínua em infinitas aplicações.

Este modelo foi desenvolvido por W. Edwards Deming, no *Bell Laboratories* em Nova York, e o mesmo também chegou a encorajar os japoneses durante a década de 1950, a adotar este modelo de gestão durante a implantação de uma melhoria de maneira contínua.

De acordo com Johnson (2002), o PDCA pode ser definido item a item resumidamente da seguinte maneira:

- Plan: Reconhecer uma oportunidade e planejar uma mudança, identificando e analisando os possíveis problemas.
- Do: Testar a mudança, desenvolvendo soluções e implementando-as.
- Check: Revisar o teste, analisar os resultados e identificar os aprendizados, checando se os objetivos iniciais foram desenvolvidos.

- Act: Tomar ações baseado nos aprendizados, e verificar a necessidade de melhorias a serem realizadas seguindo o ciclo mais uma vez, padronizando as soluções bem-sucedidas encontradas no ciclo.



Fonte: <https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/ciclo-pdca-a-metodologia-perfeita-para-o-seu-projeto/>. Acesso em: 30/05/2021.

Os projetos desenvolvidos e apresentados neste estudo sofreram constantes melhorias que foram planejadas, executadas, checadas, monitoradas e padronizadas de acordo com o ciclo PDCA.

2.12 ERGONOMIA

Entende-se por Ergonomia o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não-dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas (IIDA, 2005).

O objeto de estudo é a interação entre o homem e o trabalho no sistema homem-máquina-ambiente, ou mais precisamente, as interfaces desse sistema, onde ocorrem trocas de informações e energias entre o homem, máquina e ambiente, resultando na realização do trabalho. (IIDA, 2005)

A Ergonomia objetiva modificar os sistemas de trabalho para adequar a atividade nele existentes às características, habilidades e limitações das pessoas com vistas ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro (ABERGO, 2000).

A influência de estudo da Ergonomia também abrange o estudo do ambiente, na sua relação com a presença humana, onde Slack *et. al* (1999) disserta como o

ambiente onde é executado o trabalho pode influenciar a forma com o qual ele é executado.

Burke (1998) especifica uma prática denominada intervenção ergonômica, onde com o objetivo de se modificar a situação de trabalho para torná-la mais adequada às pessoas que nela operam, são feitas análises e alterações de processo.

Uma ferramenta que também é utilizada para estudos de impactos ergonômicos é a Análise Ergonômica do Trabalho – AET, que mapeia e avalia possíveis relações negativas entre o ambiente e o colaborador. Essas relações contemplam pontos como, por exemplo:

- Formas de produção;
- Escopo do projeto;
- Ritmo de trabalho;
- Atribuições das tarefas;
- Movimentação (levantamento, transporte e descarga) de materiais;
- Adequação mobiliária as tarefas e colaboradores;
- Rotina e exigência de tempo/prazos;
- Layout e funcionalidade do ambiente corporativo.

De acordo com definição da Sociedade Brasileira de Reumatologia em 2019, LER é a sigla para “Lesões por Esforços Repetitivos” e representa um grupo de afecções do sistema musculoesquelético, já as DORTs (Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho) representam lesões adquiridas no trabalho.

2.13 BLISTAGEM

A blistagem consiste em um processo de embalagem mais comumente utilizado no segmento de pílulas, porém utilizado também em vários segmentos onde se é necessárias embalagens plásticas. O processo consiste na colocação de *blisters* (ou bolha) de Polietileno tereftalato (PET) ou termoformados, que são previamente modelados em formas, e são posicionados nos chamados de berços de selagem (Figura 14), moldes de madeira reconstituída, produzido por meio da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas e aditivos (material em MDF - Medium Density Fiberboard), sendo logo após colocados os produtos e cartelas de papel, que passam por uma chapa de selagem com alta temperatura, realizando a junção do conjunto e gerando o produto acabado.

Este processo é bastante utilizado por possuir pontos positivos tais como a durabilidade do produto em sua embalagem, garantir maior segurança durante o transporte e também trazer maior visibilidade do produto quando posto em gôndolas no varejo.

Figura 14 - Berço de Selagem



Fonte: <https://www.masterfil.com.br/gabaritos-bercos-de-selagem>. Acesso em: 12/06/2021.

Figura 15 - Exemplo de Produto Blistado



Fonte: <https://www.magazineluiza.com.br/kit-limpa-telas-100-ml-com-pano-de-microfibra-3m/p/cajgdhja2d/me/lica/>. Acesso em: 13/06/2021

3 MÉTODOS E TÉCNICAS

Mendes (2016) disserta sobre como toda pesquisa deve nascer de um problema, onde se tem como objetivo buscar respostas, soluções e explicações. E para ser possível se atingir esses objetivos, se utilizam procedimentos metodológicos para se realizar investigações, questionamentos, causas e efeitos, coleta de dados, entre outros.

A metodologia a ser adotada nesta pesquisa é a do Estudo de Caso Exploratório, comprovando-se as hipóteses e esclarecendo os conceitos teóricos apresentados, de maneira a se avaliar também os passos para execução do projeto proposto e seus resultados. Segundo Mendes (2016), este método visa desenvolver e/ou esclarecer conceitos, que analisa e registra os fenômenos, utilizando-se de métodos de abordagem através de dados quantitativos e qualitativos. Este método também se apoia em Pesquisas Bibliográficas de autores da área e Pesquisas de Campo para auxiliar nas descrições e tomada de dados durante a implantação.

A pesquisa quantitativa, que tem suas raízes no pensamento positivista lógico, tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana. Por outro lado, a pesquisa qualitativa tende a salientar os aspectos dinâmicos, holísticos e individuais da experiência humana, para apreender a totalidade no contexto daqueles que estão vivenciando o fenômeno (POLIT; BECK; HUNGLER, 2004).

O estudo da aplicação de metodologias do *Lean Manufacturing* e ferramentas da qualidade servirá como base para a identificação, priorização das principais causas de baixa eficiência e má utilização de recursos na linha, associando os desperdícios do processo a causas que devem ser reduzidas, através de planejamento e execução de contramedidas efetivas ao objetivo proposto.

As etapas de implementações graduais de automação nas linhas foram descritas, onde foram visualizados os possíveis benefícios e melhorias que trarão para o processo em geral, descrevendo-se sua influência na melhoria dos indicadores de manufatura da linha. A visualização de benefícios da diminuição de desperdícios será embasada na filosofia enxuta de produção, que alinhada à tecnologia de automação instalada, será relacionada às consequências diretas da automatização de boa parte do processo.

Durante testes iniciais, com o aumento gradual da capacidade dos robôs e sistema de visão, foram observados possíveis modos de falha, e desenvolvidas contramedidas para garantir a efetividade do processo.

O levantamento de dados foi realizado através da análise de registros internos de controle de indicadores diários, semanais e mensais, sendo estes registros levantados através de softwares e sistemas com input do time da linha, possibilitando a visualização de um cenário de atual, e após as implementações a serem realizadas, o cenário futuro em relação aos indicadores propostos.

De acordo com Freitas e Prodanov (2013) entende-se por técnica o conjunto de preceitos ou processos utilizados por uma ciência ou arte. No caso de pesquisas de campo, é necessário analisar e interpretar os dados obtidos, mediante técnicas estatísticas, para a devida elaboração do relatório de sustentação do trabalho científico.

Técnicas de pesquisa são procedimentos práticos e operacionais que se aplicam durante a pesquisa. É importante ressaltar que as técnicas escolhidas pelo pesquisador devem ser compatíveis com o tipo de pesquisa a que se propõe realizar e também compatíveis com a área do conhecimento em que se situa. (MENDES, 2016).

Este trabalho foi desenvolvido através das seguintes técnicas:

- Técnicas descritivas, através da observação e documentações técnicas dos processos de instalação mecânica, elétrica, pneumática, de maneira a ser possível conhecer tecnicamente sobre os processos e seus ajustes iniciais.
- Pesquisas bibliográficas de autores das áreas do *Lean Manufacturing* e Automação, além de materiais internos da empresa.
- Entrevistas com membros do time de automação.
- Análises quantitativas (coleta de dados reais dos indicadores já mencionados, antes e depois das melhorias propostas) e qualitativas de cenários de produção antes e depois.

A garantia da confiabilidade dos resultados é essencial para assegurar o acompanhamento da eficiência das implementações, onde a comparação de resultados de OEE, custo do produto, número de pessoas, tempo de ciclo, quantidade de movimentações dos colaboradores (ergonomia), entre outros indicadores-chave, pode garantir a assertividade do projeto, e mensuração real de seus resultados.

3.1 ESTUDO DE CASO

3.2.1 Estudo de Mercado do Produto

Este trabalho foi realizado em uma indústria química, onde o produto específico a ser analisado consiste em um Gel Adesivo, produto da linha de limpeza doméstica (*Home Cleaning*) cuja aplicação é feita no vaso sanitário, se caracterizando por possuir fragrâncias variadas, podendo estas fragrâncias ser também sazonais.

O setor de *Marketing* da empresa, após análises de comportamento de mercado, todos os anos, realiza uma previsão de demanda que é enviada para o centro de manufatura, de maneira a se planejar a produção de acordo com as demandas mensais de um ano fiscal corrente.

Na Tabela 1 se observa um dos arquivos utilizados pelo setor de Planejamento e Controle de Produção (PCP) da empresa para traduzir as previsões de vendas em volumes de produção viáveis a se atingir, de acordo com a capacidade produtiva das linhas de produção e sua performance em entregar os produtos na quantidade requisitada.

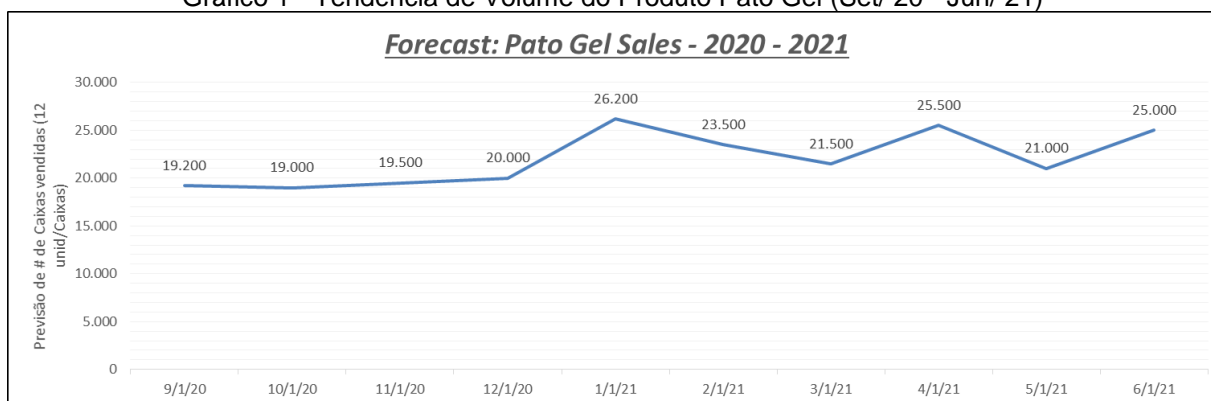
Tabela 1 - Volume por Produto (Set/ 20 - Jun/ 21)

SKU	Descrição	Sep-20	Oct-20	Nov-20	Dec-20	Jan-21	Feb-21	Mar-21	Apr-21	May-21	Jun-21
PA 663822	GL SENSATIONS CAR LAVANDA MARINHA 8G 12	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	1.000
PA 663820	GL SENSATIONS CAR CARRO NOVO 12X8G	0	0	1.000	0	0	0	1.000	0	0	0
PA 690985	PATO GEL ADESIVO MARINE AP 6 DISCOS 12	3.000	2.500	3.000	5.000	4.000	6.000	3.000	6.000	6.000	8.000
PA 690984	PR PATO GEL ADESIVO MAR AP GTS 6 DSCS 12	4.000	4.500	5.000	4.000	6.000	4.500	4.500	5.500	5.000	3.000
PA 690979	PATO GEL ADESIVO CITRUS AP 6 DISCOS 12	1.000	2.000	1.000	4.000	2.000	5.000	5.000	4.000	1.000	4.000
PA 690982	PATO GEL ACO BRANQUEADORA CITRUS 12X6	700	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0
PA 690983	PATO GEL ADESIVO LAV AP 6 DISCOS 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PA 696235	PATO GEL ADESIVO MARINE AP 2 DISCOS 12	2.000	3.000	3.500	3.000	4.000	3.000	3.000	4.000	3.000	3.000
PA 696228	PATO GEL ADESIVO LAVANDA AP 2 DISCOS 12	2.000	1.000	3.000	2.000	4.200	2.000	2.000	3.000	3.000	4.000
PA 313824	PATO GEL ADESIVO FRUTAS T AP 2 DISCOS 12	2.000	2.000	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000	1.000	0	0
PA 313826	PATO GEL ADESIVO FLORES E AP 2 DISCOS 12	4.500	4.000	1.000	1.000	3.000	2.000	2.000	2.000	3.000	2.000
TOTAL		19.200	19.000	19.500	20.000	26.200	23.500	21.500	25.500	21.000	25.000

Fonte: Time de Planejamento da empresa analisada, 2021.

No Gráfico 1, é possível se visualizar a tendência de comportamento do volume requisitado, do período de Setembro de 2020 até Junho de 2021, contemplando parte do ano fiscal FY21.

Gráfico 1 - Tendência de Volume do Produto Pato Gel (Set/ 20 - Jun/ 21)



Fonte: Elaborado pelo próprio autor, 2021.

3.2.2 Estrutura do Produto

O Gel Adesivo, no Brasil, é vendido em dois formatos, que serão apresentados a seguir de acordo com nomenclatura interna de controle no sistema SAP.

1. GEL ADESIVO *NOME DA FRAGRÂNCIA* AP 6 DISCOS 12 → 6 Aplicações por Refil:

2. GEL ADESIVO *NOME DA FRAGRÂNCIA* AP 2 DISCOS 12 → 4 Aplicações por Refil

- A numeração 12 ao final da nomenclatura se refere ao número de produtos que vão em uma caixa de embarque.
- A sigla AP se refere a “Aparelho”, se referindo ao aplicador que vem junto ao o refil na embalagem.

Na figura 16 se observa os elementos que compõe o produto Gel Adesivo.

Figura 16 – Refil 6 Doses, Aparelho Aplicador, Blister/Bolha, Cartela e Insert Paper



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

No modo de exibição apresentado na Figura 17, proporcionada pelo sistema SAP (sistema de gestão de recursos da empresa), é possível também se obter uma estratificação de custos de produção, a partir de inputs que são realizados pelo setor de Finanças na América Latina, levando em consideração tanto o preço dos insumos

a serem utilizados, quanto custos indiretos, custos de mão de obra e custos de máquina.

Figura 17 – Estrutura Quantitativa do Produto Final

Estrut.cálc.custos	S...	Material	Preço	Unid.pr...	UMAv	M...
- PATO GEL ADESIVO MARINE AP 6 DISCOS 12	△	313392	27.900,93	1.000 CS		BRL
			0,01	1 H		BRL
			83,06	1 H		BRL
			38,45	1 H		BRL
			1.219,47	1 H		BRL
• HALB 6 DOSIS MARINE BR	△	234784	1.070,87	1.000 EA		BRL
• APLICADOR PATO GEL ADESIVO	■	525494	341,52	1.000 EA		BRL
• APLICADOR PATO GEL ADESIVO PPA	■	1037048	295,38	1.000 EA		BRL
• BOLHA BLISTER BEECHNUT MACADAMIA AP	■	1028015	280,18	1.000 EA		BRL

Fonte: Sistema SAP, 2020.

A unidade de medida base de utilização de insumos é o custo a cada 1.000 Caixas (CS) para o produto final, e 1.000 unidades para cada insumo.

Na alocação de custos acima, conforme legenda, se referem os seguintes itens.

1. Custo Hora-Máquina: Custo de utilização da linha durante 1 hora.
2. Custo Hora-Homem: Tempo de utilização de mão de obra de um colaborador durante 1 hora.
3. Custos Indiretos Alocados (Energia elétrica, serviços de limpeza do local, depreciação de equipamentos, custos com manutenção, entre outros).

Estes custos são utilizados na contabilidade de todas as execuções de ordens de produção somente na linha de blistagem estudada, por se tratar da formação do produto final, sendo utilizadas proporcionalmente de acordo com a quantidade a ser produzida em uma ordem.

3.2.3 Processo de Custeio de um Produto

O processo para se entender o efeito de um custo Hora-Máquina e Hora-Homem se reflete em todo custeio de um produto.

Na Tabela 2, é possível se visualizar o cenário atual da linha em questão, levando em consideração um cenário aproximado do Mês de Setembro de 2020.

Tabela 2 - Ciclo da Linha (antes das alterações)

CICLO DA LINHA		
Ciclo da máquina (cilindro de avanço de moldes)	9	s*
Número de produto por molde	4	unid*
Produtividade nominal	36	unid/ min*

s: segundo

unid: unidade

min: minuto

Fonte: Adaptado pelo Autor a partir do Manual da Linha de Produção da Empresa analisada, 2020.

A limitação de 4 produtos por molde (número de cavidades), se dá em relação a restrições humanas na capacidade de inserção manual de produtos na linha, fato relacionado ao ciclo de avanço dos moldes e a limitações relacionadas a esforços ergonômicos.

Na Tabela 3 é possível se entender os valores considerados para o cálculo de Horas-Máquina e Horas-Homem.

Tabela 3 - Custeio de Produto (antes do projeto de instalação)

Parâmetro analisado	Valor	Unidade
Tempo de Ciclo da Linha:	36	unid/min
Unidades de Produtos por Caixa:	12	unid
Caixas por Min:	3	Caixas
Caixas por Hora:	180	Caixas
OEE:	40%	
Caixas por hora (com OEE):	72	Caixas
Horas-Máquina (1000 Caixas):	13,89	h
Headcount* (Nº de colaboradores):	12	Colaboradores
Horas-Homem (1000 Caixas):	166,6666667	h

*Não contabilizando 2 operadores de produção, somente Auxiliares de Produção.

Horas-Homem = Horas Máquina x *Headcount*

Fonte: Adaptado pelo Autor a partir do Sistema SAP, 2020.

Considerando os Custos Horas-Máquina e custos Horas Homem conforme valor do SAP (atualização a cada ano fiscal pelo time de finanças), multiplica-se pela quantidade de horas necessárias para produzir o valor padrão de 1000 caixas (Horas-Máquina e Horas-Homem), e, com intuito de se entender o valor gasto em um mês, utilizaremos a quantidade aproximada de caixas que o time de vendas demanda no mês de setembro, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Custo a ser considerado em Ordens de Produção

CUSTOS	VALOR	CUSTO A CADA 1000 CAIXAS	CUSTO ESTIMADO PARA O MÊS DE SETEMBRO DE 2020 (19.000 CAIXAS)
Custo Horas-Máquina	R\$ 83,06	R\$ 1.153,61	R\$ 21.918,61
Custo Horas-Homem	R\$ 38,45	R\$ 6.408,33	R\$ 121.758,33

Fonte: Adaptado pelo Autor a partir do Sistema SAP, 2020.

Nesta contabilidade, os Auxiliares de Produção são contabilizados como *Headcount*, pois os mesmos realizam as atividades manuais da linha, tais como *pick and place*, encaixotamento e paletização.

Enquanto isso, no número de *Headcount* não se contabilizam os Operadores de Produção, e, conseqüentemente também não no custo Hora-Homem, por não realizarem atividades de *pick and place*, focando em atividades de operações de máquina (*start e end* de linha, abastecimento de insumos, *setups*, desengates, rearmes de linha, entre outras). Além disso, não haverá aumento ou diminuição do número de Operadores após o projeto, e sim, capacitação na operação de novas tecnologias.

3.2.4 Processos de Fabricação do Produto

Sendo um produto de complexidade de formulação e envase, o Pato Gel Adesivo, na fábrica de Manaus, passa por 3 processos antes de ser considerado um Produto Acabado (PA), pronto para ser expedido para o Centro de Distribuição, e logo e seguida para comercialização ao público consumidor, são esses: Formulação Química, Linha de Enchimento e Linha de Blistagem.

1. Formulação Química

- Inicialmente se realiza a formulação e mistura do produto base, chamado de Semi-Granulado (ou SG), que é preparado de acordo com especificações globais de fabricação.
- Logo após, este conteúdo químico, em forma líquida, é colocado nas tubulações para a linha específica, abastecendo a máquina responsável pelo envase deste produto.
- O procedimento de limpeza dos tanques caracteriza o Setup deste processo, de maneira a não permitir contaminação cruzada entre os produtos. O processo conta com o *Headcount*(número de colaboradores) de 2 Operadores.

2. Linha de Enchimento

No processo da linha de enchimento, há um processo bastante automatizado, onde a intervenção humana se baseia em operação e programação das máquinas, e no abastecimento de tubos.

- Alimentação de Tubos: Os tubos são alimentados manualmente em um magazine, que faz a colocação automática dos mesmos sendo transportados por esteira

- Enchimento: Um parafuso sem fim posiciona 8 potes por vez, para os bicos de enchimento realizarem o processo de enchimento.
- Túnel de Resfriamento: Após o enchimento, passam cerca de 10 min em um túnel de resfriamento a uma determinada temperatura, este processo é responsável por transformar o líquido na consistência de gel.
- Tampadora: O processo de colocação de tampa no pote é realizado automaticamente por um carrossel de colocação de tampas.
- Gravação: Há o processo de gravação de data, lote, validade e fabricação, código de barras via datadores à jato de tinta.
- Balança: Uma balança registra o peso do enchimento, e rejeita o produto caso haja produto abaixo do peso especificado.
- Armazenamento: O produto logo é armazenado em marfinites, de maneira a ser armazenado, e logo se direcionar para a linha de Blistagem.

O processo conta com o Headcount de 3 Operadores de Produção e Tempo de Ciclo de 100 unidades/minuto.

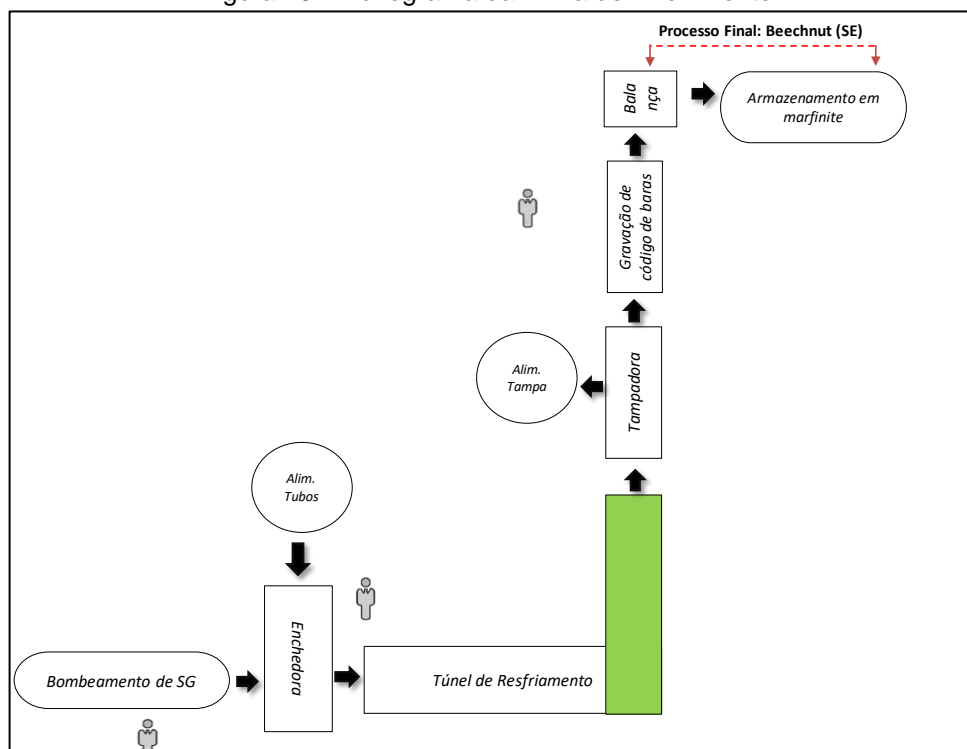
O Refil Semi Elaborado, produto final da linha, é demonstrado na Figura 18:

Figura 18 - Tubo Refil Semi-Elaborado 6 shots



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

Figura 19 - Fluxograma da Linha de Enchimento



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3. Linha de Blistagem

O processo foco deste estudo é o processo de embalagem do produto Pato Gel Adesivo, processo este denominado blistagem. Este processo acaba exigindo uma grande quantidade de trabalho manual por parte dos colaboradores, sendo suscetível a erros, baixo output de produtos e movimentações excessivas podendo ocasionar lesões nos colaboradores. A linha em questão também produz uma linha de produtos da linha *Air Care*, que não será abordada neste estudo, por não possuir relação com as instalações a serem realizadas e não ter grande representatividade de volume.

Diferentemente de muitos processos da fábrica, não há uma esteira no transporte do produto, somente sendo observada a esteira a partir da etapa pós a codificação, sendo o ciclo de conversão da embalagem feito por moldes, contendo 4 cavidades, que são impulsionados na linha através de cilindros pneumáticos em um ciclo de 9 segundos por molde, totalizando 36 unidades a serem produzidas por minuto, não levando em consideração o OEE, que por dados, estava na faixa de 40%. O processo de movimentação de moldes é feito de maneira contínua.

O processo da linha de blistagem ocorre da seguinte maneira:

- Alimentação de *Blisters*:

A alimentação de *Blisters* PET (Polietileno tereftalato) pré-formados (vindos em caixas do fornecedor) é realizada manualmente, onde os colaboradores realizam a pega dos *blisters*, e colocação em moldes (também chamados de berços de selagem), feitos em material MDF, contendo feltros para auxiliar na selagem do *blister* com a cartela, molas e pinos de metal para guiar o *blister* e a cartela. O processo conta com 2 auxiliares de produção e 1 Operador (operador 02 alimentando a baia), com o tempo de inserção exigido de 2,25 por *blister*.

- Colocação do *Insert Paper*.

A colocação do *insert paper* é um processo manual que exige certa precisão na sua inserção, processo este, onde o colaborador retira de uma baia de acúmulo dos papéis, abastecimento este realizado diretamente na baia por operadores externos, de maneira a posicionar o papel na parte correta o *blister* sem os amassar e sem permitir sua movimentação ao longo do percurso do molde e dos *blisters*. Este papel serve como elemento de *marketing*, contendo informações do produto (fragrância, peso do produto, quantidade). O processo conta com 2 auxiliares de produção e 1 Operador (operador 02 alimentando a baia), com o tempo de inserção exigido de 2,25 por papel.

- Colocação do Aparelho aplicador:

A inserção do aparelho aplicador no *blister* já com o *insert paper*, é realizada manualmente, por colaboradores que precisam acessar a baia e inserir nos *blisters* correspondentes dentro do tempo necessário. O processo conta com 2 auxiliares de produção, com o tempo de inserção exigido de 2,25 por papel.

- Silo de alimentação das baias:

O silo consiste em um sistema de elevador, que é abastecido pelos operadores da linha, tanto com Aparelhos aplicadores quanto com frascos SE, que são elevados e caem nas baias correspondentes (lado direito e lado esquerdo). Este controle é feito temporizadamente por programação do motor de tração do elevador e do seletor de boca do silo. Abaixo do silo, há uma região de passagem dos moldes, onde não há acesso aos colaboradores, logo, uma região de transporte desnecessária. O processo conta com 1 Operador (operador 02 alimentando o silo)

- Colocação do SE:

A inserção do Semi-Elaborado (SE) no *blister* já com o *insert paper* e o Aparelho aplicador, é realizada manualmente por colaboradores que precisam acessar a baia e inserir nos *blisters* correspondentes dentro do tempo necessário. O processo conta com *Headcount* de 2 auxiliares de produção e com tempo de colocação exigido de 2,25 por aparelho.

Figura 20 - Posto de Colocação Manual de SE

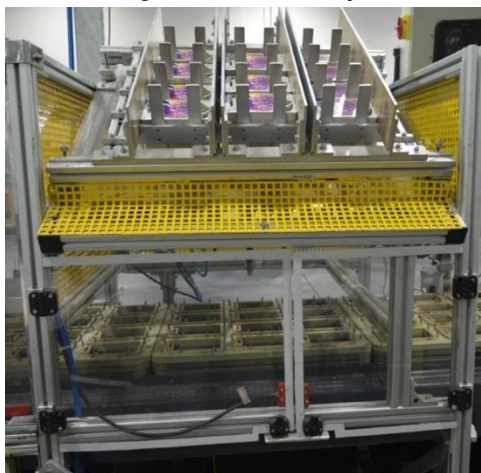


Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

- Colocação de Cartelas:

O processo seguinte é a colocação de cartelas acima do *Blister*, sendo realizado automaticamente por um magazine com ventosas, que realiza simultaneamente a sucção de 4 cartelas, e as posiciona sob os *blisters*. A alimentação de cartelas no magazine é realizada pelo operador de produção. Entre o processo de colocação de cartelas e o processo seguinte não há pontos de acesso ao operador durante funcionamento da máquina (sistema *interlock* e proteção, de acordo com adequações à NR-12), sendo impossível realizar ajustes de posição ou colocação de produtos faltantes. O processo conta com 1 operador (01) monitorando e abastecendo o magazine

Figura 21 - Magazine de Colocação de Cartelas



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

- Placa de Selagem:

O processo de selagem é feito por uma placa de selagem vertical, que realiza um processo caracterizado pela fusão do *Blister* de PET pré-formado a um papel resinado (cartela) à uma temperatura de 250°C durante 3,5 s. Este é o processo mais crítico da linha, pois quando há elementos do produto (*blister*, SE, Aplicador ou cartela) fora de posição, há a geração de paradas de linha e refugo, sendo necessário realizar desengates e limpeza da placa de selagem, parando a linha e acessando a abertura da porta com sensores interlock para realizar tais atividades. Em casos de má selagem do Semi-Elaborado (que contém o produto), há danos à máquina. Este posto conta com 1 operador (01) monitorando

Figura 22 - Placa de selagem



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

- Datadora Videojet:

Após o processo de selagem, há a gravação do código de barras na embalagem com o produto, que é feita através de um “canhão” de gravação automático, contendo data, lote, validade e fabricação. O processo conta com *Headcount* de 1 (operador 01 monitorando a datadora).

- Retirada do *Blisters* formados e esteira de transporte

A retirada de 4 *blisters* é realizada por um robô eixo com garras de ventosas à vácuo, fazendo em seguida a colocação dos mesmo em uma esteira de transporte.

- Encaixotamento

O processo de encaixotamento é iniciado no processo de disposição da caixa de papelão, que é armada à mão, e disposta, de maneira a se pegar 12 produtos e dispor na caixa. Este processo conta com 3 auxiliares de produção com tempo exigido *pick and place* de 4s por produto.

- Seladora de Caixas

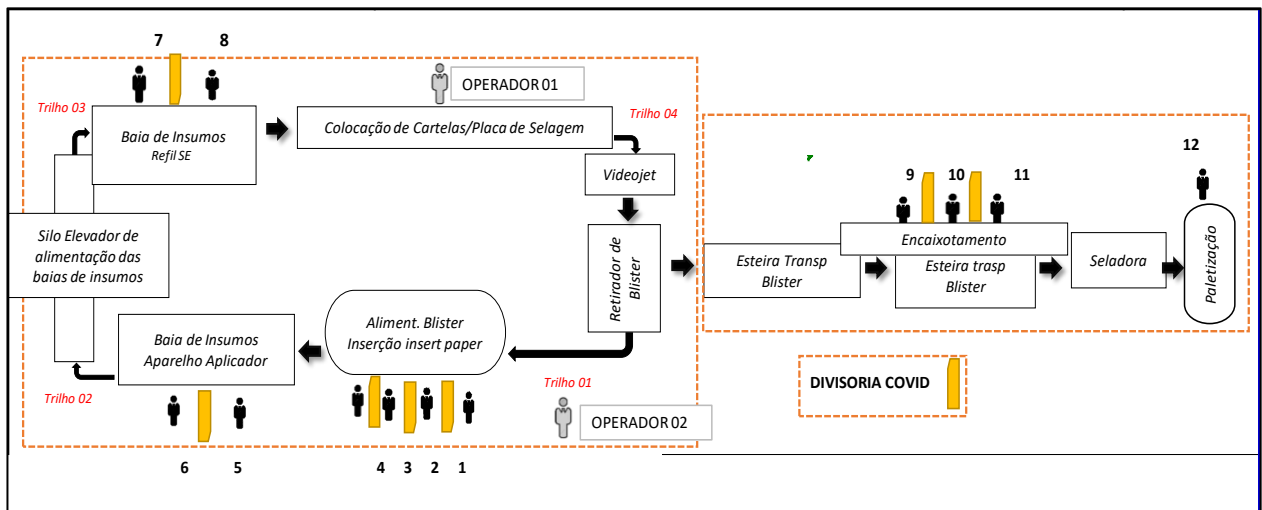
Após montagem da caixa e colocação dos produtos, passa-se a caixa na seladora, que passa a fita na caixa de maneira a fechá-la completamente.

Este processo também realiza a etiquetagem da caixa contendo itens de rastreabilidade. O posto conta com 1 auxiliar de produção realizando a colocação de um produto a cada 4s.

- Paletização de Caixas

A paletização de caixas é feita manualmente, posicionando no “mosaico” de 7 camadas de caixas, com 18 caixas por camada, totalizando 126 caixas por pallet. O processo conta com o *Headcount* de 1 auxiliar de produção realizando a paletização de caixas, enchendo um pallet a cada 4 min.

Figura 23 - Fluxograma da Linha de Blistagem (antes de melhorias)



Fonte: Elaborado pelo Autor a partir do desenho do fluxo da linha da empresa estudada, 2020.

Na Figura 24 se observa um resumo de processo do fluxo pelo qual é produzido o produto.

Figura 24 – Resumo dos Processos



Fonte: Elaborado pelo Autor a partir do desenho do fluxo da linha da empresa estudada, 2020.

3.2.5 Análise do Indicador OEE

A empresa estudada diariamente reporta resultados relacionados à Produtividade de cada linha, também fazendo o report semanal e mensal, sendo este resultado mensal apresentado para toda a organização em nível América Latina.

Sendo uma empresa cuja filosofia é alinhada fortemente às premissas do *Lean Manufacturing*, em se mensurar de forma real as perdas de disponibilidade de suas linhas, estratificadamente, de maneira a se entender os principais modos de falha com o objetivo de se tomar decisões de maneira a tornar o processo o mais enxuto possível, a empresa investiu em um sistema de monitoramento de resultados denominado Geprod (Gerenciamento de Produção), que demonstra o resultado do OEE e os itens de estratificação que compõem as perdas de eficiência por Tempo de Operação, Tempo Real Trabalhado e Tempo Efetivo.

Dentro do sistema Geprod a listagem dos tipos de falha a serem considerados é conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Listagem de Tipos de Falha do Sistema Geprod

LISTAGEM DE TIPOS DE FALHA					
Código de Parada	Tipo de Falha	Equipamento / Processo	Grupo (para Relatório)	Tipo de Parada de Equipamento (para Relatório)	Criticidade
PC01	Processos	Falta de SG	Processos		
PC02	Processos	Refugo	Processos		
PC03	Processos	Produto em Retrabalho	Processos		
PC04	Processos	SG Contaminado	Processos		
Q01	Qualidade	Retrabalho	Paradas Externas		
Q02	Qualidade	Insumo Fora de Especificação	Paradas Externas		
Q03	Qualidade	Erro de Análise	Paradas Externas		
Q04	Qualidade	Atraso na Análise	Paradas Externas		
Q05	Qualidade	Testes Materiais	Paradas Externas		
M01	Falha Mecânica	Mecânica	Quebra de Equipamento	Mecânica	
E01	Falha Elétrica	Elétrica	Quebra de Equipamento	Elétrica	
O01	Paradas Menores	Paradas Menores	Paradas Menores	Operacional	
O02	Velocidade Reduzida	Velocidade Reduzida	Velocidade Reduzida	Velocidade Reduzida	
UT06	Utilidades	Alarme de Incêncio	Paradas Externas		
O03	Ajustes Operacionais	Ajustes Operacionais	Ajustes Operacionais		
Q06	Qualidade	Aguardando análise qualidade (Inicio produção)	Qualidade		

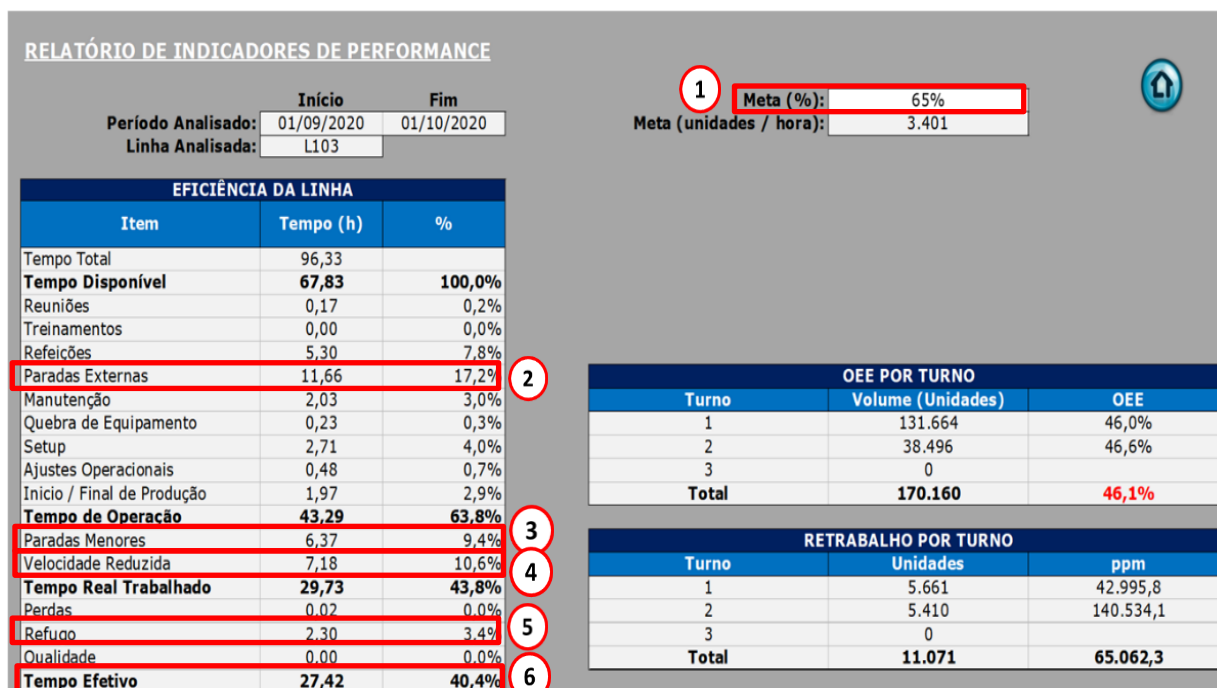
Fonte: Tela do Sistema Geprod, 2020.

De acordo com a amostragem de um dos meses analisados da linha em questão, é possível se visualizar o resultado da linha em condições antes da implementação de qualquer tipo de melhoria que possa otimizar o processo.

A Figura 25 representa a aferição de resultados do mês de Setembro de 2020 através do Geprod, onde ainda não haviam instalações do projeto a ser demonstrado.

Dentre as maiores perdas identificadas e relacionadas a atividades de *Pick and Place* Manual, as mesmas estão sendo apresentadas conforme itens identificados como consequência do problema atual estudado neste trabalho.

Figura 25 - Aferição de Resultados - Sistema Geprod



Fonte: Tela do Sistema Geprod, 2020.

1. Meta → A Meta apresentada é uma meta definida no estrategicamente no início do Ano Fiscal, sendo uma meta diferente para cada linha de produção de acordo com a Demanda e Capacidade.

2. Paradas externas → Atividades divididas em Processos, Utilidade, Insumo e Qualidade, sendo representadas principalmente em Tempos de Retrabalho (Paradas externas de Qualidade) considerando os retrabalhos efetivos do produto, podendo ser de Aparelho Aplicador, Refil SE e *Insert paper* (retrabalho de *Blister* e Cartela não é possível caso haja selagem mal feita), que poderão passar pelo processo de inserção no *blister* novamente, evitando perda monetárias por refugo, mas impactando significativamente a produtividade. Nestes casos, a atividade é realizada externamente utilizando colaboradores da própria linha, e considerando também atividades internas de segregação que poderão passar pelo processo de inserção no *blister* novamente.

3. Paradas Menores → Paradas de linha abaixo de 5 minutos, onde geralmente há acionamentos de paradas de emergências para ajustes de produto ou máquinas e checagens, e depois, rearme da linha, através dos comandos da máquina

4. Velocidade Reduzida → Aumento na máquina do intervalo de avanço dos moldes da linha, aumentando o tempo de ciclo da linha, geralmente associado à

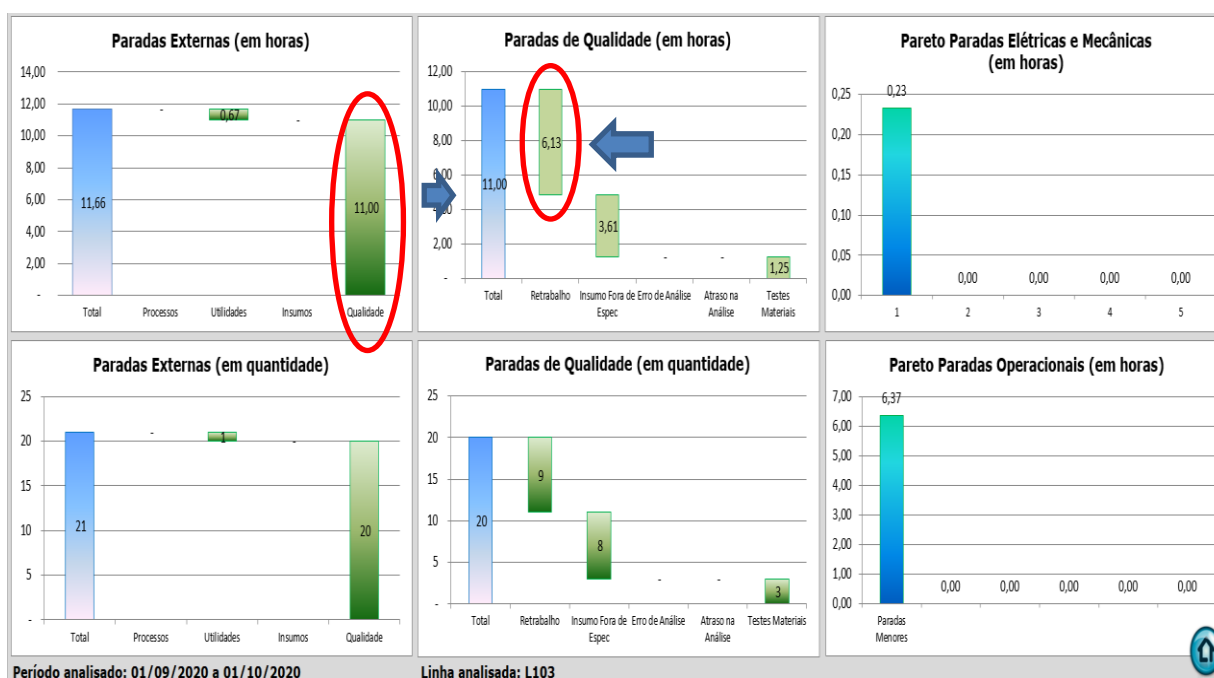
necessidade de rodar a linha mais lentamente por falta de colaboradores ou ineficiências operacionais tais como insumos não conformes

5. Refugo → Refere-se ao indicador de perdas sem possibilidade de retrabalho, oriundo de esmagamento de aparelho aplicador e refil SE por esmagamento da placa de selagem, e perdas de *blister* e Cartela.

6. Tempo Efetivo → Representa o resultado efetivo da linha, demonstrando o resultado do OEE da linha.

Um exemplo de visualização de perdas a ser utilizado se ilustra na Figura 26, onde se observando a perda mais significativa da linha, extraída do sistema Geprod no mês de Setembro, onde se ilustra como é feita a estratificação de Paradas Externas, com foco no tempo de Retrabalho (paradas de Qualidade).

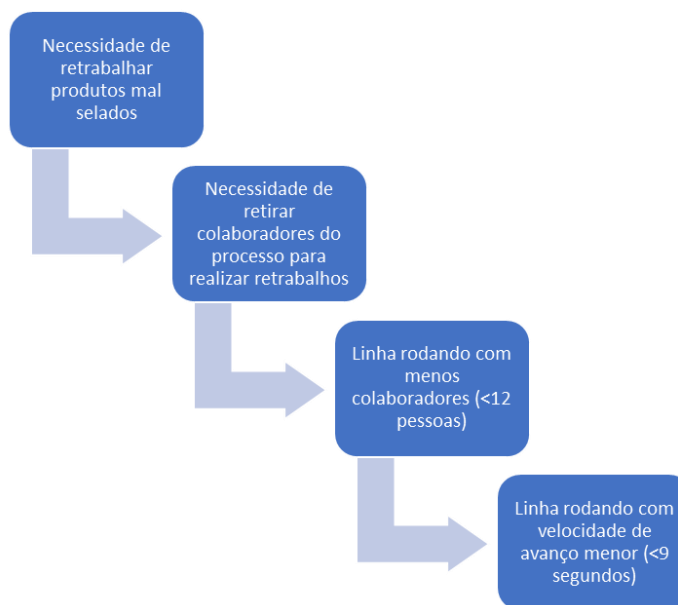
Figura 26 - Estratificação do Item de Qualidade - Retrabalho (Paradas Externas)



Fonte: Tela do Sistema Geprod, 2020.

No caso, as Classificação de Paradas Externas, com foco em Produtos em Retrabalho, também influenciam em velocidade reduzida, de acordo com a relação direta explicada pelo seguinte fluxograma (Figura 27).

Figura 27 - Fluxograma de causas de Velocidade Reduzida



Fonte: Elaborado pelo Autor a partir de análise do problema, 2020.

Em uma análise associando os itens de ineficiência e as ocorrências detalhadas que ocasionam estes desperdícios de processo, foi-se elaborada uma tabela analisando algumas dessas ocorrências (Tabela 6) de acordo com relatos e registros de operadores e liderança da linha, além de processo de observação em chão de fábrica do autor.

Tabela 6 - Tabela de Relação entre Itens de Ineficiência e Ocorrências na Linha (continua)

ITEM DE INEFICIÊNCIA	DESCRIÇÃO DO ITEM	OCORRÊNCIAS QUE GERAM A INEFICIÊNCIA
Paradas Externas (Retrabalhos):	Produtos em Retrabalho	Segregação de produtos mal selados
		Retirada de Aparelhos aproveitáveis do blister mal selado e segregação
		Retirada de SE's aproveitáveis do blister mal selado e segregação
		Retirada do Insert paper do blister Mal selado
		Descarte de cartelas (não pode ser reaproveitada)
		Descarte de blister (não pode ser reaproveitados)
		Inspeção de qualidade do produto

Tabela 6 - Tabela de Relação entre Itens de Ineficiência e Ocorrências na Linha (continuação)

ITEM DE INEFICIÊNCIA	DESCRIÇÃO DO ITEM	OCORRÊNCIAS QUE GERAM A INEFICIÊNCIA
Paradas Menores:	Paradas menores de 5 min	Parada de linha para retirada de produtos não conformes após a selagem
		Limpeza da placa de selagem
		Desengate dos produtos
		Parada de linha para ajuste de posição do Aparelho no molde (antes da selagem)
		Parada de linha para ajuste de posição do SE no molde (antes da selagem)
		Parada de linha para colocação de SE ou Aparelho faltante
		Acionamento do botão de emergência e rearme da linha
Velocidade Reduzida:	Linha com ciclo reduzido	Redução de velocidade do avanço dos moldes por preocupações ergonômicas
		Redução de velocidade do avanço dos moldes por incapacidade humana de acompanhar ciclo (< 12 pessoas)

Fonte: Elaborado pelo Autor a partir de análise do problema, 2020.



3.2.6 Ergonomia

Conforme já apresentado neste estudo, a linha de Blistagem analisada possui um excesso de postos onde se executam atividades manuais de pega de insumos de produtos e colocação, atividade essa que é realizada cerca de 36 vezes por minuto em condições nominais dos postos de inserção, sendo divididas entre 8 pessoas. Ainda é importante destacar a necessidade de cada inserção ser realizada em cerca de 2,25 segundo nos moldes, atividade que pode realizar estresse físico e mental nos colaboradores responsáveis por realizar diariamente tais atividades.

A empresa estudada possui histórico de afastamentos e incapacidades laborais, tendo como origem trabalhos manuais em outras linhas da fábrica que acabaram gerando LERs e DORTs nos colaboradores, fruto principalmente de trabalhos repetitivos, logo a empresa demandou de alguns setores a realização de análises ergonômicas, focando em identificar pontos de melhorias e adequação a normas para garantir o conforto e saúde dos colaboradores.

No Quadro 1 possível se entender algumas das características ergonômicas levantadas nos postos de colocação manual de aparelho aplicador e refil SE.

Quadro 1 - Análise Ergonômica dos Postos de Trabalho

POSTO	MODELO	MOVIMENTAÇÕES PICK AND PLACE	MOVIMENTAÇÕES	REFERÊNCIA FOTOGRÁFICA	DEMANDA POSTURAL CONFORME EXIGÊNCIA DA ATIVIDADE (IDEAL)	EXIGÊNCIA NORMATIVA	VALOR DA INFRAÇÃO NR 28	
							MÍNIMO	MÁXIMO
COLOCAÇÃO DE APARELHOS APLICADORES NO BLISTER	PATO GEL ADESIVO	Ciclo Pick and Place 1 - Elevação de ombros, braço, cotovelo, antebraço, punhos, mãos e dedos para acesso à baía de aparelhos. 2 - Utilização de mãos e dedos para pega dos aparelhos. 3 - Descida de ombros, braço, cotovelo, antebraço, punhos, mãos e dedos para posicionamento no molde. 4 - Volta à posição de "conforto" da região de ombros, braço, cotovelo, antebraço, punhos, mãos e dedos .	36 ciclos de movimentos por minuto 2160 ciclos de movimentos por minuto 17280 ciclos de movimentos por turno		Verificado que a atividade poderá permanecer na postura sentada, porém dependente de estudo de mudança de layout. (Este relacionado ao alcance dos produtos do dispensador de alimentação) ENQUANTO PERMANECER LAYOUT ATUAL A POSTURA DE TRABALHO DEVERÁ SER DE PÉ.	17.3.5. Para as atividades em que os trabalhos devam ser realizados de pé, devem ser colocados assentos para descanso em locais em que possam ser utilizados por todos os trabalhadores durante as pausas.	R\$ 3.957,39	R\$ 4.385,16
POSICIONAR SEMI ELABORADO NO BLISTER	PATO GEL ADESIVO	Ciclo Pick and Place 1 - Elevação de ombros, braço, cotovelo, antebraço, punhos, mãos e dedos para acesso à baía de Semi-Elaborados. 2 - Utilização de mãos e dedos para pega dos SES. 3 - Descida de ombros, braço, cotovelo, antebraço, punhos, mãos e dedos para posicionamento no molde. 4 - Volta à posição de "conforto" da região de ombros, braço, cotovelo, antebraço, punhos, mãos e dedos .	36 ciclos de movimentos por minuto 2160 ciclos de movimentos por minuto 17280 ciclos de movimentos por turno		Atividade permite que o funcionário labore na postura sentada	17.3.1. Sempre que o trabalho puder ser executado na posição sentada, o posto de trabalho deve ser planejado ou adaptado para esta posição. 17.3.4. Para as atividades em que os trabalhos devam ser realizados sentados, a partir da análise ergonômica do trabalho, poderá ser exigido suporte para os pés, que se adapte ao comprimento da perna do trabalhador.	R\$ 2.630,46	R\$ 2.924,15

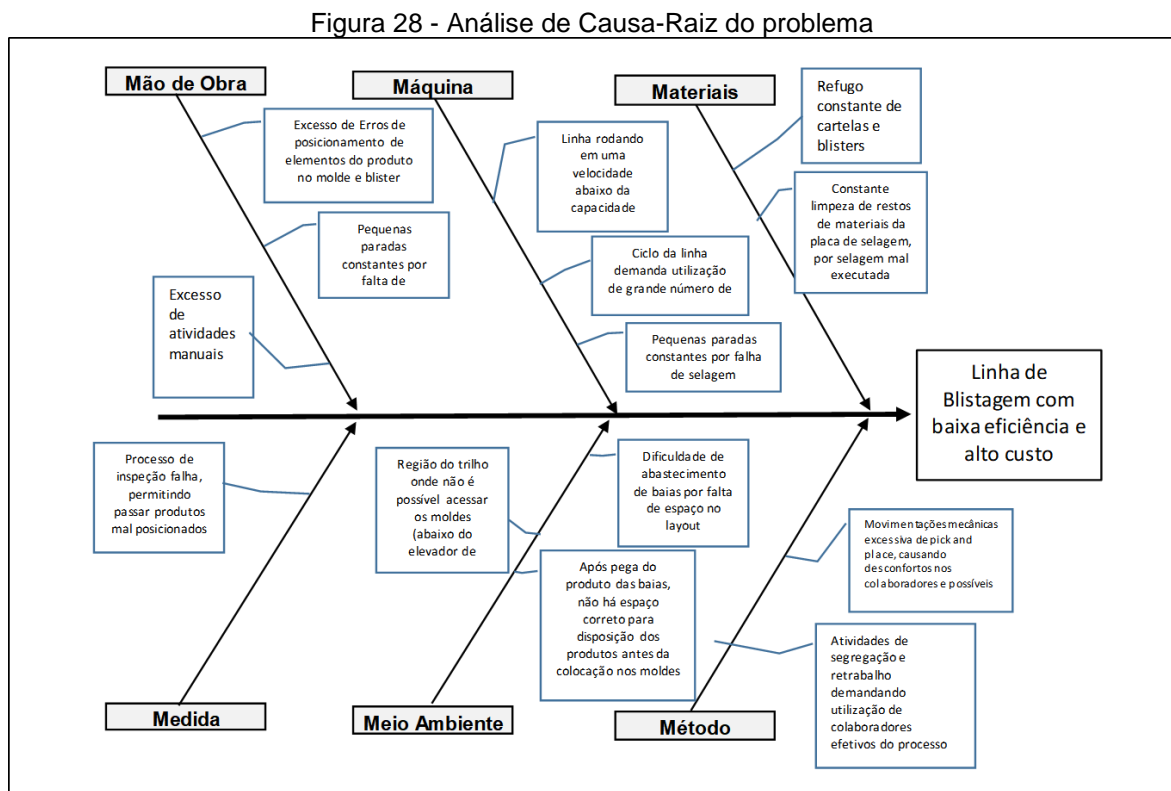
Fonte: Time de ergonomia da empresa estudada, 2020.

Um dos principais objetivos e méritos fruto da instalação de projetos de automação em linhas com bastante atividades manuais é o de, além dos de redução de desperdícios operacionais e ganhos em custos por mão-de-obra, paralelamente focar na redução de colaboradores executando tarefas manuais repetitivas e geração de possíveis lesões musculares crônicas.

3.2.7 Entendimentos de Causas - Raiz

Inicialmente, foram levantadas algumas possíveis causas que poderiam estar impactando tanto em eficiência quanto em custos na linha analisada, de maneira a poder se listar *inputs* tanto do time da produção, do time técnico e da gestão e liderança operacional.

A partir disso, foi-se realizado um Diagrama de Ishikawa (Figura 28) com o objetivo de listar possibilidades de causas-raiz dos problemas, de acordo com o conhecimento de membros da produção e gestão.



Fonte: Elaborado pelo Autor a partir de material analisado pela equipe técnica da empresa estuda, 2020.

Após análises, a alta gestão decidiu investir em um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) com um fornecedor local, de maneira a desenvolver um

sistema robótico de *pick and place* e um sistema de inspeção automática, automatizando os seguintes processos:

1. Inserção de aparelho aplicador no *Blister*
2. Inserção de refil SE (Semi-Elaborado) no *Blister*
3. Inspeção visual pré processo de colocação de cartela e selagem

Com estas automatizações se esperam diminuir Erros de inserção e posicionamento, refugos, retrabalhos (Defeitos); proporcionar melhorias ergonômicas e menor número de pessoas no processo (retirando 4 pessoas do processo de inserção de Aparelho e SE, onde outras 2 pessoas serão adicionadas no processo de colocação de *Blister* e *Insert Paper* em virtude do aumento de capacidade dos moldes) possibilitando maior eficiência no processo *pick and place* e menor custos de produção, utilização menos recursos de mão-de-obra no processo.

Paralelamente, se desenvolveu um molde em MDF com capacidade maior de inserção de *blisters*, aumentando a capacidade por molde de 4 para 6 unidades, onde agora é possível se realizar a colocação dos aparelhos aplicadores e refis SE de maneira simultânea, permitindo acompanhamento do ciclo nominal da linha de 9 segundos com este aumento de capacidade produtiva.

Ao mesmo tempo, o benefício em se capacitar os colaboradores em tecnologias de instalação e manutenção de robôs e câmeras de inspeção, obtendo-se *know-how* técnico em tecnologias avançadas, é um benefício observado pela gestão no desenvolvimento de pessoas, um dos pilares a serem seguidos dentro do *Lean Manufacturing* e do TPM (*Total Product Maintenance*).

3.2.8 Cronograma de Instalações

Para o planejamento, execução, controle e melhorias do projeto implantado, tendo uma visão desde o escopo inicial do projeto até a entrega para produção em massa, foi-se elaborado em junção com os fornecedores do projeto de P&D, um cronograma macro de atividades contemplando as várias etapas do projeto a ser executado, listando desde atividades iniciais burocráticas, até atividades de desenvolvimento e instalação do projeto.

O cronograma pode ser visualizado conforme tabela abaixo, sendo planejado e executado entre Julho de 2020 até Dezembro de 2020 (Tabela 7).

Tabela 7 - Cronograma de Atividades do Projeto

Activities Schedule			Initial Date:	05/07/2020	July/2020				August/2020				September/2020				October/2020				November/2020				December/2020					
			End date:	17/12/2020	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4		
Task No.	Task	Who																												
1	Apresentação da necessidade pela gerência técnica	Empresa																												
2	Levantamento de dados da possível melhoria	Empresa																												
3	Escopo inicial do projeto e gestão de mudança	Empresa																												
4	Contato com fornecedor	Empresa																												
5	Cotação	Fornecedor																												
6	Escopo revisado do projeto	Empresa																												
7	Apresentação da proposta ao comitê executivo	Empresa																												
8	Documento de aprovação de Verba	Empresa																												
9	Geração da Ordem de Compras	Empresa																												
10	Projeto 3D do fornecedor	Fornecedor																												
11	Levantamento e confecção de peças	Fornecedor																												
12	Elaboração de diagrama Elétrico e Pneumático	Fornecedor																												
14	Instalação mecânica na fábrica	Fornecedor/Ti me técnico empresa																												
15	Instalação elétrica/pneumática na fábrica	Fornecedor/Ti me técnico empresa																												
16	Programação dos robôs e lógica de integração com linha (CLP)	Fornecedor/Ti me técnico empresa																												
17	Testes pick and place	Fornecedor/Ti me técnico empresa																												
18	Instalação Sistema de Visão pré colocação de cartela	Fornecedor/Ti me técnico empresa																												
19	Programação do sistema de visão e lógica de integração com linha (CLP)	Fornecedor/Ti me técnico empresa																												
20	Adequações à NR12 e mitigações de risco	Fornecedor/Ti me técnico empresa																												
21	Testes finais	Fornecedor/Ti me técnico empresa																												
22	Revisão de Documentação Técnica	Fornecedor/Ti me técnico empresa																												
23	Treinamento de time Manutenção e Produção	Fornecedor/Ti me técnico empresa																												
23	Liberação para Produção	Time técnico empresa																												

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2020.

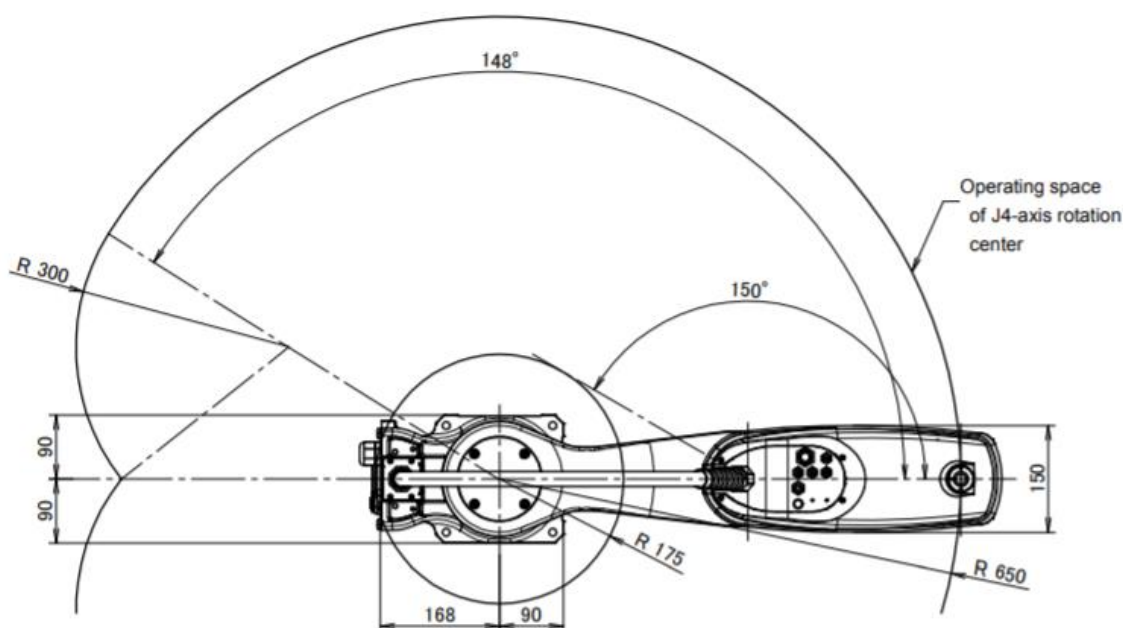
3.2.9 Execução Técnica do Projeto

Com as instalações do Sistema de *Pick And Place* automatizado é necessário se entender tecnicamente os principais equipamentos a serem instalados, através de especificações.

1. Especificação Robô SCARA – *Pick And Place* de Refil SE (Figura 29)

Os robôs SCARA possuem controle em 4 eixos (3 de rotação e 1 linear), cada um sendo controlado por um servo-motor com lógica estruturada via CLP. O robô instalado no projeto é um robô da marca FANUC Modelo SR-6iA SCARA Robot, e pode ser visualizado conforme figura 29.

Figura 29 - Desenho técnico do robô SCARA



Fonte: <https://www.fanucamerica.com/products/robots/series/scara/sr-6ia-scara-robot>. Acesso em 16/06/2021.

2. Especificação Robô-Cartesiano – *Pick And Place* do Aparelho Aplicador

O robô-Cartesiano, com acionamento de 1 eixo (cilindro elétrico) tipo haste, controlado por um motor-passo com grande precisão de movimentação nos eixos X e Y através de Patins e Trilhos mecânicos. O sistema de lógica também é controlado via CLP. O robô-eixo utilizado no projeto foi elaborado e contruído pelo fornecedor de P&D em questão, de maneira a se equiparar em questões de alcance, velocidade e repetibilidade ao robô FANUC, porém não em questão de carga máxima e rotatibilidade.

O Setup dos Produtos (2 doses e 6 doses) é realizado via Painel IHM (Interação Homem-Máquina), que é compartilhado entre ambos os sistemas de *pick and place* (aparelho aplicador e refil SE)

3.2.9.1 Motivo de escolha entre Robôs

Para o Aparelho foi realizado a escolha de um robô-cartesiano devido ao peso do aparelho aplicador ser menor que o do Refil SE, além de demandar menor investimento na estrutura e menor preço dos mecanismos de Automação. Além disso,

os técnicos de automação já tinham conhecimento na tecnologia de PLC Mitsubishi PLC drive, e com isso, ganhou-se também velocidade no tempo de desenvolvimento e instalação. Por último, como o refil SE possui estrutura com maior complexidade para realizar o *pick and place*, no robô SCARA se tem melhor controle no produto no transporte e melhor precisão de colocação no molde.

3.2.9.2 Sistema de Visão

A câmera do Sistema de Visão da marca Keyence, foi instalada de maneira a impedir falta de produtos ou colocação em posição errada nos *blisters*, que terão impactos no processo de selagem, podendo causar perdas, gerar retrabalhos e paradas de linhas. Há a visualização em tempo real do da presença no *blister* dos Aparelhos Aplicadores, Refil SE e os Insert Papers. Caso OK, segue-se para o próximo processo (colocação de Cartelas), caso não OK, é realizada a parada da linha momentaneamente para correção, evitando falha na selagem posteriormente, pois não há pontos de acesso para o operador, durante o funcionamento da linha, entre o processo de Colocação de Cartelas e a Selagem. Nesse sistema o Setup dos Produtos (2 doses e 6 doses) é realizado via IHM.

Figura 30 - Câmera do Sistema de Visão



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

3.2.9.3 Princípio de Funcionamento do sistema *Pick and Place* e de Inspeção Visual Automática integrados.

1. Abastecimento de aparelhos aplicadores (elevador silo direito) e refil SE (elevador silo esquerdo) nos elevador-silo. Os elevadores-silos (Figura 31) realizam o transporte dos aparelhos e refis SE, e as despejam através das saídas funis, em

panelas vibratórias, que possuem sensores de nível que mandam sinais para o elevador liberar maiores quantidades para as panelas, fazendo a comunicação entre elevador e panela.

Figura 31 - Elevador-Silo



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

2. As panelas vibratórias (Figura 32) são magneticamente acionadas para vibrar e transportar unitariamente os aparelhos e SEs, dispondo-os com o objetivo de orientar as peças uma atrás da outra na posição a serem posicionadas nas calhas.

Figura 32 - Panela Vibratória



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

3. O sistema de calhas (Figura 33) também possui sistema de vibração, que direciona e transporta os mesmos até as esteiras taliscadas.

Figura 33 - Sistemas de Calhas Vibratórias



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

4. As esteiras taliscadas (Figura 34) são acionadas de maneira a sempre posicionar 6 aparelhos e 6 refis.

Figura 34 - Esteiras Taliscadas



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

5. Inicialmente o Robô-Eixo (Figura 35) realiza, através de ventosas com pressão negativa, a sucção de 6 unidades de aparelhos aplicadores, os transporta até acima do molde já com os *blisters* e *Insert Papers*, e os posiciona simultaneamente corretamente sob os moldes. O robô-eixo se movimenta através de patins e trilhos mecânicos.

Figura 35 - Robô-Eixo



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

6. Logo após, o Robô SCARA FANUC (Figura 36) realiza, através de ventosas com pressão negativa, a sucção de 6 unidades de refil SE, os transporta até acima do molde já com os *blisters*, *Insert Papers* e aparelhos aplicadores, e os posiciona corretamente no *blister*.

Figura 36 – Robô SCARA Fanuc



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

7. A câmera do sistema de visão Keyence (Figura 37), realiza então, a inspeção visual do conteúdo do produto, e verifica se há ausência ou erros de posicionamento do aparelho aplicador, o refil SE e/ou do *Insert Paper*. Caso OK, segue para o próximo processo (colocação de cartelas), caso não OK, é realizada a parada da linha momentaneamente para correção, evitando falha na selagem posteriormente, pois não há pontos de acesso para o operador durante o funcionamento da linha, entre o processo de colocação de cartelas e a selagem. O modo de inspeção da câmera de Keyence pode ser visualizado na Figura 38.

Figura 37 - Painel IHM do Sistema de Visão (exemplos de julgamento OK e Não OK)



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

Figura 38 - Posicionamento de Inspeção da Câmera Keyence



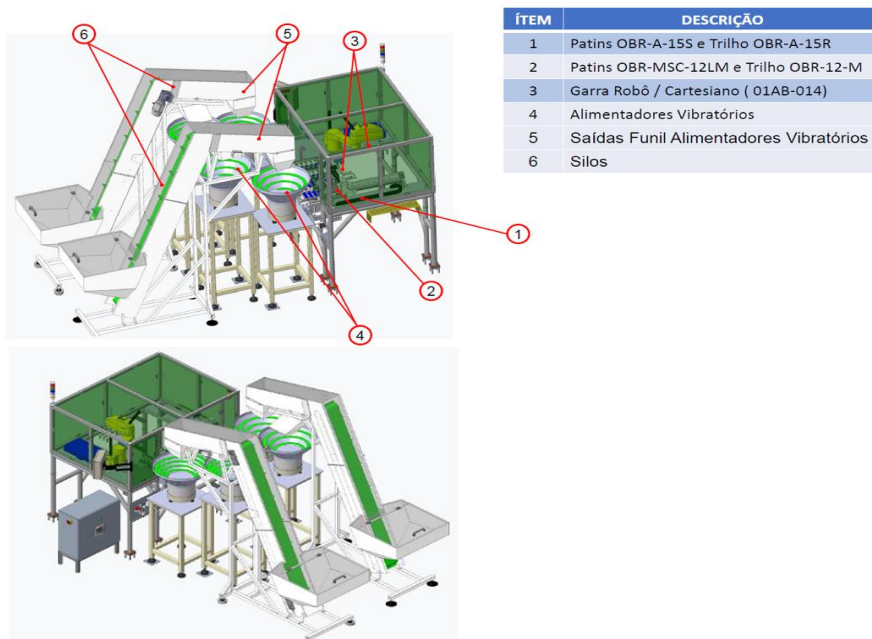
Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

Na Figura 39 se observa um fluxograma resumido do sistema integrado de *Pick and Place* e Inspeção, e na Figura 40, um Projeto 3D do Sistema *Pick and Place*.

Figura 39 – Fluxograma resumido do sistema *Pick and Place* e de Inspeção

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2020.

Figura 40 - Projeto 3D do Sistema Pick And Place e seus elementos



Fonte: Fundação Paulo Feitosa, 2020.

3.2.9.4 Novo Molde

Com o mérito inicial de se reduzir perdas de paradas para retrabalhos, desengates maiores e defeitos identificou-se também a possibilidade de se aumentar a capacidade produtiva da linha com o mérito do robô realizar a colocação dos produtos simultaneamente, não sendo possível pelo antigo método de colocação manual por limitações físicas. Logo, a possibilidade identificada foi de se desenvolver moldes de selagem com um aumento de número de cavidades para *blisters* (de 4 cavidades para 6 cavidades).

Tabela 8 - Ciclo da linha após as implementações de novos moldes

CICLO DA LINHA		
Ciclo da máquina (cilindro de avanço de moldes)	9	s
Número de produtos por molde	6	unid
Produtividade nominal	54	unid/min

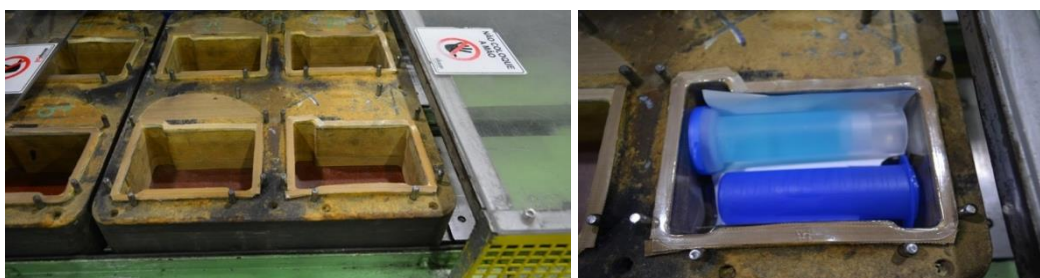
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

Mantendo o ciclo da linha de 9 segundos por molde (tempo de avanço dos atuadores pneumáticos nos trilos) é possível aumentar o output nominal de 36 para 54 unid/min, considerando-se um novo tempo de *pick and place* de 1,5s por produto (Tabela 8).

Para acompanhar o novo tempo exigido de *pick and place*, nas estações de colocação de *blister* e *Insert Paper*, onde não houveram implementações de automação, foram adicionadas 2 pessoas.

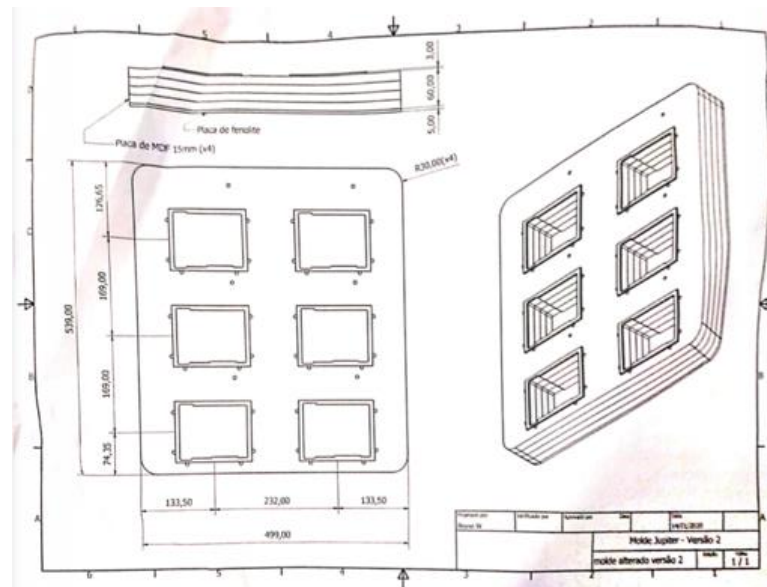
Em seguida, pode-se observar na Figura 41 moldes com 4 cavidades, na Figura 42 o projeto de expansão e na Figura 43 aos novos moldes.

Figura 41 - Moldes de 4 cavidades, anteriores às novas implementações do projeto.



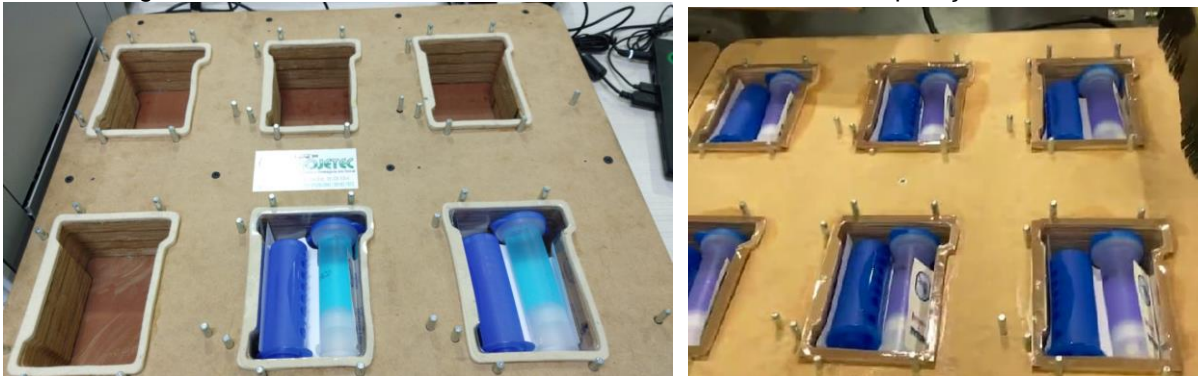
Fonte: Fotografado pelo Autor, 2020.

Figura 42 - Projeto do novo molde com 6 cavidades.



Fonte: Time técnico da empresa analisada, 2020.

Figura 43 - Molde em Período de Desenvolvimento e Molde em Operação na Linha



Fonte: Fotografado pelo Autor, 2021.

4 RESULTADOS

4.1 O *LEAN MANUFACTURING* E A AUTOMAÇÃO

Neste trabalho, foram apresentadas e utilizadas ferramentas que possibilitaram a análise de como a produção pode se tornar mais enxuta a partir de melhorias relacionadas a soluções de automação de processo.

Foi possível identificar como o princípio da utilização de ferramentas para se mensurar indicadores de performance (conforme visto na ferramenta de gestão Geprod), possibilita identificar, a partir disso, atividades que não agregam valor ao produto, ou seja, desperdícios operacionais que possam causar a baixa performance demonstrada, e em consequência, altos custos produtivos para o negócio.

A tarefa em se entender como o ato de se proporcionar meios para a execução de um processo mais enxuto e efetivo, estabelecendo uma relação entre o *Lean Manufacturing* e o projeto de automatização de postos-chave da linha, onde se foi possível atingir os objetivos alinhados a conceitos-chave do *Lean Manufacturing* diminuindo atividades que não agregam valor, conforme as seguintes características do *Lean*:

- **Estabelecimento de um fluxo de produção contínuo:** Com o projeto, estabeleceu-se uma redução de índices de paradas de linha tanto com a maior efetividade operacional de atividades *pick and place*, em maiores velocidades, quanto com menor índice de paradas para retrabalho e/ou utilização de colaboradores da linha em atividades que não agregam valor ao cliente.
- **Padronização de atividades de *pick and place*:** Gerando menos possibilidades de erros ou falta de inserções, que podem gerar paradas de linha longas por falhas de selagem, necessidade de atividades de retrabalho e refugos de itens.
- **Garantia da qualidade dentro do processo:** A análise em tempo real da operação e das condições do produto nos moldes, onde os defeitos e problemas são solucionados assim que aparecem, garantindo a possibilidade de identificação de não conformidades antes de chegar em processos críticos.
- **Conceitos do TPM:** Para garantir o manutenção dos equipamentos e da linha, o operador e time técnico, utilizando conhecimentos e ferramentas de análise e prevenção de modos de falhas nas máquinas (limpeza, inspeção e lubrificação) pode aplicar e padronizar métodos de Manutenção Autônoma nas novas tecnologias implantadas.

- **Possibilidade de *Kaizens* (melhorias de processo contínuas):** Com possibilidades de melhorias através da identificação do próprio operador ou do time técnico, que com o *know-how* adquirido, pode idealizar ou implantar no futuro melhorias a se otimizar ainda mais o fluxo produtivo da linha.

Dentre os benefícios específicos observados e mensurados também foram observados itens como:

- Diminuição da utilização da mão de obra (*Headcount*) e aumento da disponibilidade, refletindo em menores custos de produção na área de manufatura.
- Diminuição dos erros de colocação, também sendo possível se aumentar capacidade de produção através de moldes com maior capacidade e inserções mais rápidas e precisas por meio das automações.
- Menos operações manuais e garantia de qualidade, reduzindo refugos e retrabalhos
- Apontamento de anormalidades de processo com mais eficiência e melhorar processos de forma mais rápida e garantindo transparência de paradas e defeitos.
- Otimização ergonômica (tanto com redução de movimentações manuais quanto relacionado a layout disponível).
- Na visão de estabelecimento de um ciclo de melhoria contínua, obteve-se um processo onde os recursos produtivos (mão-de-obra, insumos, máquinas) são melhor aproveitados em relação ao cenário antes das instalações de máquina.

4.2 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

A empresa apresentada neste estudo, possui uma forte presença da Manutenção Autônoma em sua estratégia de operação e manutenção de máquinas, sendo uma das principais representativas no Polo Industrial de Manaus dos conceitos e aplicação dessa metodologia em conjunto com o *Lean Manufacturing*, focando tanto na identificação de perdas e desperdícios quanto em possíveis tratativas para minimizar estas perdas relacionadas à máquina e operações.

Logo, a gestão da empresa entende a importância de um embasamento para seus Auxiliares e Operadores de Produção, além do time técnico de Manutenção, em se conhecer tecnicamente as máquinas, de maneira a ser possível analisar possíveis

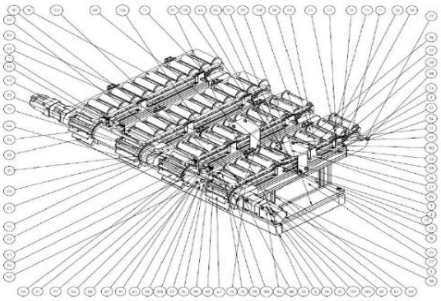
falhas de processo, atuar com tratativas corretivas e manter um padrão de rotinas de verificações, com a execução de atividades autônomas e preventivas.

Desta maneira, como medida de melhoria contínua, durante a instalação das automações de *pick and place* (robôs, garras, painéis, calhas, elevadores, esteiras) foram identificados possíveis pontos para se realizar checagens, limpezas, lubrificações, necessidade de peças de reposição, e procedimentos de Manutenção Corretivas e Preventivas, focando em seus sistemas elétricos, mecânicos, sensores, pontos de programação lógica, possíveis pontos críticos que possam parar o processo e impactar a qualidade do produto.

O processo de treinamentos teóricos e práticos, focando na transferência de conteúdos dos membros do time técnico de instalação (fornecedores) para o time interno da empresa, treinando desde o time técnico da Manutenção até o time de Operação é um processo fundamental para consolidar a Manutenção Autônoma na nova instalação, e também no domínio da tecnologia e possíveis melhorias a serem executadas pelo próprio time interno da empresa.


A Figura 44 representa exemplos de conteúdos elaborados com o objetivo de passar *know-how* técnico do time de instalação e desenvolvimento das máquinas para o time interno da empresa e possibilitar planejamentos e execuções de manutenções autônomas.

Figura 44 - Desenho das partes da esteira de taliscas e *Checklist* de Verificações de Parâmetros de Máquina



ITEM	NOME	DESCRIÇÃO	QTD
1	6002-22-15	ROLAMENTO- DIAMETRO 15	8
2	6004-22	ROLAMENTO- DIAMETRO 20	8
3	1AB-027	MONTAGEM GIRO APLICADOR	2
4	1AB-031	MONTAGEM-SUPORTE-ESTEIRAS	1
5	1AB-032	MONTAGEM FIXADORA	1
6	1AB-033	MONTAGEM BASE METALON	1

1 – Patins OBR-A-15S e Trilho OBR-A-15R



ITEM	DESCRIÇÃO	FORNecedor	QTD	TIPO LUBRIFICANTE	PERÍODO
1	Patins OBR-A-15S e Trilho OBR-A-15R	DMB	02	GRAXA AZUL 30P 232	2200 Hs

DESCRIÇÃO DA MANUTENÇÃO

- 1 - REMOVER AS EMPILHAS DO TRILHO COM O AUXÍLIO DE UM FIMBO LIMPO.
- 2 - FAZER A DISTRIBUIÇÃO UNIFORMEMENTE NO ESPAÇO LÍQUIDO DA SUPERFÍCIE.
- 3 - FAZER A VERIFICAÇÃO NOS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO INDICADOS.
- 4 - REMOVER O EXCESSO COM O AUXÍLIO DE UM FIMBO LIMPO.

O que verificar	INDICADOR DE RISCO	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO	FREQÜÊNCIA DE VERIFICAÇÃO	CONDIÇÕES DE VERIFICAÇÃO	CONTEÚDO DA VERIFICAÇÃO	Produto:	
						até 7.000	até 20.000
1	Alto	Visual	Diária	Em funcionamento	Vibração da panela alimentadora de SE 2	30Hz - 35Hz para 2 doses e 35Hz - 40Hz para 6 doses	Pr
2	Alto	Visual	Diária	Em funcionamento	Vibração da panela alimentadora de SE 4	30Hz - 35Hz para 2 doses e 35Hz - 40Hz para 6 doses	Pr
3	Alto	Visual	Diária	Em funcionamento	Vibração da panela alimentadora de APARELHO 1	45Hz - 50Hz para 2 doses e 45Hz - 50Hz para 6 doses	Pr
4	Alto	Visual	Diária	Em funcionamento	Vibração da panela alimentadora de APARELHO 3	60Hz - 65Hz para 2 doses e 60Hz - 65Hz para 6 doses	Pr

Baixa vibração e ruído alto: (Imagens 11, 12 e 13)(fotos de ilustração)

- 01 - verificar se a panela está encostada na calha. (Seta verde)
- 02 - verificar se tem parafusos soltos ou quebrado na panela. (Seta vermelha)
- 03 - verificar se tem parafusos soltos ou quebrado no alimentador. (Seta Amarela)
- 04 - verificar se as molas, tem sinais de trinca. (Seta Laranja)
- 05 - verificar os calços que separam a mola estão danificados. (Seta azul)




Imagem. 11 Imagem. 12 Imagem. 13

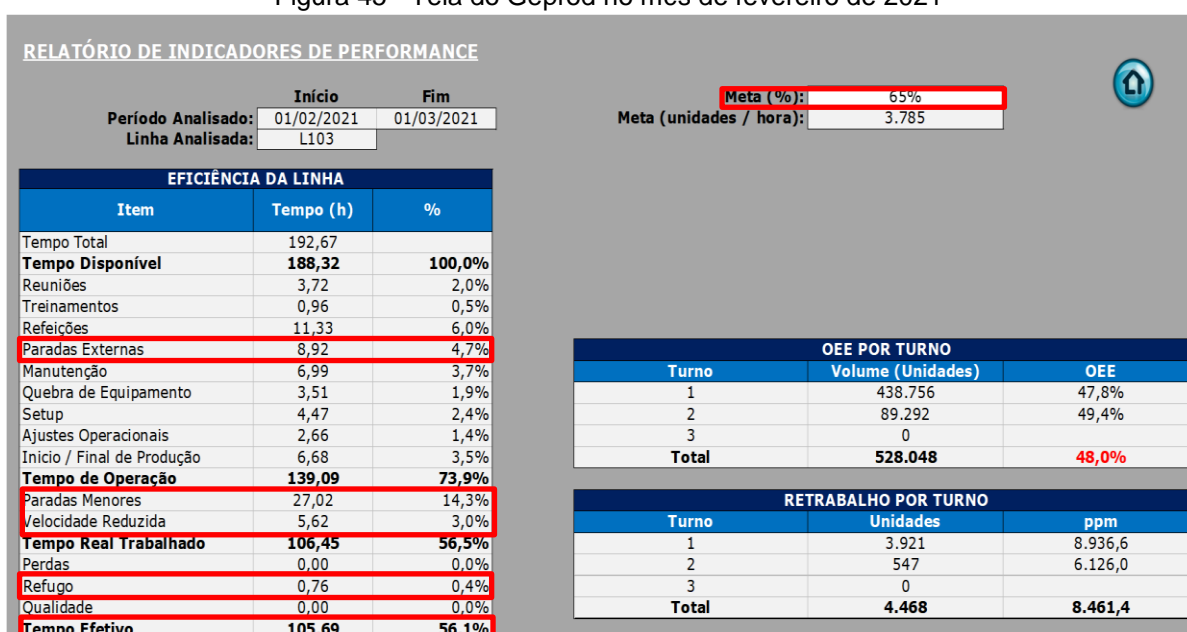
4.3 ANÁLISE DE RESULTADOS – OEE E CUSTOS DE PRODUÇÃO

A fim de mensurar a influência do sistema de automação *pick and place* em se garantir uma produção mais enxuta em relação a desperdícios de processo identificados pelo Lean Manufacturing, com foco após análises nesse trabalho na redução de perdas de defeitos, movimentações, paradas de linha e necessidade de rodar com velocidade de linha reduzida, nos postos manuais na linha estudada, aliados também ao sistema de inspeção visual, esperam-se por parte da gestão, com os investimentos realizados, um incremento de resultados de OEE da linha, diminuindo-se o tempo de paradas relacionadas às perdas já demonstradas em sessões anteriores deste estudo.

Utilizando o sistema Geprod, foi-se escolhido o mês de Fevereiro de 2021, por entender-se que para se visualizar os efeitos da automatização no processo, nas melhorias descritas, por se entender que a partir desse período houve uma estabilização das instalações *pick and place* e sistema de visão.

Na Figura 45 observa-se a tela do sistema Geprod no mês de fevereiro de 2021, que pode ser comparada com a tela já demonstrada do mês de setembro de 2020.

Figura 45 - Tela do Geprod no mês de fevereiro de 2021

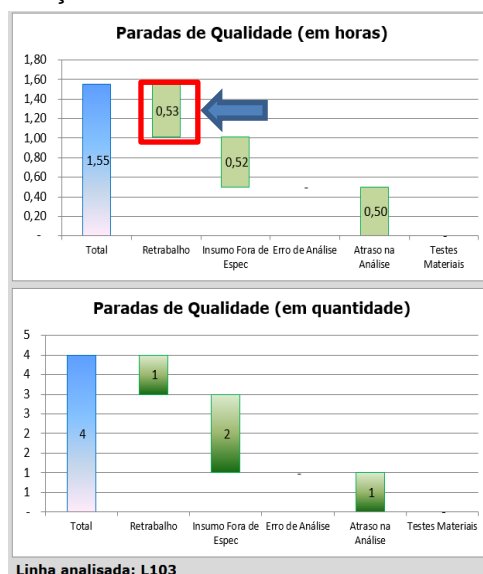


Fonte: Geprod, 2021.

No gráfico ilustrado na Figura 46, é possível se identificar o tempo de retrabalho dentre paradas de qualidade no mês de Fevereiro, sendo possível se observar uma

redução de 6,13h do mês de Setembro de 2020 para 0,53h no mês de Fevereiro de 2021.

Figura 46 – Identificação de Índices de Paradas de Qualidade após Projeto



Fonte: Geprod, 2021.

Com os robôs realizando a inserção de aparelhos aplicadores e refis SEs, o posicionamento destes insumos no *blister* passaram a ser realizados de maneira mais rápida e mais precisa do que anteriormente, sendo possível acompanhar também o novo volume de output da linha (54 unid/min), realizando a pega e inserção de maneira simultânea, reduzindo índices tanto de retrabalhos por mal posicionamento e falta de inserção, e conseqüentemente, selagem mal realizada (defeitos classificados como Paradas Externas, sendo reduzidos de 17,2% para 4,7% de Setembro de 2020 para Fevereiro de 2021) como reduzindo também índices de refugo (3,4% para 0,4%, de Setembro de 2020 para Fevereiro de 2021). O item de Velocidade Reduzida por redução de ciclo da máquina por falta de operadores na linha, que estão a realizar retrabalhos, também foi otimizado por consequência de tais automações (10,6% para 3%, de setembro de 2020 para fevereiro de 2021).

Já o sistema de visão, identificando possíveis falhas de colocação humanas nos postos de *blisters* e *Insert Papers* ou potenciais falhas de *pick and place* dos robôs no posicionamento de insumos no *blister* causou um aumento de pequenas paradas (de 9,4% para 14,3%, de Setembro de 2020 para Fevereiro de 2021), por alertar quando há falhas de inserção de insumos, porém, também foi responsável por reduzir

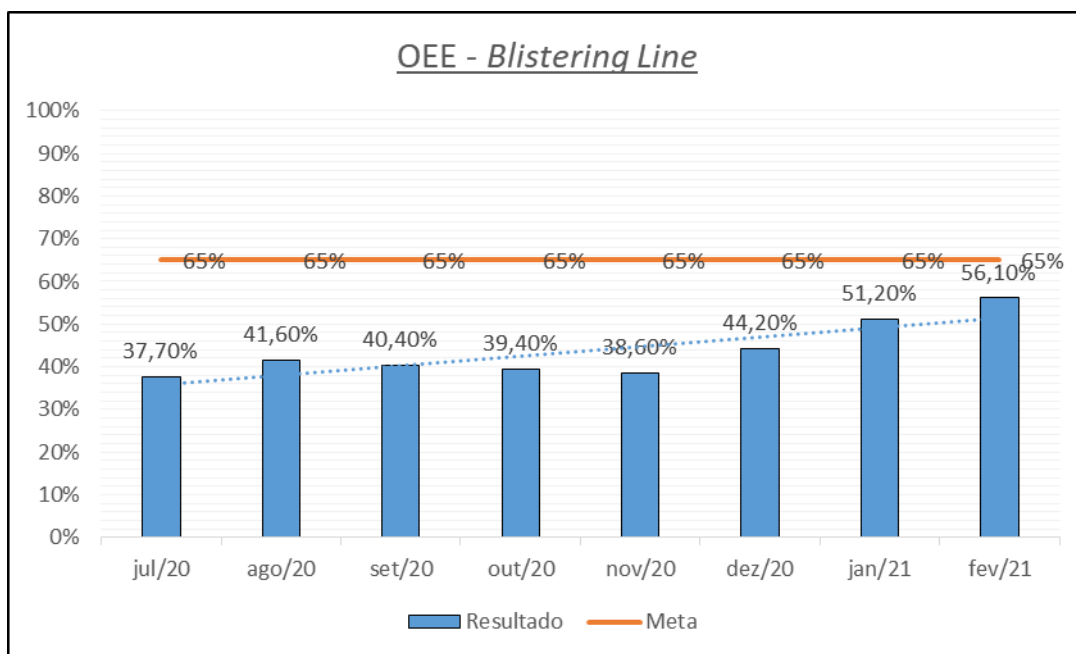
os índices de retrabalho e refugo, por alertar os operadores das não conformidades antes do processo de colocação de cartelas e selagem do produto.

Já outros índices que sofreram alterações diretas em virtudes das novas tecnologias foram os de Início/Final de Produção (de 2,9% para 3,4%), Manutenção (3,0% para 3,7%) e Quebras (0,3% para 1,9%), que sofreram pequenos aumentos em função das novas tecnologias instaladas.

Apesar do aumento de 17% no OEE em relação a um comparativo antes das melhorias, a linha ainda não foi capaz (até o mês de fevereiro) de atingir a meta produtiva mensal de 65%, item a ser ainda atingido com melhorias de performance em posteriores trabalhos de melhoria contínua, focando principalmente em outros postos da linha, mas também se executando possíveis melhorias no sistema automatizado instalado.

Na figura 47, é possível se visualizar o histórico do OEE da linha desde Julho de 2020 até Fevereiro de 2021, em forma de gráfico, sendo possível se observar um aumento significativo a partir da automatização, com início de funcionamento em Janeiro de 2021, e estabilização em Fevereiro de 2021.

Figura 47: Gráfico de barras do OEE da linha Jul/2020 – Fev/2021.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados do Geprod da linha analisada.

4.4 ANÁLISE DE CUSTOS

À medida em que a compra de incrementos de máquina pode elevar o custo de Hora-máquina de R\$ 83,06 para R\$ 95,93 (estimativa por parte do setor financeiro da empresa de cerca de 15%) a ser contabilizado para a linha em questão, o retorno

financeiro pode começar a ser observado já de início na quantidade de Horas-Homem por ordem de produção, a ser considerado com as reduções de mão-de-obra.

Apesar deste aumento e virtude da instalação realizada, pode-se mensurar quantitativamente o impacto da redução da utilização no processo de 2 auxiliares de produção, reduzindo de 12 para 10, e aumentando a disponibilidade da linha de aproximadamente 40% para aproximadamente 56%, onde obtiveram-se novos parâmetros de custeio do produto, de acordo com a Tabela 9:

Tabela 9 - Custeio de Produto baseado em horas-máquina e horas-homem

PARÂMETRO ANALISADO	VALOR	UNIDADE
Produtividade nominal da Linha:	54	unid/min
Unidades de Produtos por Caixa:	12	unid
Caixas por Min:	4,5	caixas
Caixas por Hora:	270	caixas
OEE:	56%	
Caixas por hora (com OEE):	151,2	caixas
Horas-Máquina (1000 Caixas):	6,61	h
Headcount* (Nº de colaboradores):	10	colaboradores
Horas-Homem (1000 Caixas):	66,13757	h

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

Considerando os custos Horas-Máquina e custos Horas-Homem atualizados, multiplica-se pela quantidade de horas necessárias para produzir o valor padrão de 1000 caixas, com o intuito de se entender o valor gasto em um mês de fevereiro de 2021, elaborou-se a Tabela 10, sendo evidenciados reduções de custo operacionais do produto.

Tabela 10 - Custo a ser considerado em ordens de produção após o projeto

CUSTOS	VALOR (SAP)	CUSTO A CADA 1000 CAIXAS	CUSTO ESTIMADO PARA O MÊS DE FEVEREIRO DE 2021 (19.000 CAIXAS)
Custo Horas-Máquina	R\$ 95,93	R\$ 634,49	R\$ 12.055,24
Custo Horas-Homem	R\$ 38,45	R\$ 2.542,99	R\$ 48.316,80

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

Tabela 11 - Comparação entre custos (Set/20 - Fev/21)

CUSTOS	CUSTO A CADA 1000 CAIXAS	CUSTO ESTIMADO PARA O MÊS DE FEVEREIRO DE 2021 (19.000 CAIXAS)
Custo Horas-Máquina	-R\$ 519,13	-R\$ 9.863,38
Custo Horas-Homem	-R\$ 3.865,34	-R\$ 73.441,53

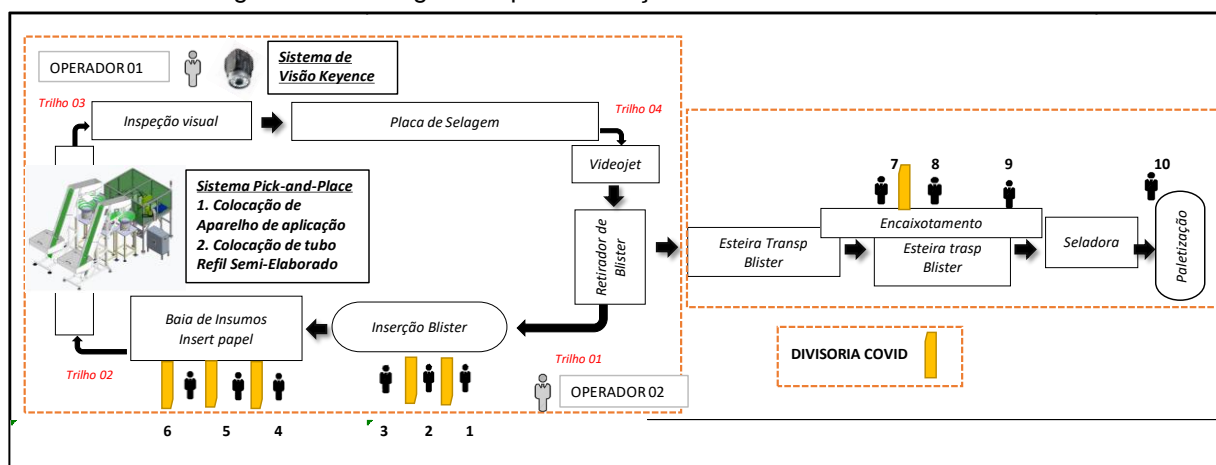
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

Com isso, observou-se um ganho significativo em relação a custos de Ordens de Produção conforme relatado na Tabela 11, sendo evidenciados reduções de custo operacionais do produto.

4.5 ANÁLISE ERGONÔMICA

Em relação a melhorias ergonômicas com o projeto apresentado, obteve-se a redução de duas pessoas realizando movimentos de *pick and place* repetitivos, e potencial afastamentos, também sendo intensificados por rodízios entre os colaboradores nos postos de *pick and place* de colocação de *blisters* e *Insert Papers*, minimizando impactos de esforços repetitivos nestas operações. (Figura 48).

Figura 48 - Fluxograma após instalações de Sistema *Pick And Place*.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

Para melhorar o atendimento ao ciclo da linha, além da adição de 1 auxiliar de produção para o posto de inserção de *Blister* e de 1 auxiliar para o posto de Inserção de *Insert Paper*, houve uma melhoria de layout nestes postos onde não houve projetos de automação, disponibilizando-se maior espaçamento para o conforto dos colaboradores e também para o Operador 02 conseguir realizar o abastecimento de insumos em melhores condições de layout.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentada uma visão descritiva e analítica da aplicação do *Lean Manufacturing* em uma linha de produção, referente à identificação de principais perdas produtivas para estratificação e tomada de decisão quanto à tratativa dos problemas, sendo estas tratativas relacionadas à necessidade de se automatizar processos manuais, de maneira a se obter ganhos de produtividade, diminuição de custos de produção e benefícios ergonômicos.

Foram realizadas descrições relacionadas ao produto foco do estudo e os processos relacionados, com foco no processo de Blistagem. Uma abordagem de identificação de causas possíveis causas para a ineficiência do processo, a apresentação de dados de custos e do indicador de produção OEE, com a visão também dos impactos ergonômicos nos colaboradores, onde estes suportam a decisão de investimento da empresa em um sistema automatizado em postos-chave da linha. Uma descrição das instalações realizadas de um sistema *pick and place* e de um sistema de visão foi realizada de maneira a se entender tecnicamente o funcionamento e eficácia do sistema proposto, de maneira a se atingir os objetivos inicialmente propostos.

Com isso, este estudo pode descrever a obtenção um resultado positivo das melhorias implementadas, de acordo com a hipótese H1 apresentada inicialmente, considerando um ganho médio no indicador OEE (apesar do não atingimento da meta atual de 65%), em custos de produção e na redução de 2 pessoas realizando atividades de *pick and place* manual, sendo possível se observar de maneira mensurável os impactos positivos destas instalações no processo e produto.

Como oportunidades futuras, é possível se propor melhorias similares em outros postos de trabalho manuais para se aumentar ainda mais a taxa de OEE e se atingir a meta proposta, tendo em vista a eficácia da instalação nos postos conforme demonstrado neste estudo descritivo. Além disso, o fortalecimento do sistema de Manutenção Autônoma e dos conhecimentos do time interno é de importância fundamental para o manutenção da tecnologia implementada, podendo também resultar em capacitação para melhorias no sistema instalado e potenciais desenvolvimentos de habilidades-chave em talentos internos e, conseqüentemente, o desenvolvimento de projetos similares com origem interna.

Em relação aos objetivos específicos estabelecidos no início deste estudo, o objetivo de levantar e evidenciar dados de indicadores de produtividade, custos de produção e ergonomia, antes e depois das implementações, para comparação e mensuração de efetividade da melhoria foi atingido, de maneira a se mensurar os dados de produtividade através do sistema de mensuração diária; as informações de custos através de cálculos utilizando dados de custos; e a análise ergonômica através de verificação real do efeito da implementação na redução de atividades de pega e colocação manual consideradas nocivas a longo prazo para os colaboradores.

O objetivo de identificação dos principais problemas do processo e relacionar a suas possíveis causas foi atingido parcialmente, onde se identificou perdas produtivas do processo que acabam a ocasionar altos custos e perdas de produtividade, aumentando significativamente o OEE da linha, mas ainda não atingindo a meta proposta inicialmente, trabalho a continuar a ser executado, seguindo o ciclo de melhorias contínuas, de maneira a identificar problemas relacionados a outros processos, e assim como no projeto apresentado neste estudo, propor melhorias e tratativas de processo para se atingir este objetivo.

A descrição de aspectos técnicos dos itens do processo de implementação do sistema de automação *pick and place* e de inspeção visual foi atingida, de maneira a ser possível descrever os itens implementados, a integração dos mesmos ao processo, e realizar uma análise crítica descrevendo uma relação entre estas tecnologias e as melhorias relacionadas ao *Lean Manufacturing* na linha de produção estudada.

REFERÊNCIAS

- ABREU, R. A.. **Perdas no Processo Produtivo**. Rio de Janeiro, RJ., 2002.
- BURKE, M. **Ergonomics Tool Kit, Aspen Publication**, Maryland, USA, 1998.
- CARVALHO, M. F.; SILVA FILHO, O. S.; FERNANDES, C. A. O. O planejamento da manufatura–práticas industriais e métodos de otimização. **Gestão & Produção**, v. 5, n. 1, p. 34-59, 1998.
- COOPER R., SLAGMULDER R.. **Redução de Custos com Inteligência**. HSM Management. Setembro-outubro 2003.
- COSTA, I. M.; LISBOA, S. N. D.; SANTOS, T. P. **Automação Industrial**. Natal: UFRN, 2002.
- DRUCK, M. da G. **Terceirização: (Des)Fordizando a Fábrica: um estudo do complexo petroquímico da Bahia**. São Paulo: Boitempo, 1999.
- FEIGENBAUM, Armand V. **Changing Concepts and Management of Quality Worldwide**. Quality Progress, December 1997
- FENERICK, J. A.; VOLANTE, C. R. **A Evolução das Indústrias, os Benefícios da Automação e as Perspectivas do Mercado da Robótica no Brasil e no Mundo**. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 734-745, 2020.
- FORESTI, R. L. **Sistema de Visão Robótica para Reconhecimento de Contornos de Componentes na Aplicação de Processos Industriais**. Porto Alegre. 2006.
- FRANCISCHINI, A. S. N.; FRANCISCHINI P. G.. **Indicadores de Desempenho**. Dos objetivos à ação – Métodos para elaborar KPIs e obter resultados. Alta Books Editora. 2017
- GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time**. Production, v. 5, n. 2, p. 169-189, 1995.
- IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- JOHNSON, Corinne N. The benefits of PDCA. Quality Progress; Milwaukee Vol. 35, Ed. 5. 2002.
- LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota: Manual de Aplicação**. Artmed Editora. 2007.
- LACERDA, D. A. F., FERRI W. R. **Desenvolvimento da Automação Robótica por Meio de Segmento de Linha**. Fatec Garça. GARÇA-SP. 2013
- LORINI, F. J., **Fundamentos da Robótica Industrial**. 2003

MAGGARD, B. N; RHYNE, D. Total productive maintenance: A timely integration of production and maintenance. **Production and Inventory Management Journal**, 1992.

MAHMUD, Dimitri Alli. **O uso de robótica educacional como motivação a aprendizagem de matemática**. Macapá. 2017.

MARTINS, G. M. **Princípios de Automação Industrial**. Apostila da disciplina de automação industrial da UFSM, Santa Maria, 2012.

MENDES, Eber da Cunha. **Métodos e Técnicas de Pesquisa** / Eber da Cunha Mendes. Serra, ES: Centro de Ensino Superior Fabra, 2016.

MOCAYO, J. T. **Lean Production**. Como Llegar a Ser Lean Sin Mucho Esfuerzo. Campus Toluca. 2009.

MOTTA, P. C. D. **Ambiguidades Metodológicas do Jus-In-Time**. In: Encontro Anual da ANPAD, 17. ANPAD, Salvador, 1993.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM**. São Paulo: IMC International Sistemas Educativos, 1989.

NUNES M. **Pirâmide de Automação Industrial**. Entenda o que é a pirâmide de automação industrial – conceitos e elementos que compõem.
<https://profes.com.br/profmarciojrnunes/blog/piramide-de-automacao-industrial>. Acesso em: 03/07/2021

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**: Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, E. M..**Transformações no mundo do Trabalho, da Revolução Industrial aos nossos dias**. 2003.

PIRES, Silvio RI; AGOSTINHO, Oswaldo L. **Estratégias competitivas e prioridades competitivas da manufatura: um estudo exploratório**. Production, v. 4, p. 23-32, 1994.

PRODANOV, C.C.;FREITAS, E.C.de. **Metodologia do Trabalho Científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico – 2ª Edição. [S.I.]:Editora Feevale,2013.

POLIT,D.;BECK,C.;HUNGLER,B. **Delineamento de Pesquisa em Enfermagem**. Polit D F,Beck C T,Hungler B P,organizadoras. Fundamentos de pesquisa em enfermagem. Métodos, avaliação e utilização. 5ª ed. Porto Alegre: Artemed, 2004.

PORTER, M. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro: Campus. 1986.

RELKAR, A. S.; NANDURKAR, K. **Optimizing & analysing overall equipment effectiveness (oee) through design of experiments (doe)**. Procedia Engineering, Elsevier, v. 38, p. 2973– 2980, 2012.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Automação Industrial**. Apostila para curso de treinamento. 1999

RIBEIRO, A. de F..**Taylorismo, Fordismo e Toyotismo**. 2015.

ROSARIO, J. M. **Automação Industrial**. [S.I.]: Editora Baraúna, 2009.

ROSÁRIO, J. M. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

SCIAVICCO, L et al. **Modeling and Control of Robot Manipulators**. Universidade de Nápoles Federico II. Nápoles, Itália. 1996.

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

SILVA, D. **Pirâmide de automação industrial: O que é?**
<https://www.logiquesistemas.com.br/blog/você-de-automacao-industrial/> Acesso em: 28/03/2021.

SILVA, J. P. **Os 7 tipos de desperdícios**. V1, 2008.

SILVA, J. P. A. R. S.; OEE – A FORMA DE MEDIR A EFICÁCIA DOS EQUIPAMENTOS. OEE – THE WAY TO MEASURE EQUIPMENT EFFECTIVENESS. 2013.

SLACK, N. *et al.* **Administração da Produção**. [S.I.]: Atlas São Paulo, 2009.

SUGIMORI, Y.; KUSUNOKI, K.; CHO, F.; UCHIKAWA, S. Toyota production system system – Materialization of Just-in-time and respect-for-human system. **International Journal of Production Research**, 1977.

SUZUKI, Tokutaro. **TPM In Process Industries**. Productivity Press. New York. 1994.

TAUCITA, Fabrício de Mello; SANTOS, Pâmela Marcélia deSiqueira; ALMEIDA, Valquíria de. **Presença de robôs de pintura na indústria automotiva**. 2013.

TAYLOR, Frederick Winslow. **Princípios de Administração Científica**. São Paulo: Atlas, 1987.

TREVILLE, S.; ANTONAKIS, J. Could Lean Production Job Design Be Intrinsically Motivating. **Journal of Operations Management**. 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking – banish waste and create wealth in your corporation**. New York, Simon & Schuster, 1996.

WOOD Jr., Thomaz. Fordismo, Toyotismo e Volvismo: " Os caminhos da indústria em busca do tempo perdido". **Revista de Administração de Empresas**. 1992. Acesso: <https://www.scielo.br/pdf/era/v32n4/a02v32n4.pdf>

Sites:

<https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2020/02/03/faturamento-de-industrias-do-polo-industrial-de-manaus-tem-alta-de-1157percent-em-dez-meses.ghtml>. Acesso em: 27/05/2021

<https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2020/07/10/faturamento-do-polo-industrial-de-manaus-cresce-74percent-no-primeiro-trimestre-deste-ano.ghtml>. Acesso em: 13/04/2021.

<https://gestaoindustrial.com/custos-industriais/>. Acesso em: 27/05/2021

<https://ibecensino.org.br/blog/89ocê89o/89ocê-sabe-como-fazer-gestao-de-custos-industriais-aprenda-aqui/>. Acesso em 27/05/2021

<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/segunda-revolucao-industrial.htm>. Acesso em 05/05/2021.

<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/seminariozfm/2019/04/23/noticias-seminariozonafrancademanaus,750913/zona-franca-de-manaus-tem-potencial-para-se-tornar-o-vale-do-silicio.shtml>. Acesso em: 12/04/2021.

<https://www.fm2s.com.br/ergonomia/>. Acesso em: 30/05/2021.

<https://www.forbes.com/companies/sc-johnson-son/?sh=4e8b85a045d6>. Acesso em: 15/04/2021.

<https://www.gov.br/suframa/pt-br/assuntos/polo-industrial-de-manaus>. Acesso em: 12/04/2021.

<https://www.toyota.com.br/mundo-toyota/toyota-production-system/>. Acesso em 04/05/2021.

<https://www.portal-administracao.com/2017/09/sete-ferramentas-da-qualidade-conceito.html>. Acesso: 13/06/2021

<https://www.keyence.com/products/vision/vision-sensor/iv/models/iv-g300ca/>. Acesso: 03/07/2021

<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-motor-de-passo-entenda-seu-funcionamento-eaplicacoes/#:~:text=Motor%20de%20passo%3a%20%20que,espec%C3%Adfco%20de%20passos%20por%20revolu%C3%A7%C3%A3o..> Acesso: 03/07/2021

<https://www.reumatologia.org.br/doencas-reumaticas/ler-dort/>. Acesso em: 02/07/2021.

<https://www.drogamaxi.com.br/>. Acesso em: 15/06/2021

<https://www.blackpack.com.br/blister-embalagem>. Acesso em: 15/06/2021.

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l3173.htm. Acesso em: 07/04/2021

<https://eescjr.com.br/blog/5-empresas-de-sucesso-que-adotam-a-metodologia-do-lean-manufacturing/>. Acesso em: 21/07/2021