

## ANÁLISE DA EFICIÊNCIA GLOBAL DE UMA MONTADORA AUTOMÁTICA DE FECHADURAS DE UMA METALÚRGICA NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB BASEADO NA FILOSOFIA OEE E MASP

GLOBAL EFFICIENCY ANALYSIS OF AN ASSEMBLER AUTOMATIC LOCKS OF A METAL IN GRANDE-PB CAMPINA CITY BASED ON OEE METHODOLOGY AND MASP

Ygho Rufino de Lucena<sup>1</sup>

Suelyn Fabiana Acirole Moraes de Queiroz<sup>2</sup>

Antonio Carlos de Queiroz Santos<sup>3</sup>

Ariadne Guerra Souza<sup>4</sup>

Mariana Paiva Brito<sup>5</sup>

Vanessa Nóbrega da Silva<sup>6</sup>

Caio Franklin Vieira Figueiredo<sup>7</sup>

**RESUMO:** A adoção de melhorias no ambiente produtivo e a implantação de uma gestão adequada de toda a cadeia de suprimentos são imprescindíveis para o sucesso de uma empresa. Nesse sentido, o presente trabalho consistiu em uma pesquisa de caráter exploratório com abordagens quantitativa e qualitativa. O objetivo deste estudo é a realização de uma análise com respeito à eficiência global de uma montadora automática de fechaduras através do indicador OEE, com o intuito de elaborar um plano de ação baseado na metodologia de análise e solução de problemas (MASP). O procedimento proposto foi baseado em um plano de ação que levou em conta as causas principais encontradas no diagrama de Pareto e no diagrama de Ishikawa, que mostraram os principais motivos de parada da máquina. É importante ressaltar que os métodos de gestão atuais não apresentavam uma característica de qualidade semelhante a da pesquisa, garantindo ao estudo uma importância de aplicabilidade futura.

416

**Palavras-chave:** Metodologia de análise e solução de problemas (MASP). Overall Equipment Effectiveness (OEE). Eficiência.

<sup>1</sup>Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

<sup>2</sup>Doutora em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

<sup>3</sup>Doutor em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

<sup>4</sup>Graduanda em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

<sup>5</sup>Graduanda em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

<sup>6</sup>Mestre em Engenharia de Produção, Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE).

<sup>7</sup>Doutorando em Engenharia de Processos, Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE).

**ABSTRACT:** The adoption of improvements in the production environment and the implementation of an adequate management of the entire supply chain are essential for the success of a company. In this sense, the present work consisted of an exploratory research with quantitative and qualitative approaches. The objective of this study is to conduct an analysis with respect to the overall efficiency of an automatic automaker locks through the OEE indicator, in order to draw up an action plan based on the methodology of analysis and troubleshooting (MASP). The procedure was based on a plan of action that took into account the main causes found in the Pareto diagram and the Ishikawa diagram, showing the main reasons machine stop. Importantly, current management methods did not have a quality feature similar to the research, ensuring the study an amount of future applicability.

**Keywords:** Analysis methodology of analysis and solution of problem (MASP). Overall Equipment Effectiveness (OEE). Efficiency.

## 1. INTRODUÇÃO

O cenário econômico atual é marcado pela crise, principalmente no setor de manufatura, e dessa forma, a busca pela redução de custos é um ponto crucial para se adquirir vantagem competitiva em relação aos concorrentes. Assim, a adoção de melhorias no ambiente produtivo e a implantação de uma gestão adequada de toda a cadeia de suprimentos são imprescindíveis para o sucesso de uma empresa. Segundo Gaither e Frazier (2002), para se adquirir sucesso na competição global, as empresas devem atrelar uma melhor combinação entre excepcional qualidade, rapidez na entrega e custos baixos. Com isso, as práticas de medições nos processo de manufatura vêm se tornando comuns.

Grande parte dessa filosofia de administração da produção está atrelada ao Sistema Toyota de Produção (STP) que na concepção de Shingo (2008), o objetivo principal do Sistema Toyota de Produção consiste na identificação e eliminação das perdas e na redução dos custos. Essa garantia de produtividade tem como consequência o aumento dos lucros das organizações.

Diante disso, a gestão da qualidade torna-se um pilar indispensável para as empresas que buscam satisfazer seus clientes da melhor maneira possível e ao mesmo tempo atingir seus objetivos e metas impostos no projeto e desenvolvimento, tendo em vista que, de acordo com Chiavenato (2014), em um contexto de elevada competitividade, atualmente, a produção exige uma convergência de recursos e esforços e, principalmente, a plena utilização das competências organizacionais para oferecer produtos e serviços de alta qualidade a preços competitivos. Diversos são os mecanismos ou ferramentas que os

auxiliam no processo de tomada de decisão, a fim de eliminar perdas no seu sistema de manufatura, entre eles encontram-se o OEE e o MASP.

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), é uma ferramenta que tem como objetivo mensurar o rendimento operacional das máquinas de forma simples para a obtenção de indicadores que darão suporte na tomada de decisão e fornecerão referências para análises de produtividade da organização (NAKAJIMA, 1989). De acordo com Hansen (2006), essa ferramenta passou a ser vista como autônoma no que se refere a medição do real desempenho de um equipamento, por meio do inter-relacionamento de indicadores de disponibilidade, eficiência e qualidade.

Com o intuito de solucionar os problemas decorrentes de falhas no sistema de produção, utilizando indicadores de desempenho como o próprio OEE, a Metodologia de Análise de Solução de Problemas (MASP) irá, de forma sistematizada, encontrar os melhores caminhos para se ter um produto com qualidade e um processo extremamente eficiente através de medidas e planos de ações que visem a otimização do processo como um todo. Essa ferramenta terá como base um conjunto de outras ferramentas da qualidade que irão auxiliar no processo de decisão.

Nessa perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo a implantação da ferramenta OEE em um equipamento de montagem automática de fechadura em uma empresa metalúrgica na cidade de Campina Grande, e em sequência, a utilização da metodologia MASP, a fim de determinar a melhor solução para o problema em estudo.

### **1.1 Referencial Teórico**

#### **1.2 Administração da Produção**

A administração da produção aborda a gestão de recursos destinados à disponibilização de bens e serviços, sendo assim, toda organização possui uma função produção, já que está inteiramente responsável por tal atividade (SLACK, 2009). Dessa forma, a administração da produção irá atingir os sistemas de produção de toda organização que transforma em inputs em outputs, ou seja, bens ou serviços (GAITHER; FRAZIER, 2002).

#### **1.3 Sistema Toyota de Produção**

O sistema de produção desenvolvido por Shigeo Shingo e Taiichi Ohno, o Sistema Toyota de Produção, dispõe de mecanismo e ferramentas que auxiliam desde a Economia

Industrial até os recursos utilizados na Engenharia de Produção. Um dos principais elementos desse sistema é a automação, na qual, acontece o processo de acoplar às máquinas o mecanismo de parada automática ao detectar-se algum defeito no transcorrer da fabricação; permitindo-as assim funcionar autonomamente (independente da supervisão humana direta) sem que se produzissem peças defeituosas (CORIAT 1994)

Dessa forma, o embasamento elementar dessa sistematização é a eliminação total dos desperdícios. O STP é amparado por outros dois pilares fundamentais: o *just-in-time* e a automação e baseia-se em três princípios essenciais: o Mecanismo da Função Produção (MFP); o princípio do não-custo; e análise das perdas nos sistemas produtivos (OHNO 1997 apud CADEO 2013). A prática possui auxílio de métodos e técnicas como o *Just in Time* e *Poka- Yoke*.

## 2. Gestão da Qualidade

A gestão da qualidade em conceito amplo e atual é considerada um fator estratégico para melhoria de competitividade e produtividade (CARPINETTI, 2010). Posto isto, essa é uma filosofia integrada de gerência e um conjunto de práticas que enfatiza a melhoria contínua, a busca pelo atendimento das necessidades do cliente, o pensamento de longo prazo, a eliminação de refugo e retrabalho, envolvimento do trabalhador, trabalho em equipe, novos projetos do processo, benchmarking, análise e solução de problemas e relacionamento forte com os fornecedores (MOREIRA 2011, P. 554).

### 2.1 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas de qualidade têm por objetivo principal auxiliar o processo de melhoria contínua, ou seja: identificação de um problema, das causas fundamentais desse problema, análise da situação visando a eliminação ou minimização dessa causa fundamental, implementação e verificação dos resultados (CARPINETTI, 2010, pág. 75). Existem sete ferramentas gerais da qualidade: Folha de verificação, Diagrama de Pareto, Diagrama de causa e efeito, Fluxograma, Histograma, Diagrama de dispersão e os Gráficos de controle. Algumas dessas ferramentas serão abordadas a seguir.

### 2.2 Folha de Verificação

A folha de verificação é um formulário utilizado para coleta de dados a serem utilizados no processo de melhoria. Segundo Carpinetti (2010), ela é uma coleta de dados

simplificada e organizada, eliminando uma necessidade de rearranjo posterior de dados. A finalidade dessa ferramenta é facilitar a coleta de dados, organizá-los eliminando o arranjo manual e a padronização dos dados coletados. Carpinetti (2010) complementa que existem diferentes tipos de folha de verificação, mas os mais empregados são: verificação para a distribuição de um item de controle de processo, com definição dos limites de especificação e verificação para classificação de defeitos.

### 2.3 Diagrama de Pareto

O princípio de Pareto trata da priorização das atividades, possibilitando a concentração dos esforços de melhoria nas causas significativas. De forma geral, é frequente que 80% dos problemas sejam provocados por cerca de somente 20% das causas potenciais (FLEMMING, 2005). Segundo Carpinetti (2010, pág.82), esse princípio afirma que “entre todas as causas de um problema, poucas são grandes responsáveis pelos efeitos indesejáveis do problema. Logo, se forem identificadas as poucas causas vitais dos poucos problemas vitais enfrentados pela empresa, será possível eliminar quase todas as perdas por meio de um pequeno número de ações [...]”. Esse diagrama é representado por um gráfico de colunas que representam as frequências de ocorrência em uma ordem decrescente de importância.

### 3. Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito tem como intuito representar as relações existentes entre um problema ou o efeito indesejável do resultado de um processo e todas as possíveis causas desse problema, atuando como um guia para a identificação da causa fundamental e para determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas (CARPINETTI, 2010). Sua estrutura é formada por quatro categorias básicas: Método, Máquina, Material e Mão de Obra. Ainda podem ser adotados o Meio ambiente e Medida como fatores complementares, totalizando no que alguns autores chamam de “6M”. Para a construção desse diagrama, é recomendado que seja realizado *brainstorming* com a equipe envolvida.

#### 3.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

De acordo com Hansen (2006), o OEE é amplamente utilizado na manufatura como uma ferramenta para medir o real desempenho dos processos, pois consiste em uma

métrica simples e prática que considera as perdas de produtividade e as agrega em três categorias primárias: a disponibilidade (tempo real de operação versus tempo programado de operação); a taxa de velocidade (taxa de velocidade real versus a taxa de velocidade teórica) e a taxa de qualidade (produtos bons versus total de produtos fabricados), que proporcionam uma análise minuciosa da situação atual dos processos, evidenciando ineficiências ocultas existentes nas operações de processamento. Além disso, vale ressaltar que uma boa coleta de dados é um requisito chave para uma estratégia bem-sucedida do cálculo do OEE (HANSEN, 2006).

No que se refere ao cálculo do OEE, esse ocorre a partir de três componentes principais: a disponibilidade, a eficiência e a qualidade (HANSEN, 2006). O indicador de disponibilidade ou utilização é dado pela relação entre o tempo real de operação e o tempo programado para produzir, descontando-se os tempos de paradas programadas (HANSEN, 2006). Assim:

$$\textit{Disponibilidade} = \frac{\textit{Tempo Real de Operação}}{\textit{Tempo Programado de Operação}}$$

O indicador de velocidade representa a perda percentual pelo fato de o equipamento está operando com velocidade inferior à velocidade ideal especificada (HANSEN, 2006).

Dessa forma:

$$\textit{Velocidade} = \frac{\textit{Tempo de Ciclo Teórico}}{\textit{Tempo de Ciclo Real}}$$

O fator Qualidade é a relação entre a quantidade de produtos bons produzidos e quantidade total de produtos fabricados no período (HANSEN, 2006). Desse modo:

$$\textit{Qualidade} = \frac{\textit{Produção Conforme}}{\textit{Produção Total}}$$

Descontando-se o tempo de produção de peças não conformes do tempo operacional líquido, tem-se o Tempo de Valor Agregado do processo (HANSEN, 2006). Com base nas equações acima, calcula-se a eficácia do processo da seguinte forma:

$$\textit{OEE} = \textit{Disponibilidade} \times \textit{Velocidade} \times \textit{Qualidade}$$

Ainda na concepção de Hansen (2006), o indicador OEE mede o tempo de valor agregado no processo, onde o resultado encontrado deverá ser analisado a partir da seguinte premissa, mostrado na **Tabela 1**:

**Tabela 1** - Classificação e avaliação do OEE saídas

Porcentagem	Avaliação
<65%	Inaceitável
65% - 75%	Aceitável
75% - 85%	Muito bom

Fonte: Adaptado de Hansen (2006).

### 3.2 Metodologia de Análise de Solução de Problemas (MASP)

A aplicação de uma rotina, um procedimento padrão para análise e solução de problemas que contemple comunicação, compartilhamento das informações e experimentação conduz a resultados melhores, eliminando as causas através de ações preventivas (TERNER, 2008, pag.38). De acordo com Palady e Olyan (2002), as metodologias de análise de solução de problemas dividem-se em dois grupos: (i) tentativa e erro e (ii) solução de problema estruturado. A aplicação da tentativa e erro se torna eficaz quando se está próximo da solução, sendo a mesma de fácil compreensão e aplicação, de outro modo, as tentativas e erros levarão a altos consumos de recursos e tempo disponível para uma solução que não será alcançada. É considerável que para a solução de problemas crônicos o mais viável é a abordagem estruturada de solução de problemas.

Este processo de solução de problemas dependerá de diversos meios e ferramentas analíticas, e deverá estar sempre em análise, levando a um ciclo contínuo (CARPINETTI, 2010). O método mais utilizado para análise e solução de problemas encontrados nos processos industriais é o Ciclo *Plan – Do – Check – Act* (PDCA) ou ciclo de Deming. Para Falconi (2004), o ciclo PDCA é um método que tem por objetivo controlar e alcançar resultados eficazes e confiáveis com relação a qualquer atividade de uma organização. Trata-se de um método eficiente de planejar e implantar melhorias no processo. Segundo Carpinetti (2010), o ciclo PDCA compreende quatro etapas principais: planejamento, execução, verificação e ação corretiva.

O método de análise de solução de problemas (MASP) também conhecido como “QC STORY” utiliza o ciclo PDCA com o objetivo de melhorar as diretrizes no processo (FALCONI, 2004). Segundo Carpinetti (2010), o ciclo nesse contexto é tratado para melhorar resultados, então, suas etapas são mais detalhadas e inclui um maior número de fases. **A figura 1** demonstra o Ciclo PDCA para o MASP.

**Figura 1** - Ciclo PDCA para o método MASP



**Fonte:** Adaptado de Falconi (2004).

Cabe ressaltar que o plano de ação obedece a uma metodologia do 5W e 1H, uma metodologia que apresenta perguntas básicas para elaborar um plano de ação eficaz, a fim de atender a todas as lacunas encontradas no processo de análise.

## METODOLOGIA

Segundo Gonçalves e Meireles (2004), a pesquisa exploratória é caracterizada como sendo um processo investigativo que leva à descoberta do problema raiz, ou do problema mais relevante que causa os efeitos indesejáveis. Após essa descoberta inicia-se o processo de análise e proposição de melhorias, com uma metodologia estruturada para solução dos problemas. Nessa perspectiva, o presente artigo possui um caráter exploratório com uma abordagem qualitativa e quantitativa dos dados coletados, classificando-se como uma pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso.

Para realização deste trabalho, foi feita uma pesquisa bibliográfica para levantar informações necessárias a respeito de metodologias e ferramentas necessárias para melhoria contínua e administração da qualidade dentro dos processos produtivos, visando a solução de problemas encontrados no dia a dia das empresas dentro da produção, onde foram constatados que o OEE e o MASP são duas filosofias muito importantes para a análise e solução de problemas. O estudo de caso, por sua vez, obedeceu aos critérios abordados por Gil (2010), sendo: (i) Formulação do problema ou das questões da pesquisa; (ii) Definição das unidades – caso; (iii) Seleção dos casos; (iv) Elaboração do protocolo; (v) Coleta de dados; (vi) Análise e interpretação dos dados e (vii) Redação do relatório.

A coleta de dados foi embasada nas técnicas de OEE e foi realizada através de uma estratificação durante os meses de janeiro de 2021 a setembro de 2021, de um maquinário específico de montagem automática de fechaduras do tipo 930, com o intuito de avaliar os

principais problemas causadores do não atingimento das metas mensais previstas no planejamento e Controle da Produção (PCP). Além disso, foram realizadas entrevistas informais com os funcionários do setor, para entender o processo de produção, os defeitos mais constantes e possíveis sugestões.

Através das informações levantadas, foi realizada uma análise dos dados baseando-se na metodologia de análise de solução de problemas (MASP), sendo feita uma análise quantitativa e qualitativa dos dados, através da utilização das Ferramentas da Qualidade, com o intuito de determinar a solução ótima do problema raiz determinado pelo OEE.

### **3.3 Resultados e Discussões**

#### **4. Descrição da empresa**

A Metalúrgica em que foi realizada a pesquisa foi fundada em 1967 e está localizada na cidade de Campina Grande-PB. Detém de capital nacional e internacional com atuação predominante no mercado nacional de produtos metalúrgicos para construção civil e movelaria. Hoje, com mais de 50 anos de existência, conta com um portfólio com mais de 1.500 itens distribuídos em fechaduras, dobradiças, ferrolhos, trancas, perfis metálicos, cadeados e entre outros produzidos com rigorosos padrões de qualidade impostos pela certificação ISO 9001:2008 e pelos programas de qualidade setoriais como PBQP-h, através de mais alta tecnologia, num dos mais modernos parques fabris do país.

#### **4.1 Setor Montagem automática Fechadura 930**

O setor de Montagem automática da Fechadura 930 é responsável pela montagem dos componentes da Fechadura 930, o produto mais vendido na empresa. Sua importância é extrema, pelo mesmo ser responsável pela etapa final da Fechadura 930 antes de sua embalagem e expedição, sendo assim, seu funcionamento de forma eficaz é um objetivo base para a organização em que foi realizada a pesquisa.

#### **4.2 Fechadura 930**

A fechadura 930 é um dos produtos mais vendidos da empresa em estudo, sendo responsável por cerca de 18% do capital de venda. Ela é um dos produtos base do surgimento da organização, sendo um tipo de fechadura simples, contendo apenas uma variação de 6 segredos diferentes.

### 4.3 Aplicação das Ferramentas

## 5. Planejamento (P)

### 5.1 Identificação do Problema

Como foi citado anteriormente, o setor de montagem automática da Fechadura 930 é responsável por ligar os componentes que são fabricados separadamente, formando o produto final que é a fechadura. Esse produto é um dos mais vendidos na empresa, assim sendo, a empresa trabalha com números de vendas elevados que precisam sempre ser atendidos da melhor forma possível. Portanto, o setor em que se realizou a pesquisa tem função primordial no que se refere ao atingimento das metas de vendas e na satisfação dos clientes que adquirem esse tipo de produto em específico.

De acordo com uma pesquisa feita no setor de PCP, foram determinados alguns dados de produção dispostos na **Tabela 2**.

**Tabela 2** - Dados da produção da montadora automática Fechadura 930

Máquina montadora automática Fechadura 930	
Ciclo	3,4 segundos
Pç/min	17,6 peças
Pç/hora	1059 peças
Meta (8,5)h	9000 peças

**Fonte:** Autores (2021).

De acordo com os dados, o setor conta com uma meta diária de 9000 fechaduras, sendo considerada a capacidade máxima do maquinário. A capacidade de 85% considera níveis de 7600 peças diárias, o que dependendo da demanda, poderá ser um nível desfavorável.

A coleta de dados foi realizada durante 7 meses, de Janeiro de 2021 a Setembro de 2021, mas no mês de junho não foi realizado coleta de dados pelo fato de que o setor não realizou atividades. Os dados foram coletados através da folha de verificação elaborada pelo autor, disposta no Apêndice 1.

O grande problema recorrente no período de análise e coleta de dados encontrados na empresa foi o de que esses níveis de meta diária muitas vezes não eram atingidos, devido a grandes paradas do maquinário, devido a problemas na própria máquina ou até mesmo nos componentes que chegavam ao setor, causando desvios no processo.

Dessa maneira, a utilização do método OEE se tornou necessário para determinar o nível de eficiência real do maquinário estudado durante o período da pesquisa, a fim de obter dados concretos para elaboração do plano MASP. A **Tabela 3** descreve os valores de eficiência mensal de Janeiro a Setembro de 2021 baseados no OEE, levando em consideração a velocidade, qualidade e disponibilidade.

**Tabela 3** - Eficiência do maquinário de Janeiro a Setembro de 2021

MÊS	DIAS DE PRODUÇÃO	VELOCIDADE	QUALIDADE	DISPONIBILIDADE	OEE
Janeiro	23	95,25%	96,97%	100,59%	93,43%
Fevereiro	20	94,48%	95,05%	77,45%	69,78%
Março	22	89,99%	92,60%	69,63%	59,19%
Abril	20	94,02%	95,93%	77,66%	70,40%
Mai	21	92,26%	94,81%	73,91%	64,96%
Junho	-	-	-	-	-
Julho	23	91,23%	94,56%	62,96%	53,69%
Agosto	20	96,00%	96,70%	60,31%	53,55%
Setembro	21	96,55%	94,99%	57,80%	53,75%
<b>TOTAIS</b>	170	93,72%	95,20%	72,54%	<b>64,84%</b>

Fonte: Autores (2021).

É possível observar que com um nível de OEE de 64,84%, ou seja, menor que 65%, e isso se dá principalmente em função do item disponibilidade que alcançou um nível de apenas 72,54%. Logo, é necessária a realização de um estudo aprimorado de gerenciamento no setor a fim de resolver ou mitigar as causas que estão gerando paradas de máquina, impedindo sua disponibilidade de funcionamento.

## 5.2 Observação do Problema

No período de Janeiro até Setembro de 2021 forneceram algumas informações necessárias para determinar a real eficiência do maquinário e observar quais os problemas mais recorrentes no setor que estavam influenciando nessa eficiência abaixo do planejado.

Em princípio foi realizado um *brainstorming* com os colaboradores do setor a fim de determinar o máximo de causas de paradas de máquina possíveis. A **tabela 4** demonstra os defeitos listados e os respectivos códigos.

**Tabela 4** - Motivo de paradas de Máquina

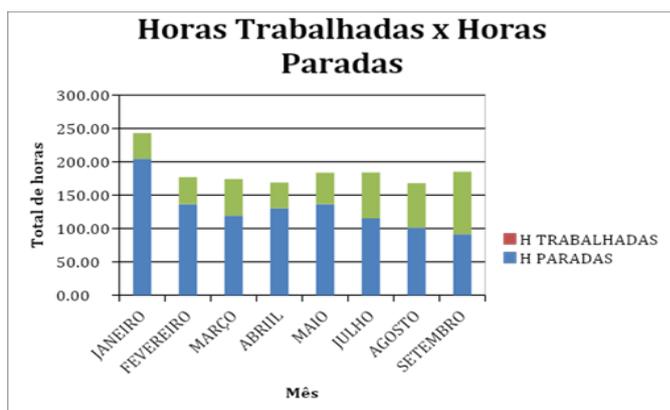
Defeito	Código
Lubrificação	1
Manutenção Elétrica	10

Falta de Material	15
Falta de Operador	20
Preparação de Máquina	30
Manutenção Corretiva	35
Limpeza	40
Falta de Energia	65
Falta de ar comprimido	70
Fora de Programação	90
Desvio de processo	180
Reunião	195
Ginástica Laboral	200

Fonte: Autores (2021).

As paradas de máquina ocasionaram durante o período, perda de tempo ou disponibilidade do maquinário para produção, acarretando em custos altos para a organização. O **Gráfico 1** representa os valores de horas trabalhadas e horas paradas durante os meses da pesquisa, sendo possível observar níveis altos de parada, ocasionando ineficiência do processo.

**Gráfico 1** - Horas trabalhadas X Horas paradas



Fonte: Autores (2021).

Os meses de Julho, Agosto e Setembro foram os que sofreram um maior impacto de horas paradas de máquina, ocasionando atrasos de entrega aos clientes e conseqüentemente perda de vendas. Vale ressaltar que no período em que foi realizado o estudo não ocorreram paradas de máquinas relacionadas a todos os motivos colocados, mas apenas alguns deles tiveram maior frequência e relevância. A **Tabela 5** mostra os problemas que acarretaram em paradas da máquina montadora automática e sua respectiva frequência.

**Tabela 5** - Frequência de ocorrências que geraram parada de máquina

Mês/Código	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Julho	Agosto	Setembro	Total
180	23	20	22	19	21	21	17	17	160
30	19	20	22	18	20	20	16	17	152
35	7	4	8	9	6	6	10	7	57
70	5	0	2	3	3	3	0	1	17
195	4	5	0	2	3	5	4	5	28
200	3	6	0	0	7	6	7	8	37
40	3	3	4	3	4	5	2	3	27
65	2	1	1	0	1	0	0	0	5
15	0	0	0	0	0	0	0	3	3
90	0	0	0	1	0	6	0	7	14

Fonte: Autores (2021).

A **Tabela 6** representa o percentual de representação desses motivos mensalmente, com relação a sua frequência percentual.

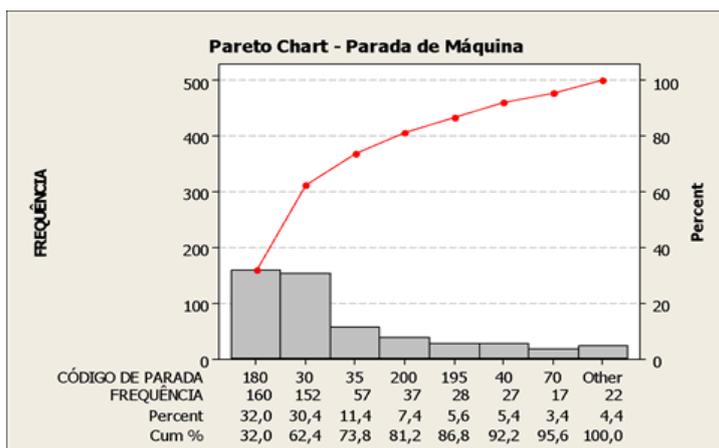
**Tabela 6** - Frequência percentual mensal dos motivos de parada

Código	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Julho	Agosto	Setembro
180	34%	33%	37%	35%	32%	26%	27%	32%
30	28%	33%	37%	33%	31%	25%	25%	31%
35	10%	7%	14%	16%	9%	7%	16%	9%
70	7%	0%	3%	5%	5%	4%	0%	5%
195	7%	11%	0%	4%	5%	17%	19%	5%
200	4%	10%	0%	0%	11%	7%	11%	11%
40	4%	5%	7%	5%	6%	6%	3%	6%
65	3%	2%	2%	0%	2%	0%	0%	2%
15	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
90	0%	0%	0%	2%	0%	7%	0%	0%

Fonte: Autores (2021).

Essas horas paradas se deram pelos respectivos motivos de parada de máquina citados acima. Durante o período da pesquisa, é possível identificar algumas ocorrências que ocorreram com maior frequência. Para determinar quais as causas que representam 80% do problema em questão, foi desenvolvido o diagrama de Pareto, apresentado no **Gráfico 2** a seguir.

**Gráfico 2** - Diagrama de Pareto: Parada da máquina montadora automática



Fonte: Autores (2021).

Com base no diagrama de Pareto, é possível identificar que os códigos 180, 30, 35 e 200, que representam respectivamente desvios no processo, preparação de máquina, manutenção corretiva e ginástica laboral. Esses demonstram serem as causas que representam 80 % do motivo de parada da máquina automática montadora de fechaduras 930, logo, deverão ser priorizados no processo de solução, através do plano de ação. Vale destacar que os outros motivos deverão também ser solucionados, mas antes as causas principais deverão ser resolvidas.

### 5.3 Estratificação dos dados para o cálculo do OEE

Para determinar a eficiência do maquinário em que foi realizado o estudo, foram levantados dados com relação à produção real e nominal, número de produtos defeituosos, horas trabalhadas e horas programadas, tempos de ciclo real e nominal. Essas informações foram necessárias para o cálculo da velocidade do maquinário, a qualidade dos produtos que ela fabricou e a sua disponibilidade de trabalho.

O tempo de Ciclo nominal da máquina é de 3,4 segundos, ou seja, esse é o tempo para se montar uma fechadura 930. A Tabela 7 a seguir mostra o tempo de ciclo médio real mensal com base nos valores de produção real e tempo trabalhado durante os meses de pesquisa.

Tabela 7 - Tempo de ciclo real e nominal da máquina

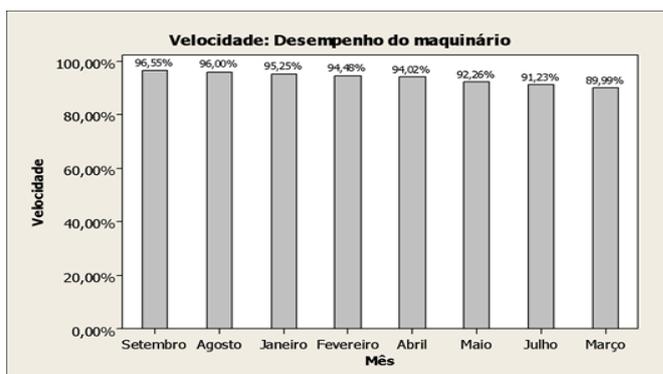
Mês	Tempo de Ciclo nominal(s)	Tempo de ciclo Real(s)
Setembro	3,40	3,52
Agosto	3,40	3,54
Janeiro	3,40	3,57
Fevereiro	3,40	3,6
Abril	3,40	3,62

<b>Maio</b>	3,40	3,69
<b>Julho</b>	3,40	3,79
<b>Março</b>	3,40	3,98

Fonte: Autores (2021).

O Gráfico 3 representa, em Pareto, os níveis de velocidade da máquina, representando o seu desempenho real. É possível observar que os meses de Maio, Julho e Março tiveram os maiores índices de perda de velocidade.

Gráfico 3 - Velocidade mensal da máquina montadora automática



Fonte: Autores (2021).

Os níveis de produção real e número de produtos defeituosos foram necessários para determinar o nível de qualidade mensal do maquinário. A Tabela 8 apresenta os níveis mensais de produtos fabricados e produtos defeituosos.

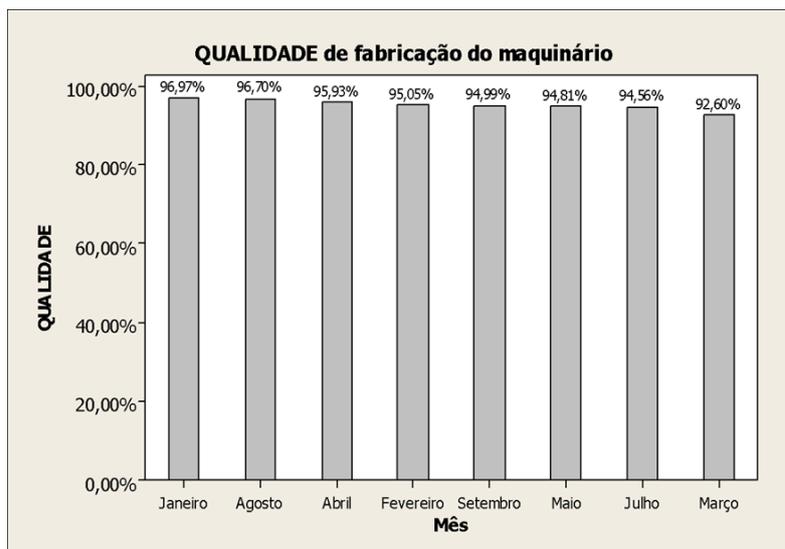
Tabela 8 - Taxa de Produtos conformes e não conformes

Mês	Produtos Conformes	Produtos Defeituosos
<b>Janeiro</b>	206943,00	6258
<b>Fevereiro</b>	137037,00	6897
<b>Março</b>	130081,00	9261
<b>Abril</b>	130212,00	5491
<b>Maio</b>	133900,00	7042
<b>Julho</b>	110058,00	5916
<b>Agosto</b>	103477,00	3283
<b>Setembro</b>	94054,00	4128

Fonte: Autores (2021).

A partir desses dados, foi possível determinar os níveis de qualidade mensal do maquinário. Estes estão abordados no Gráfico 4. É possível observar que os meses de Maio, Julho e Março obtiveram os menores índices.

**Gráfico 4 - Taxa mensal de qualidade do maquinário**



Fonte: Autores (2021).

Os níveis de horas trabalhadas e horas paradas serviram para determinar a disponibilidade do maquinário frente ao processo produtivo. Esse fator se tornou relevante por tratar-se do item que sofreu maior impacto de redução, devido aos altos índices de paradas de máquina. A tabela 9 apresenta de forma sucinta os valores mensais de horas trabalhadas e horas paradas no setor de montagem automática da fechadura 930.

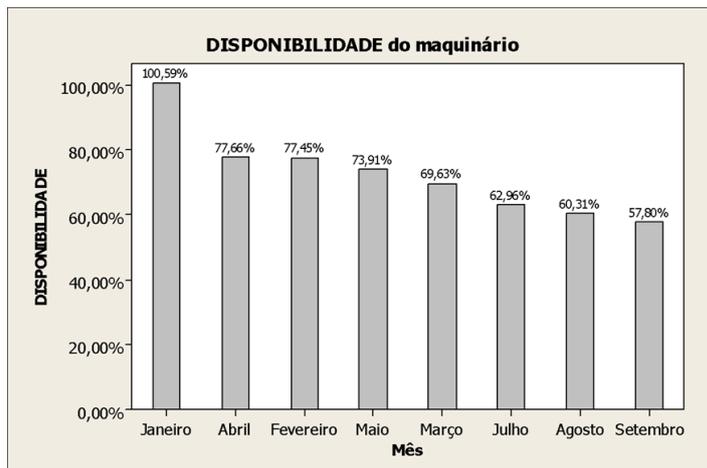
**Tabela 9 - Número de horas trabalhadas e horas paradas no setor de montagem da fechadura 930**

Mês	Horas trabalhadas	Horas Paradas
Janeiro	204,50	38,6
Fevereiro	136,70	40,3
Março	135,20	54,8
Abril	130,40	38,6
Maio	136,72	47
Julho	115,32	68,68
Agosto	101,43	66,57
Setembro	91,47	93,53

Fonte: Autores (2021).

Com esses valores, foi possível determinar a taxa mensal de disponibilidade do maquinário. O Gráfico 5 apresenta através de Pareto os valores obtidos para disponibilidade mensal.

**Gráfico 5 - Taxa de disponibilidade do maquinário**



**Fonte:** Autores (2021).

Os índices de disponibilidade apresentam valores muito abaixo do esperado, sendo os meses de Maio, Março, Julho, Agosto e Setembro os mais críticos, com níveis abaixo dos 75%, considerados inaceitáveis diante a metodologia do OEE. Por essa razão que o plano de ação terá como base investigar e propor uma solução ótima que minimize esses níveis de parada, a fim de aumentar a disponibilidade do maquinário, o que consequentemente aumentará os níveis de eficiência da máquina, calculada em 64,84% de acordo com os dados de velocidade, qualidade e disponibilidade.

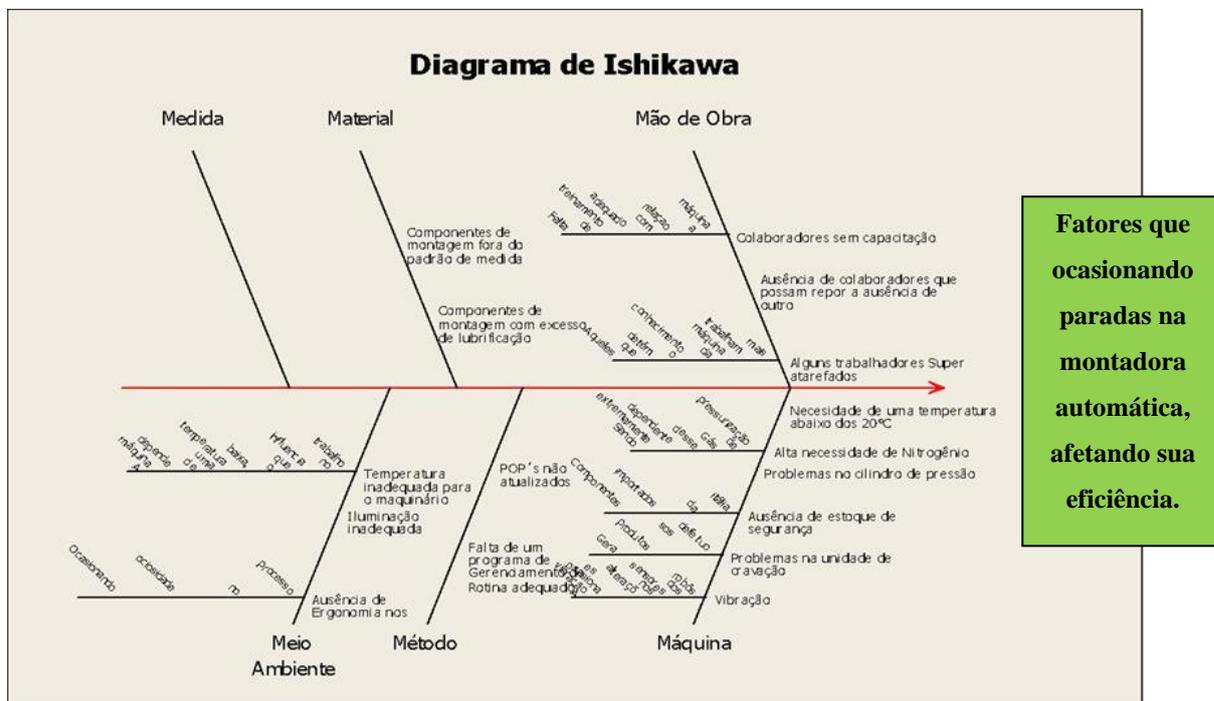
## 6. Análise das Causas

A fim de se ter uma investigação concreta a respeito dos principais motivos que estariam minimizando a eficiência da montadora automática da fechadura 930, foi implantado no setor uma folha de verificação (apêndice 1) para que os colaboradores descrevessem dados a respeito das paradas de máquina, suas causas ou motivos e quais ações tomadas para que o maquinário retomasse seu funcionamento. Os dados foram coletados no intervalo de 05/01/2021 à 30/09/2021.

Essa metodologia se fez importante para que se desenvolvesse o Diagrama de Ishikawa, com o objetivo de levantar as principais causas que estariam afetando direto e indiretamente à eficiência do maquinário. O diagrama de Pareto, mostrado no Gráfico 2 acima, serviu para que se observasse a frequência dos principais motivos que estariam gerando as paradas de máquina. Essas ferramentas serviram de base para construção do plano de ação, que visa eliminar essas anomalias e aumentar a eficiência no processo. A

Figura 22 representa o Diagrama de Ishikawa, baseado na metodologia dos 6M, contendo as causas principais e secundárias do problema de baixa eficiência da montadora automática da fechadura 930.

Figura 2 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autores (2021).

É possível observar que no diagrama de Ishikawa, as causas principais que afetam a eficiência do maquinário estão relacionadas à mão de obra e a máquina. O diagrama de Pareto mostra quais as causas principais que representam 80% dos problemas, sendo elas: (i) desvios no processo, (ii) preparação de máquina, (iii) manutenção corretiva e (iv) ginástica laboral. O primeiro e o terceiro estão relacionados diretamente ao maquinário e indiretamente a mão de obra, já o segundo e o quarto estão relacionados diretamente a mão de obra e indiretamente ao maquinário.

### 6.1 Plano de ação

O plano de ação foi elaborado com base na análise das causas principais que afetam a eficiência da montadora automática em estudo. Foram designadas ações referentes aos setores de produção e manutenção que possam otimizar o processamento no setor de montagem automática da fechadura 930.

O plano contempla um esquema de informações contendo quais atividades serão realizadas, o objetivo dessas atividades, o responsável, o prazo de finalização da atividade, os pontos importantes dela, o local onde será feito e o controle adequado da mesma. A Tabela 10 apresenta o plano de ação elaborado através da metodologia de solução de problemas.

Tabela 17 - Plano de ação: Aumentar a eficiência da montadora automática de fechadura 930

PLANO DE AÇÃO - Aumentar a eficiência no setor de montagem automática da fechadura 930						
Atividade (O que)	Objetivo (Por que)	Responsável (Quem)	Prazo (Quando)	Pontos Importantes (Como)	Local (onde)	Controle da Atividade
1- Implantar um sistema de Controle de Estatístico de Qualidade.	Eliminar os desvios existentes no processo devido à fabricação de componentes com dimensões fora de padrão do projeto.	Produção	Até o dia 15 de janeiro de 2022	Implantar um sistema de controle estatístico de qualidade com base no projeto da fechadura, e as dimensões ideais de cada componente em específico.	Estamparia e Injetoras	O responsável pela atividade deverá realizar um planejamento adequado para a implantação no prazo estabelecido.
2- Realizar manutenções preventivas no maquinário	Eliminar paradas de máquina devido à quebra de componentes da máquina devido à ausência de revisões periódicas.	Manutenção	Até o dia 10 de dezembro de 2021	Buscar os históricos de manutenções corretivas para criar a folha da máquina e determinar os tempos para as revisões preventivas na máquina.	Montagem automática	O responsável pela atividade deverá realizar um planejamento adequado para a implantação no prazo estabelecido.
3- Compra de Estoque de segurança dos componentes mais importantes do maquinário	Eliminar paradas de máquina devido à demora na compra de componentes novos durante o processo de manutenção corretiva.	Produção	Até o dia 01 de setembro de 2021	Buscar os componentes que possuem um prazo de depreciação menor, para que se possa fazer um levantamento de estoque mínimo de segurança e realizar a compra.	Montagem automática	O responsável pela atividade deverá realizar um planejamento adequado para a implantação no prazo estabelecido.
4- Compra e armazenagem de Nitrogênio	Componente importante que faz a movimentação dos braços robóticos, sua falta ocasiona parada de máquina e quebra dos cilindros de pressão.	Produção	Até o dia 01 de setembro de 2021	Fazer um levantamento para realizar a compra de Nitrogênio necessário para o funcionamento perfeito da máquina.	Montagem automática	O responsável pela atividade deverá realizar um planejamento adequado para a implantação no prazo estabelecido
5- Treinamento avançado dos colaboradores	Promover multidisciplinaridade, para que todos possam	Produção	Até o dia 15 de Agosto de 2021	Realizar um treinamento com todos os colaboradores do	Montagem automática	O responsável pela atividade deverá realizar um

do setor	realizar todas as atividades no setor com eficácia, através de rodízios e distribuição do trabalho.			setor, explicando processos, funcionamento da máquina e o que fazer em caso de manutenção.		planejamento adequado para a implantação no prazo estabelecido
6- Compra de um ar condicionado com maior potência para o setor	A máquina necessita de uma temperatura baixa para um funcionamento eficaz. O atual ar condicionado não oferece uma temperatura ideal para o funcionamento durante todos os turnos.	Produção	Até o dia 15 de setembro de 2021	Análise de dimensão do setor e as trocas de calor existentes para a compra de um ar condicionado ideal que mantenha a temperatura abaixo de 20°C	Montagem automática	O responsável pela atividade deverá realizar um planejamento adequado para a implantação no prazo estabelecido
7- Estudos de tempos e movimentos	Implantar um POP adequado e atualizado no setor	Produção	Até 30 de agosto de 2021	Realizar uma coleta de dados de tempos e movimentos e criar um POP para o setor.	Montagem automática	O responsável pela atividade deverá realizar um planejamento adequado para a implantação no prazo estabelecido.
8- Realocação dos colaboradores na ginástica laboral	Realocar os colaboradores na ginástica laboral com o intuito de fazer um rodízio, para que o setor não tenha que parar por causa dessa atividade.	Produção	Até 30 de maio de 2021	Realizar uma divisão para que apenas um colaborador por vez no setor realize a ginástica laboral	Montagem automática	O responsável pela atividade deverá realizar um planejamento adequado para a implantação no prazo estabelecido.
9- Gestão de controle de lubrificação dos componentes	Eliminar parada de máquina devido a componentes com excesso de óleo, que ocasionam quebra do maquinário e geração de produtos defeituosos.	Produção	Até janeiro de 2022	Realizar um estudo para determinar a lubrificação ideal dos componentes que vão para o setor de montagem automática da fechadura 930	Estamparia	O responsável pela atividade deverá realizar um planejamento adequado para a implantação no prazo estabelecido.
10- Preparação de um piso adequado à máquina, através de chapas absorvedoras de impacto.	Diminuir ao máximo a vibração, que causa quebra dos sensores robóticos do maquinário.	Produção	Até Junho de 2021	Realizar uma análise para determinar a vibração existente no maquinário para escolher um tipo de piso ideal para mitigar essa vibração	Montagem automática	O responsável pela atividade deverá realizar um planejamento adequado para a implantação no prazo estabelecido.

Fonte: Autores (2021).

## 6.2 O fazer (D), o verificar (C) e o agir (A)

O processo de execução, checagem e padronização do plano de ação não foi possível realizar. Isso ocorreu pelo fato de que o procedimento de amostragem dos dados ter sido realizada durante o período de estágio supervisionado, dos meses de Janeiro a Setembro de 2021. Como a política da empresa não aceita a entrada de pessoas fora do corpo de funcionários, não foi possível realizar todas as etapas da metodologia MASP.

Apesar disso, o plano de ação foi elaborado baseando-se em ações que procurem aumentar a eficiência no setor, através de atividades que minimizem ao máximo as paradas de máquina, garantindo seu alto desempenho. Acredita-se que o processo de implementação dessas atividades irá gerar um aumento considerável de rendimento no setor, e cabendo assim, aos gestores, desempenharem um papel de fiscalização e padronização do plano de ação.

O processo de verificação não foi realizado justamente por depender do processo anterior, o da execução. De maneira semelhante o processo de agir depende da verificação e conseqüentemente também não foi posto em prática.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa retratou a relevância existente em avaliar o nível de eficiência dos maquinários nas empresas nos dias de hoje. Isso se procede no fato que os processos de transformação de bens e serviços estão cada vez mais automatizados, gerando a necessidade de se buscar meios mais eficientes para otimizar processos. O OEE apresenta uma estrutura concreta de avaliação de maquinários, através de uma análise percentual de três componentes que em conjunto determinam o seu nível de eficiência global.

A metodologia de soluções de problemas MASP, mostrou desempenhar um papel importante no que se refere à tomada de decisão. O MASP utiliza de estratégias eficientes com o objetivo de garantir a qualidade do processo ou produto estudado, através de um ciclo de melhoria contínua. O seu planejamento engloba todos os colaboradores do setor ou organização, a fim de aprimorar conhecimentos e práticas a respeito das atividades executadas no setor.

A busca de conhecimento do processo de fabricação no setor de montagem automática da fechadura 930 serviu de base para coleta de dados para determinação dos indicadores de análise sob o ponto de vista da velocidade do equipamento, da qualidade dos

produtos que o equipamento fabricava e da disponibilidade que esse equipamento tinha para com o setor. Sendo possível determinar a taxa de OEE que o maquinário em estudo estava apresentando.

Para se ter conhecimento dos principais problemas que estavam afetando as paradas de máquina, se determinou a metodologia MASP para solução de problemas. A utilização de diagramas como o de Pareto e de Ishikawa foram importantes para se ter noção do que deveria ser feito para atingir o objetivo principal do trabalho, e propor melhorias que pudessem otimizar o setor de montagem automática.

Durante a coleta de dados, ficou evidenciada a necessidade de se aplicar conceitos de manufatura enxuta, através de melhorias de qualidade e gerenciamento baseados na metodologia MASP. Pode-se perceber que a maneira em que se realiza o gerenciamento no setor é baseada em metodologias menos eficazes, trazendo danos ao próprio setor.

A aplicação do estudo mostrou impactos positivos, caso todas as ações realmente fossem implantadas, podendo elevar a eficiência do setor e adquirindo resultados satisfatórios. Apesar de existir uma dificuldade de aceitação por parte da organização, o trabalho será levado junto à gerência para que se possa realizar uma análise das possíveis ações que podem ser feitas.

O trabalho apresentou algumas limitações de aplicabilidade, sendo apenas possível completar o processo de planejamento do plano de ação. A parte da execução do plano de ação não pôde ser realizada pelo fato de que o autor da pesquisa não faz mais parte do corpo de funcionários da empresa. Apesar disso, os conhecimentos adquiridos durante a coleta de dados como também na elaboração da pesquisa científica irão ajudar em possíveis desafios futuros.

## REFERÊNCIAS

CADEO, G. M. **Conceitos do Sistema Toyota de Produção em uma fábrica de calçados para redução de perdas: um estudo de caso.** ENEGEP. Anais, págs 4 e 5. 2013

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas.** 2010. São Paulo. Editora Atlas.

CHIAVENATO, I. **Gestão Produção: uma abordagem introdutória.** Barueri: Manole, 2014.

CORIAT, Benjamin. **Pensar pelo Averso: O Modelo Japonês de Trabalho e Organização.** Tradução Emerson S. da Silva, Rio de Janeiro: Revan; Ed. da UFRJ, 1994.

FLEMMING, D. A. **Seis sigma: um estudo aplicado ao setor eletrônico**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. 2005.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. (2002). **Administração da Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

GONÇALVES, Carlos Alberto; MEIRELES, Anthero de Moraes. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo; Atlas, 2004.

HANSEN, R. **Eficiência Global dos Equipamentos: Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MOREIRA, D. **Administração da Produção e Operações**. 2 edição, 2011. São Paulo. Editora Cengage Learning.

NAKAJIMA, S. *TPM Development Program: Implementing Total Productive maintenance*. Cambridge: Productivity Press, 1989.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Artmed, Reimpressão 2008.

SLACK, N. **Administração da Produção**. 3 edição, 2009. São Paulo. Editora Atlas.

TERNER, G. L. **Avaliação da Aplicação dos Métodos de Análise e Solução de Problemas em uma Empresa Metal-Mecânica**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Pós Graduação em Engenharia de Produção. 2008.