

CLEITON SILVA TRAVASSOS

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE E  
SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA CÉLULA DE MONTAGEM EM UMA  
INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**

São Paulo

2011

CLEITON SILVA TRAVASSOS

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE E  
SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA CÉLULA DE MONTAGEM EM UMA  
INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo para obtenção do certificado de  
Especialista em Gestão e Engenharia da  
Qualidade – MBA / USP.

486

Orientador:

Profº. Dr. Adherbal Caminada Netto

São Paulo

2011

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo PDCA, (Calegare 2005)	30
Figura 2 – Gráfico de Pareto exemplificando dados de produtividade de um determinado grupo de máquinas, fonte própria	31
Figura 3 - Exemplo de formulário usado para estratificação de dados, fonte própria	32
Figura 4 - Exemplo de formulário usado para verificação do problema, fonte própria	32
Figura 5 – Diagrama de Causa e Efeito adaptado de Calegari, 2004	33
Figura 6 – Política da Qualidade	35
Figura 7 – Fluxograma de processo de fabricação de coxim de motor, fonte própria	35
Figura 8 – Equipamentos utilizados na produção de coxim de motor, fonte própria	35
Figura 9 – Coxim de motor semi montado, fonte própria	36
Figura 10 – Coxim de motor montado, fonte própria	37
Figura 11 – Porcentagem de peças reprovadas por dia, fonte própria	40
Figura 12 – Porcentagem de peças reprovadas por turno, fonte própria	40
Figura 13 – Diagrama de Causa e Efeito para problema de refugo na montagem, fonte própria	44
Figura 14 – Instrução de montagem de coxim completo, fonte própria	48
Figura 15 - Porcentagem de peças reprovadas por turno após ações tomadas, fonte própria	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Método de Solução de Problemas - QC Story, Falconi, 2004	21
Tabela 2 – Processo de Identificação, Falconi, 2004	22
Tabela 3 – Processo de Observação, Falconi, 2004	23
Tabela 4 – Processo de Análise, Falconi, 2004	24
Tabela 5 – Processo de Plano de ação, Falconi, 2004	25
Tabela 6 – Processo de Execução, Falconi, 2004	26
Tabela 7 – Processo de Verificação, Falconi, 2004	27
Tabela 8 – Processo de Padronização, Falconi, 2004	28
Tabela 9 – Processo de Conclusão, Falconi, 2004	29
Tabela 10- Coleta de dados de peças reprovadas, fonte própria	39
Tabela 11 - Porcentagem de peças reprovadas por turno, fonte própria	41
Tabela 12 – Plano de ações para alto índice de refugo, fonte própria	46
Tabela 13 – Plano de ação - Acompanhamento das ações, fonte própria	47
Tabela 14 – Comparação do processo de montagem nos três turnos, fonte própria	49
Tabela 15 – Coleta de dados após a conclusão das ações, fonte própria	51
Tabela 16 – Porcentagem de peças reprovadas por turno antes das ações, fonte própria	53
Tabela 17 - Porcentagem de peças reprovadas por turno após ações tomadas, fonte própria	54

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

DOE	- Delineamento de Experimentos
GM	- General Motors
ISO	- International Organization for Standardization
MASP	- Metodologia e Análise de Solução de Problemas
PDCA	- Plan, Do, Check e Action
QC-Story	- Quality Control Story
TQC	- Total Quality Control
TS	- Technical Specification
VW	- Volkswagen
8D	- Metodologia das 8 Disciplinas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	Considerações iniciais	13
1.2	Objetivo do trabalho	14
1.3	Metodologia	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>16</b>
2.1	Os custos da qualidade	16
2.1.1	Custos de prevenção	16
2.1.2	Custos de avaliação	16
2.1.3	Custos da falha	17
2.1.3.1	Custo das falhas internas	17
2.1.3.2	Custos das falhas externas	17
2.1.4	Planejamento do Sistema de Custos da Qualidade	17
2.2	Metodologia e Análise de Solução de Problemas – MASP	18
2.3	O método das 8 Disciplinas – 8D	18
2.4	Método e solução de problemas QC Story	20
2.5	PDCA e as ferramentas da qualidade	30
2.5.1	PDCA	30
2.5.2	Ferramentas da Qualidade	31
2.5.2.1	Gráfico de Pareto	31
2.5.2.2	Estratificação	31
2.5.2.3	Folha de Verificação	32
2.5.2.4	Diagrama de Causa e efeito	33
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>34</b>
3.1	A empresa	34
3.2	Descrição do processo de fabricação de coxim de motor	35
3.3	Considerações iniciais sobre o problema	37
3.4	Desenvolvimento do estudo de caso	38
<b>4</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>54</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>55</b>

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha  
esposa e à minha filha,  
Magna e Jaqueline

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por mais esta oportunidade de aprendizado e convívio com pessoas que tem o dom do ensino.

Agradeço aos professores do PECE, especificamente aos que lecionam no curso de MBA em Gestão e Engenharia da Qualidade.

Agradeço a minha família pelo apoio e compreensão na condução dos meus estudos para minha evolução profissional.

Ao engenheiro Júlio C. O. Maciel que por longas horas me ajudou no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Dr. Adherbal Caminada Netto que além de orientador desta monografia me ensinou muito sobre o pensamento da qualidade.

Aos alunos do curso de MBA Gestão e Engenharia da Qualidade que compartilharam seus conhecimentos e experiências comigo, em especial aos amigos Evandro Dias de Melo, Fabio de Souza, Gisele Dalvechio e Reinaldo Mariano.



A transformação somente poderá ser obtida pelas pessoas, não por máquinas (computadores, aparelhos, automação, maquinário novo).

Nenhuma organização pode comprar sua rota para a qualidade.

*W. Edwards Deming*

## **RESUMO**

Este presente trabalho pretende demonstrar a aplicação na prática de uma valiosa ferramenta para análise e solução de problemas, o MASP.

Uma breve revisão da literatura dos estudos sobre esta metodologia também estão inseridos neste trabalho com o intuito de introduzir o tema com uma abordagem desenvolvida por especialistas no assunto como, por exemplo, Vicente Falconi de Campos.

O estudo de caso da aplicação da metodologia e análise e solução de problemas foi desenvolvido em uma empresa do setor de auto peças, da área de metal borracha.

Por fim, também será apresentado os resultados após a implementação desta metodologia e a redução do índice de peças reprovadas na empresa validando a teoria na prática. Por outro lado, dependendo do problema de que se deseja eliminar, convém à aplicação de ferramentas e metodologias mais específicas.

Palavras Chave: MASP, Análise e Solução de Problemas e Ferramentas da Qualidade.

## **ABSTRACT**

This present work aims to demonstrate the practical application of a valuable tool for problem solving analyzing, the MASP.

A brief literature review of studies on this methodology are also included in this study aiming to introduce the subject with an approach developed by subject matter experts such as: Vicente Falconi de Campos.

The methodology case study application and analysis of problem solving was developed in a auto parts company , specifically in the metal rubber area.

Finally, the results will be presented after the implementation of this methodology and the reduction of number reproved parts in the company, validating the theory in practice. On the other hand, depending on the problem that you wish to eliminate, it have to apply of tools and methodologies specifics.

Key Word: MASP, Problem Solving Analyzing and Quality Tools.

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Considerações iniciais**

Com a globalização, a competição criada entre as empresas cresceu enormemente tornando a qualidade objeto de grande preocupação e desejo dos líderes empresariais para se manter na liderança do mercado e aumentar cada vez mais seu *market share* (participação no mercado).

Segundo Slack (2010) há uma crescente consciência de que bens e serviços de alta qualidade podem dar a uma organização considerável vantagem competitiva. Boa qualidade reduz custos de retrabalho, refugo e devoluções e, mais importante, boa qualidade gera consumidores satisfeitos.

O aumento do nível de qualidade de produtos ou serviços faz com que as empresas mantenham sua lucratividade e garantam sua competitividade ano após ano, porém, a qualidade deve estar vinculada à sua estratégia, não apenas no nível operacional.

Segundo Hitt (2010), obtém-se competitividade estratégica quando uma empresa consegue formular e implantar com sucesso uma estratégia de criação de valor.

Este trabalho apresenta o passo a passo para utilização da Metodologia e Análise e Solução de Problemas proposto por Vicente Falconi, o método QC-Story (2004), em um processo produtivo.

Os resultados alcançados após sua implementação, no entanto, não se restringem somente à aplicação da metodologia, mas também a importância das pessoas no processo de solução de problemas e contribuição com a qualidade total e satisfação dos clientes.

## **1.2 Objetivo do trabalho**

A forte cobrança exigida por montadoras e consecutivamente a grande concorrência no mercado de auto peças em termos de qualidade dos produtos traz a necessidade de diminuir o índice de refugo em uma indústria do setor de autopeças, fabricante de coxins e buchas de suspensão para as montadoras de veículos no Brasil e no exterior.

Desta forma têm-se como objetivos do presente trabalho:

- A- Empregar metodologias consagradas para Análise e Solução de Problemas;
- B- Aplicar as ferramentas da qualidade em busca da identificação da causa raiz;
- C- Trabalhar com uma equipe multidisciplinar na utilização desta metodologia.

A aplicação deste trabalho será em um processo produtivo; este processo consiste na união de componentes através de parafuso e porca, na qual será aplicado um torque especificado em uma máquina (torqueadeira) eletrônica. Ao final deste processo temos uma peça chamada o coxim já montado que será embalada e enviado ao cliente.

Os componentes utilizados para montar o coxim acabado são:

- Um suporte metálico;
- Um “braço” fundido;
- Um amortecedor de borracha;
- Um coxim vulcanizado (componente metálico e parafuso + borracha);
- Arruela e
- Porca

### **1.3 Metodologia**

O início deste trabalho se deu com a revisão da literatura específica sobre Metodologia e Análise de Solução de Problemas, custos da qualidade e ferramentas da qualidade envolvendo várias bibliografias estudadas sobre o tema abordado e por fim a concretização de um estudo de caso aplicado em uma célula de montagem de coxim de motor para indústria automotiva.

Este presente trabalho foi organizado de forma a aplicar todo o conhecimento adquirido com a teoria pesquisada sobre a Metodologia e Análise de Solução de Problemas.

As principais etapas deste trabalho estão divididas da seguinte maneira:

- Revisão da literatura;
- Estudo de caso;
- Resultados e sugestões para trabalhos futuros.

No desenvolvimento do estudo de caso foram aplicadas as ferramentas da qualidade, mais especificamente, Diagrama de Causa e Efeito, Gráfico de Pareto, Estratificação, *Brainstorming* (Tempestade de idéias) e o MASP.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Os custos da qualidade**

Segundo Garvin (1997), os custos da qualidade são definidos como quaisquer despesas de fabricação ou de serviço que ultrapassem as que teriam havido se o produto tivesse feito ou o serviço tivesse sido prestado com perfeição da primeira vez.

Conforme Silva e Olindo Filho (2004), afirmam que o custo da qualidade representa a quantia em dinheiro gasta pela adoção da função qualidade ou o custo gerado pela não qualidade, que é um eficiente meio para detectar falhas e desperdícios nos processos produtivos e de informações, na busca da melhor produtividade, maior competitividade, com impacto positivo na lucratividade.

Um dos controles importantes para um bom gerenciamento da qualidade é ter o domínio dos custos da qualidade exercido sobre seus produtos e serviços. O domínio destes custos proporciona maior competitividade da empresa em relação aos seus concorrentes.

De acordo com Rotondaro (2011), os custos da qualidade são o total de custos incorridos em:

#### **2.1.1 Custos de Prevenção**

São custos associados com as ações tomadas para garantir que o processo forneça produtos e serviços com qualidade. Esses custos são incorridos antes que os produtos ou serviços sejam fornecidos.

#### **2.1.2 Custos de Avaliação**

São todos os custos associados com a medição do nível de qualidade obtido pelo sistema. Inclui todas as atividades que compreendem a condução de inspeções, testes e outras avaliações planejadas usadas para determinar se os produtos e serviços estão em conformidade aos requisitos. Eles usualmente são incorridos depois que um processo é completado e são por natureza retrospectivos.

### **2.1.3 Custos da Falha**

São todos os custos incorridos na correção da qualidade de produtos e serviços. Os custos de falhas podem ser subdividido em custos de falhas internas e custos das falhas externas.

#### **2.1.3.1 Custos das falhas internas**

São os custos associados com a correção ou troca de produtos com defeitos, antes que eles sejam entregues ao cliente. Tipicamente, as falhas internas ocorrem durante o processo de desenvolvimento do produto ou serviço.

#### **2.1.3.2 Custos das Falhas Externas**

São identificados depois que os produtos ou serviços com defeitos foram entregues ao cliente, que são geralmente descobertos pelos clientes. Falhas externas são mais custosas para a organização do que as falhas internas. As falhas externas devem ter alta prioridade quando causam custos adicionais ao cliente, pois afetam futura decisão de compra.

### **2.1.4 Planejamento do Sistema de Custos da Qualidade**

Para planejar o sistema de custos da qualidade devem ser levados em consideração os seguintes princípios conforme Robles (1994).

- a) Todas as áreas da empresa apresentam problemas;
- b) Em todas as áreas da empresa existem pessoas e equipamentos voltados para a garantia da qualidade de atividades próprias ou de atividades de outras áreas;
- c) Os sistemas contábeis tradicionais não captam todas as atividades de garantia da qualidade;
- d) Quando há captação parcial, não há comunicação adequada, metódicas, e sistemáticas para tomada de decisões;
- e) Sistemas de custos da qualidade tornam-se viável dentro de um contexto dentro de um sistema de contabilidade por atividade que possibilite a gestão estratégica de custos.



## **2.2 Metodologia e Análise de Solução de Problemas - MASP**

Segundo Oliveira (2008), o MASP (Metodologia e análise e solução de Problemas) é um método fundamental no *Total Quality Control* (Controle de Qualidade Total) como suporte à tomada de decisões gerenciais. O método é baseado numa sequência lógica e racional de análise do processo sempre calçada em dados e fatos, objetivando a determinação das causas que levam um processo a apresentar resultados indesejáveis, a fim de bloqueá-las.

O método MASP deve ser utilizado em duas situações, Oliveira (2008):

- Na manutenção dos níveis de controle dos processos (manutenção da qualidade) ou seja, análise de causas crônicas dos processos responsáveis pelos desvios dos valores apresentados pelos itens de controle.
- Na melhoria dos níveis de controle dos processos (melhoria da qualidade) ou seja, análise das causas visando redirecionar o processo, alterando a faixa de valores dos itens de controle.

## **2.3 O Método das 8 Disciplinas – 8D**

Segundo Paris (2003), o método das 8 disciplinas foi idealizada pela Ford Motors para resolução de problemas quando a causa é desconhecida.

O processo de solução de problemas no método 8D consiste em uma sequência de fases, que deverão ser seguidas a partir do momento que o problema se torne evidentes. Essas fases (quando executadas corretamente) permitem que o problema seja resolvido no mais curto espaço de tempo. Esta metodologia, baseada em fatos, permite que todo o processo de planejamento, de decisão e de resolução de problema seja efetivamente resolvido.

As oito fases do método estão descritas como segue:

### **a) Criação da equipe**

Criar uma equipe e trabalhar com ela. Juntar um pequeno grupo de pessoas com conhecimento do processo e do produto, atribuir tempo, responsabilidade e conhecimentos técnicos das disciplinas de resolução de problemas (ação de

contenção, análise da causa raiz, ação corretiva e ação preventiva). O grupo deverá ter um "líder" e trabalhar sempre em equipe.

#### **b) Descrição do Problema**

Especificar o problema do cliente interno / externo, identificando "o que está mal com o quê", e descrever o problema em termos quantificáveis procurando respostas às perguntas: O quê? Onde? Quando? Quantos? Qual a importância?

#### **c) Implementação e Verificação**

Implementar e verificar as ações intermediárias de contenção. Definir e implementar ações de contenção de maneira a permitir que os efeitos do problema se propaguem para o cliente, até que ações corretivas permanentes sejam implementadas. Verificar a efetividade das ações de contenção.

#### **d) Definição da Causa-raiz**

Identificar todas as causas possíveis que poderão explicar a ocorrência do problema. Isolar e verificar a (s) causa (s) raiz, confrontando cada causa possível com a descrição do problema e com os dados.

#### **e) Ações Corretivas**

Escolher e verificar as ações corretivas permanentes. Confirmar quantitativamente, através de testes pré-produtivos, que as ações corretivas vão resolver o problema e não vão causar quaisquer efeitos secundários indesejáveis. Se necessário, definir ações de reação, baseando-se numa análise de risco.

#### **f) Implementação das ações Corretivas**

Implementar as ações corretivas permanentes. Definir e planejar a implementação das ações corretivas permanentes selecionadas e sistemas de controle, de maneira a assegurar que a causa raiz foi eliminada. Monitorar os efeitos de longo prazo e, se necessário, implementar ações de reação.

#### **g) Prevenção**

Prevenir a reincidência. Modificar os sistemas, procedimentos e práticas necessárias, de maneira a prevenir a reincidência deste problema ou de

qualquer outro problema similar. Identificar oportunidades de melhoria de processo.

#### **h) Congratulações**

Parabenizar a equipe. Reconhecer publicamente e comemorar o esforço coletivo da equipe.

### **2.4 Método e solução de problemas - QC Story**

A Metodologia e Análise de Solução de Problemas – QC Story, é uma forma organizada de identificar, analisar e propor solução para os mais variados problemas encontrados, seja em produto ou serviço.

Esta metodologia emprega o uso de dados e fatos para alcançar o objetivo determinado que é solucionar os problemas.

A grande vantagem da aplicação do Método e Análise de Solução de Problemas é conseguir identificar a causa raiz e gerar plano de ação para eliminar o problema identificado.

Um grande precursor na utilização da Metodologia e Análise de Solução de Problemas foi o Dr. Vicente Falconi.

Falconi também chama o MASP de metodologia QC-Story.

Conforme Falconi (2004) podemos identificar o Método de Solução de Problemas – QC Story da seguinte maneira:

- 1 Identificar o Problema;
- 2 Observar as características do problema;
- 3 Analisar as causas fundamentais;
- 4 Montar um plano de ação;
- 5 Executar as ações;
- 6 Verificar se as ações foram efetivas
- 7 Padronizar para evitar a recorrência;
- 8 Concluir todo processo de solução de problema.

Observa-se que a Metodologia e Solução de Problemas, segundo Falconi é dividida em 8 processos conforma tabela 1.

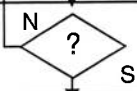
PDCA	FLUXOGRAMA	FASE	OBJETIVO
P	1	Identificação do Problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua importância
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.
	3	Análise	Descobrir as causas fundamentais.
	4	Plano de ação	Conceber um plano de ação para bloquear as causas fundamentais.
D	5	Execução	Bloquear as causas fundamentais.
C	6	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
		(Bloqueio foi efetivo?)	
A	7	Padronização	Prevenir contra o aparecimento do problema.
	8	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema, para trabalho futuro

Tabela 1: Método de Solução de Problemas - QC Story, (Falconi, 2004).

Já o processo de identificação do problema segundo Falconi (2004) é apresentado na tabela 2.

Processo 1 - Identificação do problema			
FLUXO	TAREFA	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
1 ↓	Escolha do problema	* Diretrizes gerais da área de trabalho ( qualidade, entrega, custo, moral, segurança).	* Um problema é o resultado indesejável de um trabalho (esteja certo que o problema escolhido é o mais importante baseado em fatos e dados). Por exemplo: perda de produção por parada de equipamento, pagamentos em atraso, porcentagem de peças defeituosas, etc.)
2 ↓	Histórico do problema	* Gráficos * Fotografias Utilize sempre dados históricos	* Qual a frequência do problema? * Como ocorre?
3 ↓	Mostrar perdas atuais e ganhos viáveis		* O que está se perdendo? * O que é possível ganhar?
4 ↓	Fazer análise de Pareto	* Análise de Pareto	* A análise de Pareto permite priorizar temas e estabelecer metas numéricas viáveis. Subtemas podem também se estabelecidos se necessário. Nota: Não se procuram causas aqui. Só resultados indesejáveis. As causas serão procuradas no Processo 3
5	Nomear responsáveis	* Nomear	* Nomear a pessoa responsável ou nomear um grupo responsável e o líder. * Propor uma data limite para ter o problema resolvido.

Tabela 2: Processo de identificação, (Falconi, 2004).

O processo de observação segundo Falconi (2004) é mostrado na tabela 3.

Processo 2 - Observação			
FLUXO	TAREFA	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
1	Descoberta das características do problema por meio de coleta de dados. Recomendação importante: quanto mais tempo você gastar aqui mais fácil será para resolver o problema. Não salte esta parte!	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Análise de Pareto</li> <li>* Estratificação</li> <li>* Folha de Verificação</li> <li>* Gráficos de Pareto</li> <li>* Priorização ( escolha o tema mais importante e retorne.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Observe o problema sob vários pontos de vista (estratificação):</li> <li>A. Tempo - Os resultados são diferentes de manhã, à tarde, à noite, às segundas-feira, feriados, etc?</li> <li>B. Local - Os resultados são diferentes em partes diferentes de uma peça (defeitos no topo, na base, periferia)? Em locais diferentes (acidentes em esquinas, no meio da rua, calçadas), etc?</li> <li>C. Tipo - Os resultados são diferentes dependendo do produto, da matéria prima, do material usado?</li> <li>D. Sintoma - Os resultados são diferentes se os defeitos são cavidades ou porosidades, se o absenteísmo é por falta ou licença médica, se a parada é por queima de um motor ou falha mecânica, etc?</li> <li>* Deverá também ser necessário investigar aspectos específicos, por exemplo; umidade relativa do ar, temperatura ambiente, condições dos instrumentos de medição, confiabilidade dos padrões, treinamento, quem é o operador, qual a equipe que trabalhou, quais as condições climáticas, etc.</li> <li>* 5W1H - Faça perguntas: o que, quem, quando, onde, por quê e como, para coletar dados.</li> <li>* Construa vários gráficos de Pareto de acordo com os grupos definidos na estratificação.</li> </ul>
2	Descoberta das características do problema por meio de observação no local	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Análise no local as ocorrência do problema pelas pessoas envolvidas na investigação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Deve ser feita não no escritório, mas no próprio local da ocorrência, para coleta de informações suplementares que não podem se obtidas na forma de dados numéricos. Utilize câmera de vídeo e fotografias.</li> </ul>
3	Cronograma, orçamento e meta	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Cronograma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Fazer um cronograma para referência. Este cronograma deve ser atualizado em cada processo.</li> <li>* Estimar orçamento.</li> <li>* Definir uma meta a ser atingida.</li> </ul>

Tabela 3: Processo de Observação, (Falconi, 2004),

Na tabela 4 o processo de análise segundo Falconi (2004) é detalhado.

Processo 3 - Análise			
FLUXO	TAREFA	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
1	Definição das causas influentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tempestade de idéias e diagrama de causa e efeito.</li> <li>* Pergunta: Por que ocorreu o problema?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Envolver todas as pessoas que possam contribuir na identificação das causas. As reuniões devem ser participativas.</li> <li>* Diagrama de causa e efeito: anote o maior número possível de causas. Estabeleça relação de causa e efeito entre as causas levantadas. Construa o diagrama de causa e efeito colocando as causas mais gerais nas espinhas maiores e as causas secundárias, terciárias, etc, nas ramificações menores.</li> </ul>
2	Escolha das causas mais prováveis (hipóteses)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Identificação no diagrama de causa e efeito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Causas mais prováveis: as causas levantadas na tarefa anterior tem que ser reduzidas por eliminação das causas menos prováveis, com base nos fatos e dados levantados no processo de observação. Aproveite também as sugestões baseadas na experiência do grupo e dos superiores hierárquicos. Com base nas informações da observação, priorize as causas mais prováveis.</li> <li>* Cuidado com os efeitos cruzados: problemas que resultam de dois ou mais fatores simultâneos. Maior atenção nestes casos.</li> </ul>
3	Análise das causas mais prováveis (verificação das hipóteses)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Coletar novos dados sobre as causas mais prováveis.</li> <li>* Analisar os dados coletados.</li> <li>* Testar as causas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Visite o local onde atuam as hipóteses. Colete informações.</li> <li>* Estratifique as hipóteses, colete dados utilizando folha de verificação para maior facilidade. Use o gráfico de Pareto para priorizar o diagrama de correlação para testar a relação entre a hipótese e o efeito. Use o histograma para avaliar a dispersão e gráficos sequências para verificação e evolução.</li> <li>* Teste as hipóteses por meio de experiências.</li> </ul>
?	Houve confirmação de alguma causa mais provável?		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Com base nos resultados das experiências será confirmada ou não a existência de relação entre o problema (efeito) e as causas mais prováveis (hipóteses).</li> </ul>
?	Teste de consistência da causa fundamental	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Existe evidência técnica de que é possível bloquear?</li> <li>* O bloqueio geraria efeitos indesejáveis?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Se o bloqueio é impossível, ou se for provocar efeitos indesejáveis (sucateamento, alto custo, retrabalho, complexidades). Pode ser que a causa determinada ainda não seja a causa fundamental, mais um efeito dela. Transforme a causa no novo problema e pergunte outro porque, voltando para o início deste processo.</li> </ul>

Tabela 4: Processo de Análise, (Falconi, 2004)

No plano de ação Falconi (2004) apresentas as seguintes observações, conforme tabela 5.

Processo 4 - Plano de Ação			
FLUXO	TAREFA	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
1	Elaboração da estratégia de ação	* Discussão com o grupo envolvido	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Certifique-se que as ações serão tomadas sobre as causas fundamentais e não sobre seus efeitos.</li> <li>* Certifique-se de que as ações propostas não produzam efeitos colaterais. Se ocorrerem, adote ações contra elas.</li> <li>Proponha diferentes soluções. Análise a eficácia e o custo de cada uma. Escolha a melhor.</li> </ul>
2	Elaboração do plano de ação para o bloqueio e revisão do cronograma e orçamento final	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Discussão com o grupo envolvido.</li> <li>* 5W1H, cronograma, custos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Defina o que será feito (What).</li> <li>* Defina quando será feito (When).</li> <li>* Defina quem o fará (Who).</li> <li>* Defina onde será feito (Where). Esclareça porque será feito (Why).</li> <li>Detalhe ou delegue o detalhamento de como será feito (How).</li> <li>* Determine a meta a ser atingida e quantidade (R\$, toneladas, defeitos, etc.).</li> <li>* Determine os itens de controle e de verificação dos diversos níveis envolvidos.</li> </ul>

Tabela 5: Processo de Plano de ação, (Falconi, 2004).



O processo de execução segundo Falconi (2004) é também ilustrado na tabela 6.

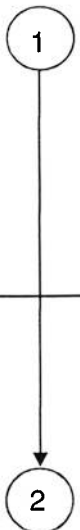
Processo 5 - Execução			
FLUXO	TAREFA	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
	Treinamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Divulgação do plano a todos.</li> <li>* Reuniões participativas</li> <li>* Técnicas de treinamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Verifique quais as ações necessitam de ativa cooperação de todos. Dê especial atenção a estas ações.</li> <li>* Apresente claramente as tarefas e a razão delas.</li> </ul> <p>Certifique-se de que todos entendem e concordam com as medidas propostas.</p>
	Execução da Ação	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Plano e cronograma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Durante a execução, verifique fisicamente e no local em que ações estão sendo efetuadas.</li> <li>* Todas as ações e os resultados bons e ruins devem ser registrados, com a data em que foram tomados.</li> </ul>

Tabela 6: Processo de Execução, (Falconi, 2004).

O processo de verificação segundo Falconi (2004) é ilustrado na tabela 7.




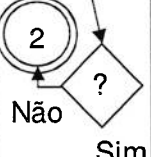
Processo 6 - Verificação			
FLUXO	TAREFA	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
	Comparação dos resultados	* Gráficos de Pareto, cartas de controle, histogramas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Devem-se utilizar os dados coletados antes e após a ação de bloqueio para verificar a efetividade da ação e o grau de redução dos resultados indesejáveis.</li> <li>* Os formatos usados na comparação devem ser os mesmos antes e depois da ação.</li> <li>* Converta e compare os efeitos também em termos monetários.</li> </ul>
	Listagem dos defeitos secundários		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Toda alteração do sistema pode provocar efeitos secundários, positivos ou negativos.</li> </ul>
	Verificação da continuidade ou não do problema		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Quando o resultado da ação é tão satisfatório quando o esperado, certifique-se que todas as ações planejadas foram implementadas de acordo com o plano.</li> <li>* Quando os efeitos indesejáveis continuam a ocorrer mesmo depois de executada a ação de bloqueio, significa que a solução apresentada foi falha.</li> </ul>
	O bloqueio foi efetivo?	* Pergunta: a causa fundamental foi efetivamente encontrada e bloqueada?	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Utilize as informações levantadas nas tarefas anteriores para a decisão.</li> <li>* Se a solução foi falha, retornar ao processo 2 (observação).</li> </ul>

Tabela 7: Processo de Verificação, (Falconi, 2004).

O processo de Padronização, segundo Falconi é mostrado na tabela 8.

Processo 7 - Padronização			
FLUXO	TAREFA	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
1	Elaboração ou alteração do padrão	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Estabeleça novo procedimento operacional ou reveja o antigo (5W1H).</li> <li>* Incorpore, sempre que possível, mecanismos a prova de "bobeira" (fool-proof).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Esclareça no padrão "o que", "quem", "quando", "onde", "como" e principalmente "porque", para as atividades que efetivamente devem ser incluídas ou alteradas nos padrões existentes.</li> <li>* Verifique se as instruções, determinações e procedimentos implantados no processo 5 devem sofrer alterações antes de serem padronizados, com base nos resultados obtidos no processo 6.</li> <li>* Use a criatividade para garantir o não reaparecimento dos problemas. Incorpore no padrão, se possível, mecanismos à prova e "bobeira", de modo que o trabalho possa ser realizado sem erro por qualquer trabalhador.</li> </ul>
2	Comunicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Comunicados, circulares, reuniões, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Evite possíveis confusões: estabeleça a data de início da nova sistemática e quais as áreas que serão afetadas para que a aplicação do padrão ocorra em todos os locais necessários, ao mesmo tempo e por todos os envolvidos.</li> </ul>
3	Educação e treinamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reuniões e palestras.</li> <li>* Manuais de treinamento.</li> <li>* Treinamento no trabalho.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Garanta que os novos padrões ou as alterações nos existentes sejam transmitidas a todos os envolvidos.</li> <li>* Não fique apenas na comunicação por escrito. É preciso expor a razão da mudança, apresentar com clareza os aspectos importantes, e o que foi alterado.</li> <li>* Certifique-se de que os empregados estão aptos a executar o procedimento operacional padrão.</li> <li>* Providencie o treinamento no trabalho, no próprio local.</li> <li>* Providencie documentos no local e na forma que forem necessários.</li> </ul>
4	Acompanhamento da utilização do padrão	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sistema de verificação do cumprimento do padrão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Evite que um problema resolvido reapareça devido a degeneração no cumprimento dos padrões: <ul style="list-style-type: none"> <li>- estabeleça um sistema de verificações periódicas.</li> <li>- delegando o gerenciamento por etapas;</li> <li>- o supervisor deve acompanhar periodicamente sua turma para verificar o cumprimento dos procedimentos operacionais padrão.</li> </ul> </li> </ul>

Tabela 8: Processo de Padronização, (Falconi, 2004).

O processo de Conclusão segundo Falconi (2004) é sumarizado na tabela 9.

Processo 8 - Conclusão			
FLUXO	TAREFA	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
1	Relação dos problemas remanescentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Análise dos resultados.</li> <li>* Demonstrações gráficas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Buscar a perfeição por um tempo longo pode ser improdutivo. A situação ideal quase nunca existe. Portanto, delimete as atividades quando o limite de tempo original for atingido.</li> <li>* Relacione o que e quando não foi realizado.</li> <li>* Mostre também resultados acima do esperado.</li> </ul>
2	Planejamento do ataque aos problemas remanescentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aplicação do método de solução de problemas nos que forem importantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reavalie os itens pendentes, organizando-os para uma futura aplicação do método de solução de problemas.</li> <li>* Se houver problemas ligados à própria forma que a solução de problemas foi tratada, isto pode transformar em tema para projetos futuros.</li> </ul>
3	Reflexão	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reflexão cuidadosa sobre as próprias atividades da solução</li> </ul>	<p>Análise as etapas executadas do método de solução de problemas nos aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cronograma- Houve atrasos significativos ou prazos folgados demais? Quais motivos?</li> <li>2. Elaboração do diagrama de causa e efeito - Foi superficial? (isto dará uma medida de maturidade da equipe envolvida. Quando mais completo for o diagrama, mais habilidosa a equipe).</li> <li>3. Houve participação dos membros? O grupo era melhor para solucionar aquele problema? As reuniões eram produtivas? O que melhorar?</li> <li>4. As reuniões ocorreram sem problemas (faltas, brigas, imposições de idéias)?</li> <li>5. A distribuição de tarefas foi bem realizada?</li> <li>6. O grupo melhorou a técnica de solução de problemas, usou todas as técnicas?</li> </ol>

Tabela 9: Processo de Conclusão, (Falconi, 2004).

## 2.5 PDCA e as Ferramentas da Qualidade

### 2.5.1 PDCA

Conforme Calegare (2005), o Ciclo PDCA ou Ciclo de DEMING foi criado Dr. W.E. Deming e é uma ferramenta essencial na Qualidade Total.

Segundo Slack (2010), o PDCA é a sequência de atividades que são percorridas de maneira cíclica para melhorar as atividades.

O ciclo começa no estágio P *plan* em inglês (de planejar), que envolve coletar e analisar dados de modo a formular um plano de ação que se pretende para melhorar o desempenho. Uma vez que o plano de melhoria tenha sido concordado, o próximo estágio é o estágio D *do* em inglês (fazer). Este é o estágio de implementação do plano de ação. Este estágio pode envolver um miniciclo PDCA para resolver os problemas de implementação. A seguir vem o estágio C *check* em inglês (de checar), em que a solução nova implementada é avaliada, para ver se resultou na melhoria de desempenho esperado. Finalmente, vem o estágio A *action* em inglês (de agir). Durante este estágio a mudança é consolidada ou padronizada, se foi bem sucedida.

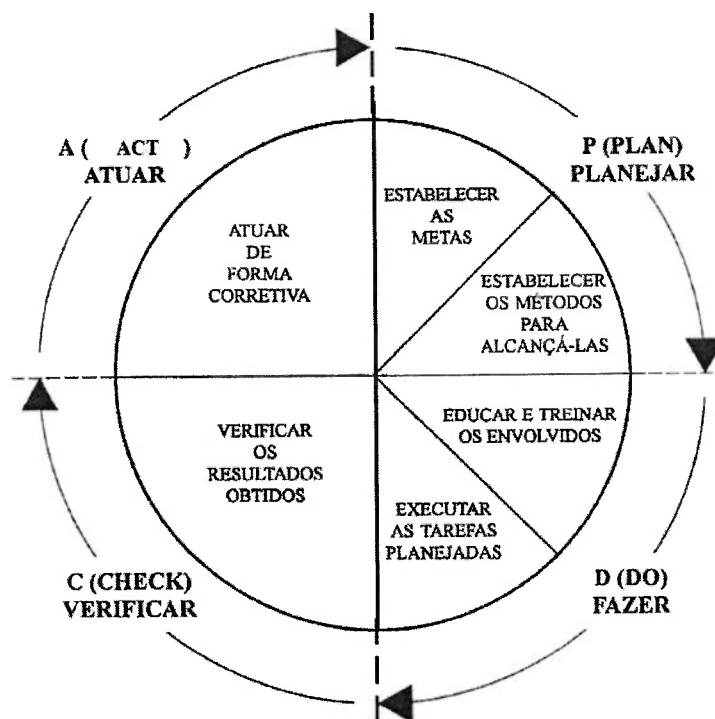


Figura 1: Ciclo PDCA, (Calegare, 2005).

## 2.5.2 Ferramentas da Qualidade

### 2.5.2.1 Gráfico de Pareto

Segundo Rotondaro et. al (2010), o gráfico de Pareto é uma descrição gráfica de dados que apresenta a informação de forma que se possa concentrar os esforços de melhoria nos pontos onde os maiores ganhos podem ser obtidos – nos itens que representem as melhores oportunidades de melhoria. Desta forma podemos ver um exemplo de gráfico de Pareto utilizado para quantificar a produtividade de um determinado grupo de máquinas em uma indústria.

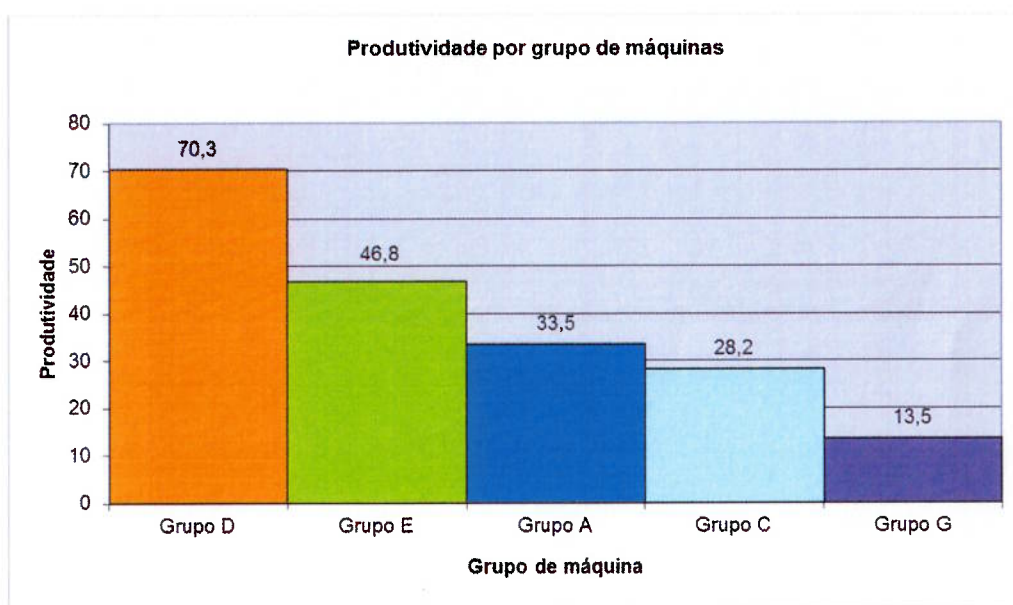


Figura 2: Gráfico de Pareto, exemplificando dados de produtividade em um determinado grupo de máquinas.

### 2.5.2.2 Estratificação

Segundo Werkema (2004), a estratificação consiste no agrupamento dos dados sob vários pontos de vista de modo a focalizar o fenômeno estudado. Os fatores equipamento, material, operador e tempo entre outros, são categorias naturais para estratificação de dados.

O processo de estratificação dos dados é fundamental para se obter um bom resultado na análise de dados, uma vez que com os dados agrupados de forma

correta pode-se tomar decisões acertadas; caso contrário, disponibilizar dados de forma equivocadas podemos tomar decisões erradas no processo.

Conforme Oliveira (2008), o objetivo da estratificação é facilitar a análise de um resultado ou característica subdividindo seus dados em grupos ou subgrupos (estratos) com características comuns e comparar a influência de cada um no resultado. A figura 2 exemplifica o modelo de formulário utilizado para estratificação de dados.

<i>Coleta de dados - Refugo no processo de montagem após padronização o 3 turno</i>					
<i>Data</i>	<i>Código do produto</i>	<i>Turno</i>	<i>Quantidade Fábrica</i>	<i>Quantidade Reprovada</i>	<i>Porcentagem reprovada</i>

Figura 3: Exemplo de formulário usado para estratificação de dados, fonte própria.

### 2.5.2.3 Folha de verificação

Segundo Werkema (2004), a folha de verificação é um formulário no qual os itens a serem verificados para a observação do problema já estão impressos com o objetivo de facilitar a coleta e registro dos dados.

<i>Verificação do torque</i>					
<i>Data</i>	<i>Torque abaixo do especificado</i>	<i>Torque acima do especificado</i>	<i>Ângulo abaixo do especificado</i>	<i>Ângulo acima do especificado</i>	<i>Total</i>

Figura 4: Exemplo de formulário usado para verificação do problema, fonte própria.

### 2.5.2.4 Diagrama de Causa e Efeito

Segundo Werkema (1995), o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação entre o problema a ser solucionado (efeito) e os fatores (causas) do processo que podem provocar o problema.

Conforme Oliveira (2008), o objetivo do diagrama causa e efeito é facilitar a análise de um resultado ou característica mediante a apresentação em forma esquemática dos vários fatores ou causas que o influenciam.

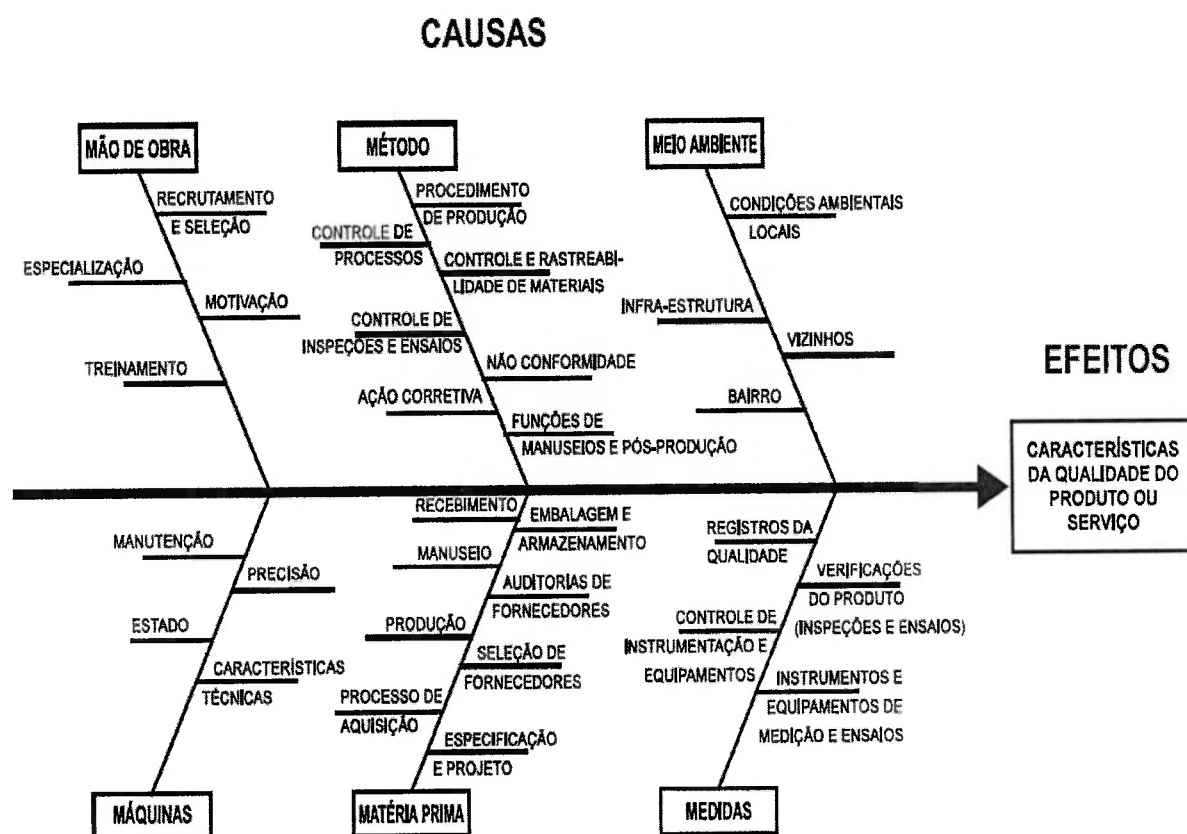


Figura 5: Diagrama de Causa e Efeito, (Calegare, 2005).



### 3.0 - ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DO MASP

#### 3.1 A empresa

A empresa analisada vem desde o início de suas operações mantendo a liderança do mercado e atualmente fornece coxins de motor, coxins de suspensão, buchas e peças de borracha, para as principais montadoras de veículos no Brasil, como a Fiat, Ford, GM, VW, Toyota, Mercedes, Renault/Nissan, Scania, Iveco, Agrale, além do fabricante de motores MWM International, e dos sistemistas ABC, Allevard, Benteler, Cofap, Dana, Mann, Proema, Plascar.

Por se tratar de uma empresa de auto peças o rigor exigido pelas montadoras no que diz respeito a qualidade é muito grande. Atualmente a empresa possui certificação de qualidade conforme ISO TS 16949 (Especificação Técnica para indústria automotiva), ISO 14001 (Certificação Ambiental) e diversos prêmios de qualidade de seus clientes.

A Política da Qualidade é oficialmente divulgada e empregada pela empresa, e descrita conforme a figura 12.

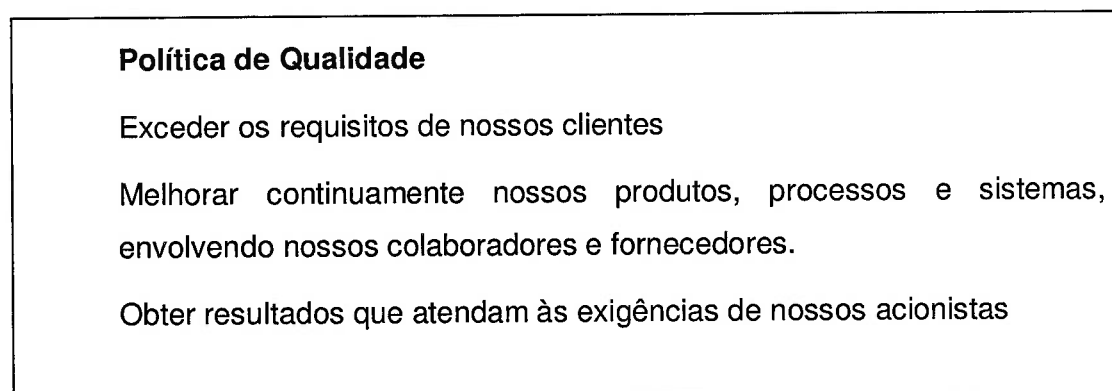


Figura 06: Política da Qualidade, 2011

### 3.2 Descrição do processo de fabricação de coxim de motor

A fabricação de coxim de motor para a indústria automotiva é um processo bem complexo, pois, consiste no desenvolvimento de componentes estampados, fundidos, parafusos, porcas, arruelas e principalmente o desenvolvimento do composto de borracha.

Uma vez estes componentes desenvolvidos, a engenharia de processo é responsável pelo desenvolvimento do processo de fabricação bem como a engenharia da qualidade pelo desenvolvimento dos controles necessários para garantir o perfeito funcionamento do produto para os clientes.

A figura XX abaixo mostra de forma simplificada o fluxograma do processo para a fabricação do coxim de motor.

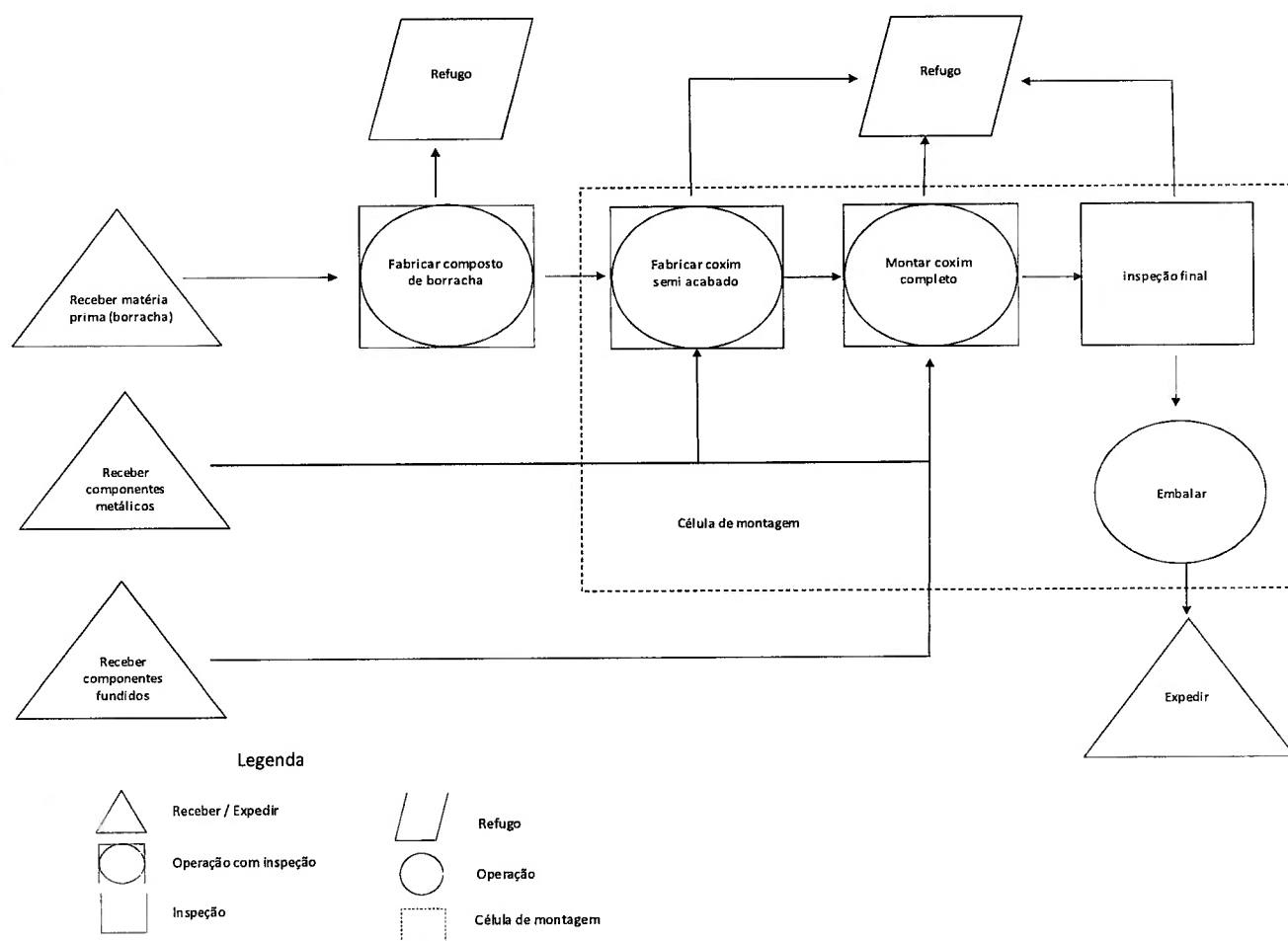


Figura 7: Fluxograma de processo de fabricação de coxim de motor, fonte própria.

Na fabricação do coxim de motor é necessário possuir alguns equipamentos específicos da indústria de borracha. Na figura 8 exemplifica os principais equipamentos utilizados na fabricação do coxim do motor.



Figura 8: Equipamentos utilizados na produção do coxim de motor, fonte própria.

Conforme ilustrado na figura 9, observamos um coxim de motor semi montado e seus componentes.

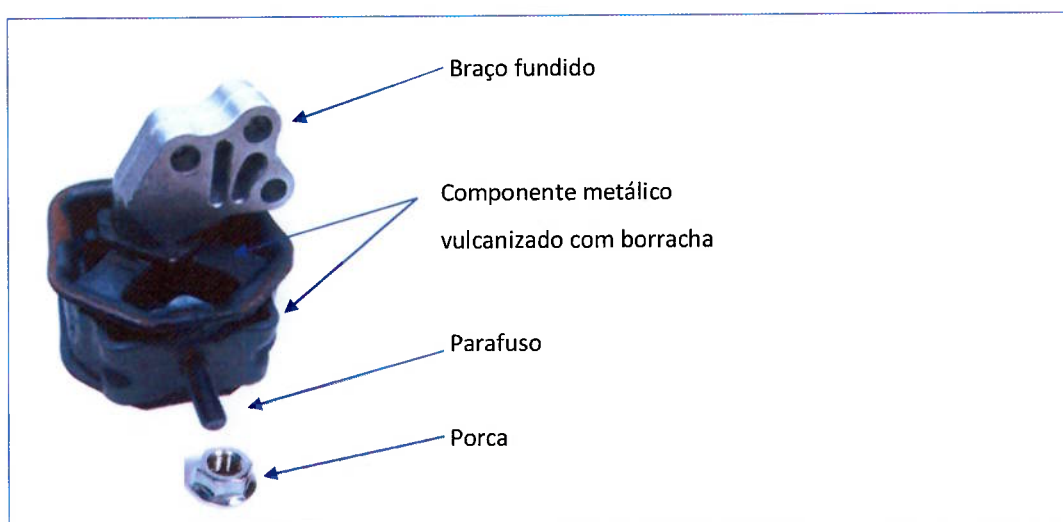


Figura 9: Coxim de motor semi montado, fonte própria

Na figura 10, observamos um coxim de motor montado.

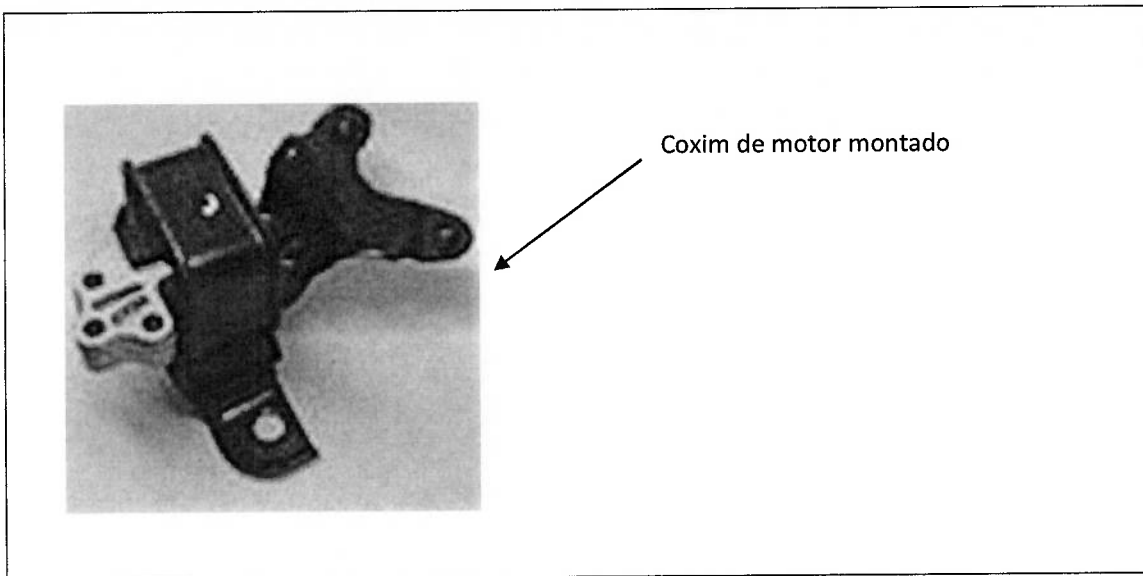


Figura 10: Coxim de motor montado, fonte própria

Durante o processo de montagem do coxim de motor podemos citar alguns potenciais problemas de qualidade que podem ocorrer durante sua fabricação.

- a) Falha de adesão entre o metal e a borracha;
- b) Posição de montagem fora do especificado;
- c) Torque de montagem fora do especificado;
- d) Braço Fundido fora de posição;
- e) Componente metálico montado invertido;

### **3.3 Considerações iniciais sobre o problema**

Segundo Scholtes (1992), um dos elementos básicos da melhoria da qualidade é a equipe. Portanto para a redução do índice de retrabalho um grupo multifuncional foi montado convocando-se representantes das áreas de Qualidade, Produção e Engenharia de Processo. Segundo Dubrin (2003), o propósito dessas equipes é juntar o talento de trabalhadores para desempenhar uma tarefa que necessite dessa combinação, ou seja, agregar o conhecimento de todas as áreas envolvidas a fim de solucionar um determinado problema.

Desta forma um grupo foi estabelecido na empresa e iniciou-se o planejamento do trabalho para atingir uma meta de redução no índice de refugo em 50% sobre o índice atual em um prazo de 3 meses de trabalho. Foi empregado o método de solução de problema conforme Falconi.

O planejamento foi realizado da seguinte forma:

Fase 1 – Identificação do Problema

Fase 2 – Coletar dados do processo de montagem.

Fase 3 – Estratificar dados em forma de gráficos.

Fase 4 – Analisar as possíveis causas.

Fase 5 – Gerar plano de ações 5W1H (O que, Por quê, Quem, Quando, Onde e Como).

Fase 6 – Validar a eficácias das ações tomadas.

Fase 7 – Propor novas ações.

### **3.4 Desenvolvimento do estudo de caso**

#### **Fase 1 – Identificação do Problema**

Segundo Crosby (1992), a insatisfação com o serviço ou o produto final de uma organização denomina-se problema de qualidade. Porém, trata-se apenas de um sintoma do que está acontecendo no interior da empresa.

O problema identificado pela equipe foi o alto índice de refugo produzido na célula de montagem de coxim de motor ocasionado por torque de montagem fora do especificado.

#### **Fase 2 – Coletar dados do processo de montagem.**

Os dados são quantitativos e as medições que são usadas para análise estão na unidade Newton x metro (Nm) onde aplicamos o torque com a seguinte especificação: 69 à 79Nm. Nesta fase foi elaborada uma folha de verificação para coleta de dados com informações sobre: data, tipo de produto, turno de produção, quantidade fabricada e quantidade reprovada.

Com a folha de verificação elaborada, iniciou-se a coleta de dados no processo de montagem durante 14 dias, e estes dados estão apresentados na tabela 10.

Tabela 10: Coleta de dados peças reprovadas, fonte própria.

<b>Coleta de dados - Refugo no processo de montagem</b>					
<b>Data</b>	<b>Código do produto</b>	<b>Turno</b>	<b>Quantidade Fábrica</b>	<b>Quantidade Reprovada</b>	<b>Porcentagem reprovada</b>
23/03/2011	XYZ	1	121	5	4,13%
23/03/2011	XYZ	2	192	9	4,69%
23/03/2011	XYZ	3	512	294	57,42%
24/03/2011	XYZ	1	160	8	5,00%
24/03/2011	XYZ	2	241	14	5,81%
24/03/2011	XYZ	3	371	144	38,81%
25/03/2011	XYZ	1	141	6	4,26%
25/03/2011	XYZ	2	75	1	1,33%
25/03/2011	XYZ	3	413	184	44,55%
26/03/2011	XYZ	2	236	13	5,51%
28/03/2011	XYZ	2	234	13	5,56%
29/03/2011	XYZ	3	336	139	41,37%
30/03/2011	XYZ	1	302	11	3,64%
30/03/2011	XYZ	2	229	8	3,49%
30/03/2011	XYZ	3	105	49	46,67%
31/03/2011	XYZ	1	312	12	3,85%
31/03/2011	XYZ	2	309	13	4,21%
31/03/2011	XYZ	3	364	173	47,53%
01/04/2011	XYZ	1	285	10	3,51%
01/04/2011	XYZ	2	299	2	0,67%
01/04/2011	XYZ	3	149	42	28,19%
02/04/2011	XYZ	1	259	10	3,86%
04/04/2011	XYZ	1	249	5	2,01%
04/04/2011	XYZ	2	138	4	2,90%
04/04/2011	XYZ	3	346	133	38,44%
05/04/2011	XYZ	1	267	8	3,00%
05/04/2011	XYZ	2	300	5	1,67%
05/04/2011	XYZ	3	279	99	35,48%
08/04/2011	XYZ	1	155	9	5,81%
08/04/2011	XYZ	2	307	10	3,26%
08/04/2011	XYZ	3	280	90	32,14%
09/04/2011	XYZ	1	197	10	5,08%
09/04/2011	XYZ	2	314	87	27,71%
09/04/2011	XYZ	3	191	85	44,50%
<b>Total</b>			<b>8668</b>	<b>1705</b>	<b>19,67%</b>

Observa-se na tabela 1 que o índice de refugo estava em 19,67%, ou seja, de uma produção de 8668 peças produzidas foram reprovadas 1705, prejudicando a eficiência do processo de montagem.

### **Fase 3 – Estratificar dados em forma de gráficos.**

Após a coleta de dados foram gerados gráficos para ajudar na análise do problema e identificar a característica estava impactando no alto nível de refugo gerado no processo de montagem.

O primeiro gráfico a ser construído foi um gráfico de barras relacionando o dia de produção pela porcentagem de peças reprovadas, conforme ilustrado a seguir na figura 11.

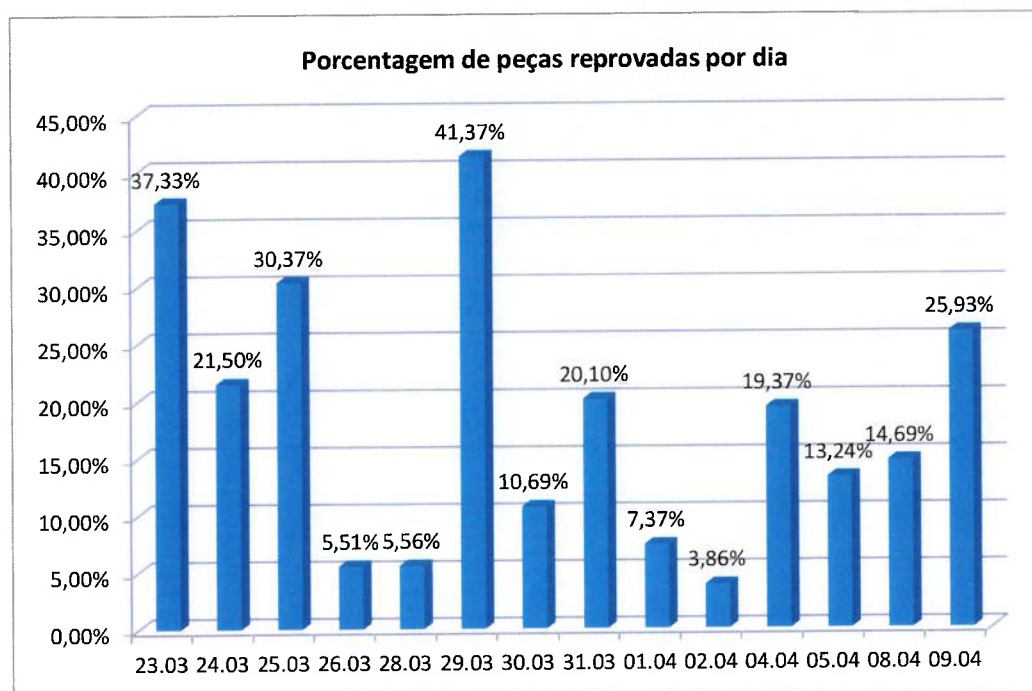


Figura 11: Porcentagem de peças reprovadas por dia

Com a informação dos dados em forma gráfica podemos notar uma grande variação da porcentagem com relação aos dias trabalhados.

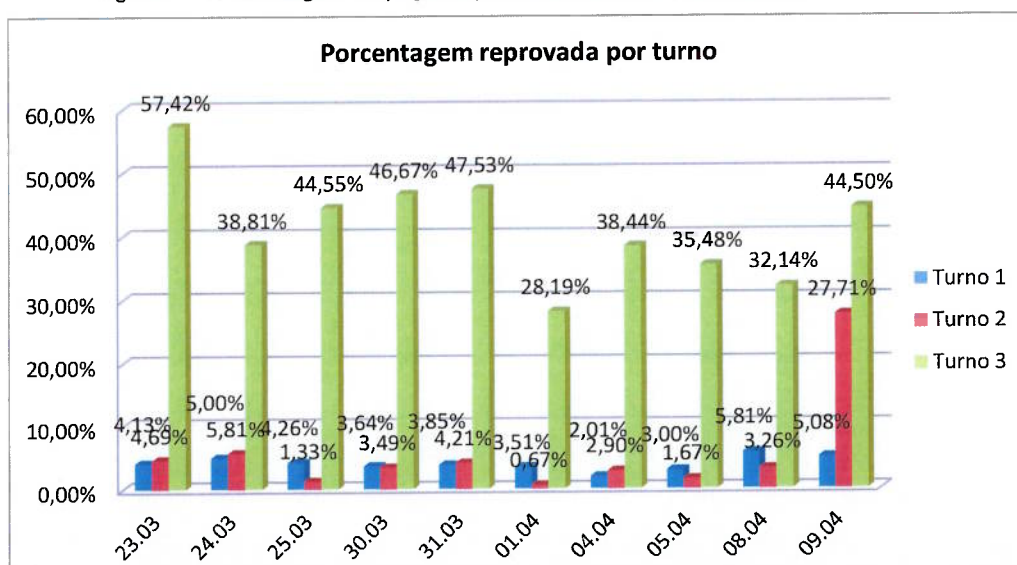
Analisando os dados notamos que nos dias 26, 28, 29/03 e 02/04/11 ocorreu apenas um turno de produção.

Desta forma a confecção de um novo gráfico foi realizado, separando a porcentagem de retrabalho em função do turno trabalhado, conforme tabela 11 e figura 12.

Tabela 11: Porcentagem de peças reprovadas por turno, fonte própria

Porcentagem reprovada por turno			
<i>Data</i>	<i>Turno 1</i>	<i>Turno 2</i>	<i>Turno 3</i>
23.03	4,13%	4,69%	57,42%
24.03	5,00%	5,81%	38,81%
25.03	4,26%	1,33%	44,55%
30.03	3,64%	3,49%	46,67%
31.03	3,85%	4,21%	47,53%
01.04	3,51%	0,67%	28,19%
04.04	2,01%	2,90%	38,44%
05.04	3,00%	1,67%	35,48%
08.04	5,81%	3,26%	32,14%
09.04	5,08%	27,71%	44,50%

Figura 12: Porcentagem de peças reprovadas por turno, fonte própria.





Este novo gráfico mostra informações importantes para análise do problema de refugo na montagem, informações que até então não foram percebidas no gráfico anterior.

Com esta estratificação nota-se que o turno que está com o maior índice de refugo é o terceiro turno com variações entre 28,19% à 57,42% fazendo com que a média dos três turnos de retrabalho no processo de montagem seja de 19,67%.

#### **Fase 4 – Analisar as possíveis causas.**

Segundo Rossato (1996) a solução de problema é um processo que segue uma sequência lógica, começando pela identificação do problema, continuando pela análise e terminando com a tomada de decisão; a análise do problema é um processo de estreitar um corpo de informações em busca por uma solução. Conforme Santos (2000), é necessário coletar e organizar todos os dados necessários para descrever completamente o problema e fazer com que os membros da equipe tenham um entendimento comum ao problema analisado. Nesta fase foi realizada uma reunião com a equipe para elaborar as possíveis causas utilizando a técnica de *brainstorming* (tempestade de idéias) que consiste em organizar as idéias em torno de uma ou mais soluções para o problema identificado.

Segundo Kaminski (2008), a característica mais marcante do brainstorming é a ausência total de críticas, ou seja, não se deve haver inibição, por parte dos participantes, de apresentar suas ideias, por mais estranhas que pareçam; ao contrário, eles são estimulados a fazê-los.

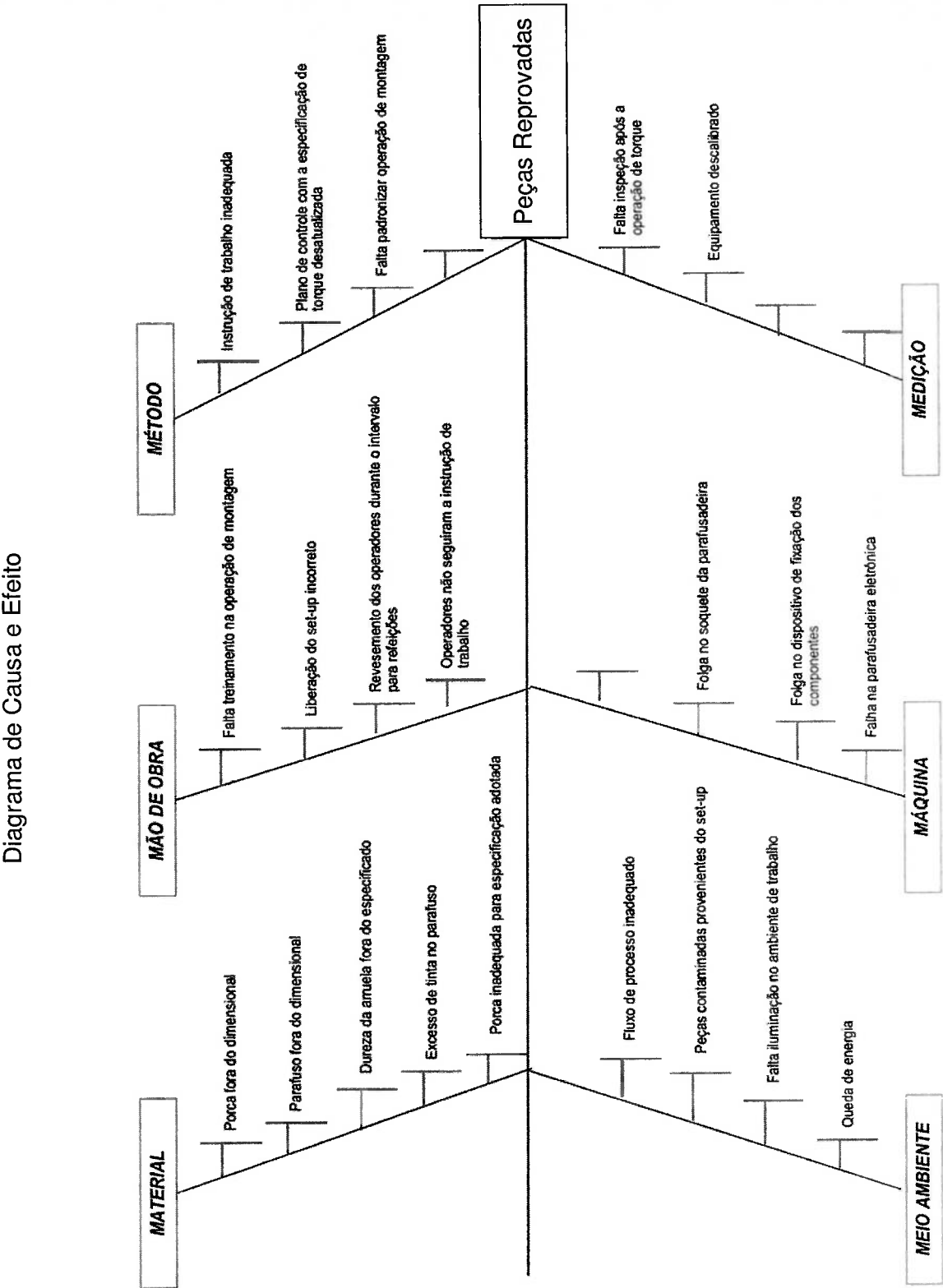
Durante a sessão de *brainstorming* (tempestade de idéias) com a equipe foram levantadas as seguintes possíveis causas potenciais do problema:

- 1 – Falha na parafusadeira eletrônica;
- 2 – Folga no dispositivo de fixação dos componentes;
- 3 – Porca fora do dimensional;
- 4 – Parafuso fora do dimensional;
- 5 – Folga no soquete da parafusadeira;
- 6 – Dureza da arruela fora do especificado;

- 7 – Queda de energia;
- 8 - Excesso de tinta no parafuso;
- 9 – Falta de iluminação no ambiente de trabalho;
- 10 – Falta de treinamento na operação de montagem;
- 11 – Instrução de trabalho inadequada;
- 12 – Plano de controle com a especificação de torque desatualizada;
- 13 – Falta de padronização na operação de montagem;
- 14 – Liberação de máquina errada;
- 15 – Peças contaminadas provenientes da regulagem de máquina;
- 16 – Fluxo de processo inadequado;
- 17 – Revezamento dos operadores durante o intervalo para refeições;
- 18 – Falta de inspeção após a operação de torque;
- 19 – Operadores não seguiram a instrução de trabalho;
- 20 – Porca inadequada para especificação adotada;
- 21 – Equipamento descalibrado.

Após a sessão de *brainstorming* (tempestade de idéias) um diagrama de Causa e Efeito, foi gerado para analisar a causa e efeito do problema que é ilustrado na figura 13. Segundo Paris (2003), muitas vezes ao tentar solucionar um problema, as pessoas trabalham em cima de um dos efeitos, negligenciando a (s) verdadeira (s) causa (s) do problema. Antes de solucionar um problema, é fundamental identificá-lo corretamente, conhecer suas verdadeiras causas e somente depois implementar as mudanças necessárias.

Figura 13: Diagrama de Causa e Efeito para problema de refugo na montagem, fonte própria.



### **Fase 5 – Gerar plano de ações 5W1H (O que, Por quê, Quem, Quando, Onde e Como).**

De acordo com a experiência da equipe foi decidido as principais causas prováveis, conforme identificado no Diagrama de Causa e Efeito, para reduzir o índice de refugo gerado no processo de montagem e montar um plano de ação denominado 5W1H.

Segundo Paris (2003) *5W1H* (O que, Por quê, Quem, Quando, Onde e Como) é um tipo de lista de verificação utilizada para informar e assegurar o cumprimento do plano de ação, diagnosticar um problema e planejar soluções.

A descrição desta ferramenta pode ser traduzida para o português da seguinte forma:

What – O que?

Why – Por quê?

Who – Quem?

When – Quando?

Where – Onde?

How – Como?

Com estas cinco perguntas o plano de ação foi elaborado e designado prazos e responsáveis para tratar cada atividade.

Este plano de ações é a parte mais importante no processo de solução de problemas, pois, após definida e analisada todas as possíveis causas potenciais, a equipe define quais serão estudadas e/ou eliminadas no processo de montagem de produto.

Tabela 12: Plano de Ação para alto índice de refugo, fonte própria.

<i>Plano de ações – Alto Índice de Refugo</i>					
<b>O que</b>	<b>Por quê</b>	<b>Quem</b>	<b>Quando</b>	<b>Onde</b>	<b>Como</b>
Calibrar a parafusadeira	Para garantir o torque especificado	Qualidade	11/04/11	Na célula de montagem	Contratar empresa especializada
Dimensionar porca	Para garantir o dimensional especificado	Qualidade	11/04/11	Sala de metrologia	Instrumentos de medições apropriados
Dimensionar parafuso	Para garantir o dimensional especificado	Qualidade	11/04/11	Sala de metrologia	Instrumentos de medições apropriados
Analisar dispositivos de fixação dos componentes	Verificar o posicionamento dos fixadores	Engenharia de processo	05/04/11	Na célula de montagem	Visual
Analisar padronização da operação de montagem	Para garantir que os três turnos trabalhem de forma uniforme	Engenharia de processo e qualidade	15/04/11	Na célula de montagem	Filmar os três turnos e comparar com a ficha de processo
Analisar o Plano de controle quanto especificação de torque	Garantir a especificação correta para o processo produtivo	Qualidade	02/04/11	Na engenharia	Conforme desenho do produto

## Fase 6 – Validar a eficácia das ações tomadas.

Para monitorar e validar eficácia das ações tomadas foram acrescentadas duas colunas no plano de ações com o **status** e **comentários**. A coluna de “status” refere-se à conclusão das ações, enquanto a coluna “comentários” diz respeito a alguma observação importante que deve ser levada em conta para a ação tomada.

Tabela 13: Plano de Ação – Acompanhamento das Ações, fonte própria.

<i>Plano de ação – Alto Índice de Refugo – Acompanhamento das Ações</i>							
<i>O que</i>	<i>Por quê</i>	<i>Quem</i>	<i>Quando</i>	<i>Onde</i>	<i>Como</i>	<i>Status</i>	<i>Comentário</i>
Calibrar a parafusadeira	Para garantir o torque especificado	Qualidade	11/04/11	Na célula de montagem	Contratar empresa especializada	Fechada	Não foi apresentado desvios significantes
Dimensionar porca	Para garantir o dimensional especificado	Qualidade	11/04/11	Sala de metrologia	Instrumentos de medições apropriados	Fechada	Dimensional OK
Dimensionar parafuso	Para garantir o dimensional especificado	Qualidade	11/04/11	Sala de metrologia	Instrumentos de medições apropriados	Fechada	Dimensional OK
Analisar dispositivos de fixação dos componentes	Verificar o posicionamento dos fixadores	Engenharia de processo	05/04/11	Na célula de montagem	Visual	Fechada	Dispositivos OK
Analisar padronização da operação de montagem	Para garantir que os três turnos trabalhem de forma uniforme	Engenharia de processo e qualidade	15/04/11	Na célula de montagem	Filmar os três turnos e comparar com a ficha de processo	Fechada	<b>O 3º turno realiza a montagem diferente do 1º e do 2º turno.</b>
Analisar o Plano de controle quanto especificação de torque	Garantir a especificação correta para o processo produtivo	Qualidade	02/04/11	Na engenharia	Conforme desenho do produto	Fechada	Especificação conforme desenho.

Analisando as ações tomadas, não verificamos desvios significativos que pudessem elevar o índice de refugo no processo de montagem, exceto, a diferença na sequência de montagem entre o 3º turno de produção e os demais turnos 1º e 2º.

Para entender melhor esta diferença, a figura 14 ilustra a instrução de montagem utilizada para montar o coxim completo e sua sequência de atividades para garantir a montagem correta e a qualidade do produto.

Componentes utilizados para montar o coxim acabado.

Suporte metálico, "braço" fundido, amortecedor de borracha, coxim vulcanizado (componente metálico e parafuso + borracha), arruela e porca.

Figura 14: Instrução de montagem do coxim completo, fonte própria.

Instrução de Montagem				Instrução N.º 01
Produto: XYZ	Peça : Coxim Montado	Sector : Montagem	Célula : 05	
Cliente: ABC	Código do cliente: 123	Processo: Montagem do coxim completo	Peças por hora	
			100	
Sequência de Montagem				
Sequência operacional	Atividade	O que checar	Como checar	
1	Pegar o coxim vulcanizado e colocar no dispositivo de montagem	Posição do coxim vulcanizado no dispositivo	Visual	
2	Pegar o braço fundido e colocar no cilindro de fixação.	Posição do braço fundido no cilindro	Visual	
3	Colocar o suporte metálico junto ao coxim vulcanizado ao dispositivo.	Posição do suporte metálico	Visual	
4	Colocar a arruela no parafuso do coxim vulcanizado.	Posição da arruela no parafuso	Visual	
5	Colocar a porca no parafuso dando três voltas para garantir a posição.	Três voltas da porca no parafuso	Visual	
6	Fechar a porta da máquina de montagem.	Fechamento da porta	Visual	
7	Apertar o Bi-manual.	Funcionamento do bi-manual	Visual	
8	Conferir no display o valor do torque aplicado.	Valor do torque	CLP	
9	Se aprovado lacrar o parafuso e a porca com marcador industrial e disponibilizar na embalagem de produto final.	Lacre no parafuso e porca	Visual	
10	Se reprovado, trocar o coxim montado a porca e a arruela e segregar os componentes.	A quantidade a ser segregada	Visual	
Elaborado:	Data:	Aprovado por:	Data:	Revisão Numero:

Analisando a filmagem realizada nos três turnos de trabalhos, foi montada uma tabela para verificar a diferença entre o sequenciamento das operações entre os turnos, conforme tabela 14.

Tabela 14: Comparação na montagem dos três turnos, fonte própria.

Comparação entre a montagem dos três turnos de trabalho					
Sequência da operação	Operação	Sequência do 1º turno	Sequência do 2º turno	Sequência do 3º turno	OBS
1º	<b>Pegar o coxim vulcanizado e colocar no dispositivo de montagem.</b>	Ok	Ok	Nok	
2º	Pegar o braço fundido e colocar no cilindro de fixação.	Ok	Ok	Ok	
3º	<b>Colocar o suporte metálico junto ao coxim vulcanizado ao dispositivo.</b>	Ok	Ok	Nok	
4º	Colocar a arruela no parafuso do coxim vulcanizado.	Ok	Ok	Ok	
5º	<b>Colocar a porca no parafuso dando três voltas para garantir a posição.</b>	Ok	Ok	Nok	
6º	Fechar a porta da máquina de montagem para garantir a segurança da operação.	Ok	Ok	Ok	
7º	Apertar os botões Bi-manual.	Ok	Ok	Ok	
8º	Conferir no display o valor do torque aplicado.	Ok	Ok	Ok	
9º	Se aprovado lacrar o parafuso e a porca com marcador industrial e disponibilizar na embalagem de produto final.	Ok	Ok	Ok	
10º	Se reprovado trocar o coxim montado, a porca e a arruela e repetir a operação.	Ok	Ok	Ok	



Comparando as operações executadas no 1º, 2º e 3º turno foi verificado que há uma diferença na montagem no 3º turno de produção. Esta diferença estava relacionada com a sequência 1, 3 e 5. Os montadores do 3º turno de produção seguravam o coxim vulcanizado e o suporte metálico e colocavam os dois componentes juntos no dispositivo e uniam a porca e davam apenas uma volta no parafuso; a forma correta é inicialmente posicionar o coxim no dispositivo e depois acrescentar o suporte metálico no coxim e rosquear três voltas da porca no parafuso.

Para verificar se esta diferença não ocorreu apenas no dia em que a filmagem estava sendo executada o líder de produção foi questionado e também os montadores se quanto àquela sequência de operações observada. A resposta foi positiva quanto a sequência de montagem salientando também que os montadores mais antigos treinam os mais novos conforme sua experiência e conhecimento na célula de montagem”.

Neste momento o verdadeiro impacto desta diferença de montagem que estava sendo executada não era visível foi decidida como primeiro passo, antes de coletar novos dados, a padronização da montagem nos três turnos de produção. Essa foi uma ação muito simples; o vídeo do 1º e 2º turnos foi apresentado para o 3º e pedido para que os montadores trabalhassem da mesma maneira a fim de padronizar a operação de montagem para que fossem coletados novos dados sobre o retrabalho na célula de montagem.

Após a padronização foram coletados 11629 dados compondo os três turnos de produção conforme tabela abaixo.

Tabela 15: Coleta de dados após a conclusão das ações, fonte própria.

<b>Coleta de dados - Retrabalho no processo de montagem após padronização o 3 turno</b>					
<b>Data</b>	<b>Código do produto</b>	<b>Turno</b>	<b>Quantidade Fabricada</b>	<b>Quantidade Reprovada</b>	<b>Porcentagem reprovada</b>
25/04/2011	XYZ	1	217	12	5,53%
25/04/2011	XYZ	2	317	11	3,47%
25/04/2011	XYZ	3	269	16	5,95%
27/04/2011	XYZ	1	320	13	4,06%
27/04/2011	XYZ	2	305	8	2,62%
27/04/2011	XYZ	3	260	23	8,85%
28/04/2011	XYZ	1	57	7	12,28%
28/04/2011	XYZ	2	316	7	2,22%
28/04/2011	XYZ	3	321	21	6,54%
03/05/2011	XYZ	1	291	8	2,75%
03/05/2011	XYZ	2	182	28	15,38%
03/05/2011	XYZ	3	221	10	4,52%
09/05/2011	XYZ	1	248	13	5,24%
09/05/2011	XYZ	2	421	27	6,41%
09/05/2011	XYZ	3	355	27	7,61%
10/05/2011	XYZ	1	320	22	6,88%
10/05/2011	XYZ	2	161	8	4,97%
10/05/2011	XYZ	3	248	11	4,44%
11/05/2011	XYZ	1	307	26	8,47%
11/05/2011	XYZ	2	24	2	8,33%
11/05/2011	XYZ	3	257	23	8,95%
12/05/2011	XYZ	1	316	22	6,96%
12/05/2011	XYZ	2	159	11	6,92%
12/05/2011	XYZ	3	349	45	12,89%
13/05/2011	XYZ	1	284	22	7,75%
13/05/2011	XYZ	2	65	6	9,23%
13/05/2011	XYZ	3	259	32	12,36%
14/05/2011	XYZ	1	346	48	13,87%
14/05/2011	XYZ	2	64	5	7,81%
15/05/2011	XYZ	3	303	41	13,53%
16/05/2011	XYZ	1	333	30	9,01%
16/05/2011	XYZ	2	116	12	10,34%
16/05/2011	XYZ	3	294	17	5,78%
17/05/2011	XYZ	1	306	20	6,54%
17/05/2011	XYZ	2	227	12	5,29%
17/05/2011	XYZ	3	303	22	7,26%
18/05/2011	XYZ	1	166	12	7,23%
18/05/2011	XYZ	2	162	14	8,64%
18/05/2011	XYZ	3	235	19	8,09%
19/05/2011	XYZ	1	166	16	9,64%
21/05/2011	XYZ	2	79	9	11,39%
21/05/2011	XYZ	3	167	10	5,99%
23/05/2011	XYZ	1	328	32	9,76%
23/05/2011	XYZ	2	173	22	12,72%
23/05/2011	XYZ	3	255	29	11,37%
24/05/2011	XYZ	1	286	33	11,54%
24/05/2011	XYZ	2	228	21	9,21%
24/05/2011	XYZ	3	243	16	6,58%
<b>Total</b>			<b>11629</b>	<b>901</b>	<b>7,75%</b>

O resultado desta nova coleta de dados foi surpreendente, pois houve queda significativa do índice de refugo no 3º turno de produção, conforme mostrado na figura 15 abaixo.

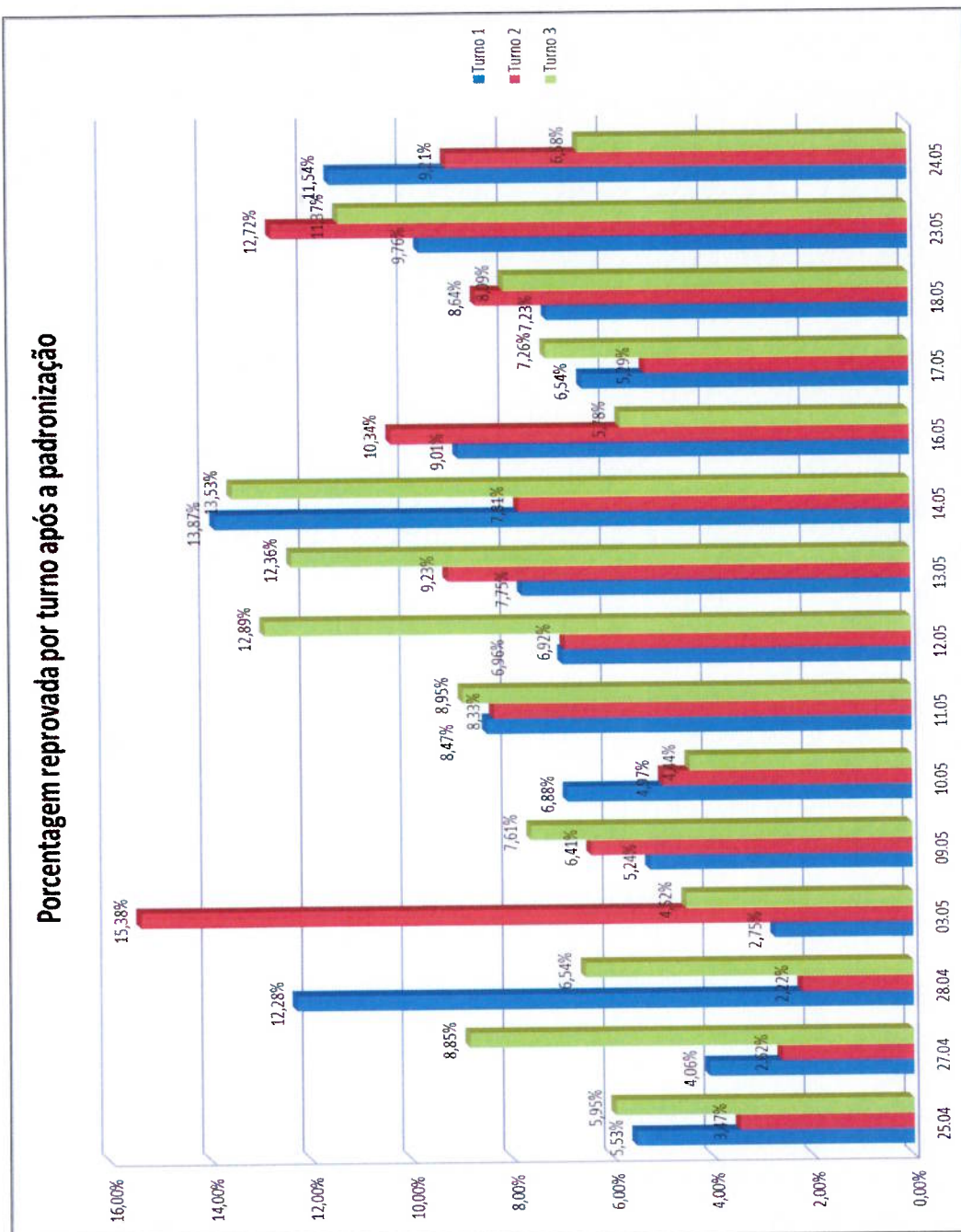


Figura 15: Porcentagem de peças reprovadas por turno após ações tomadas, fonte própria.

#### 4 RESULTADO E DISCUSSÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A aplicação da Metodologia e Análise de Solução de Problemas (MASP) demonstrou neste estudo de caso ser uma ferramenta poderosa para resolver, ou tentar, atingir os objetivos de produtividade e qualidade imposta pelas empresas.

O importante desta metodologia é seguir a sequência apresentada na literatura, pois, se cada etapa da metodologia não for analisada com sua devida importância a possível causa pode não ser encontrada e, portanto, as ações estipuladas pela equipe do MASP podem não trazer o resultado esperado, que é o atingir a meta. Além disso, o investimento de recursos (tempo, mão de obra, dinheiro e etc.) pode não tratar o problema.

Observa-se que a melhoria atingida após a aplicação do MASP para o problema de refugo na empresa estudada, foi significativa uma vez que a ação tomada não teve nenhum custo adicional e nenhuma mudança em máquinas e equipamentos utilizados na montagem do produto.

A tabela 16 mostra a porcentagem de refugo por turno de produção no processo de montagem antes das ações serem tomadas. Comparando os três turnos de produção é indiscutível a deficiência apresentada no terceiro turno de produção.

Tabela 16: Porcentagem de peças reprovadas por turno antes das ações, fonte própria.

Peças reprovadas por turno antes da padronização			
	Produzida	Reprovada	Porcentagem
Turno 1	2189	84	3,84%
Turno 2	2404	153	6,36%
<b>Turno 3</b>	<b>3010</b>	<b>1293</b>	<b>42,96%</b>

Na tabela 17 estão os resultados obtidos após a ação corretiva tomada no processo de montagem.

Tabela 17: Porcentagem de peças reprovadas por turno após ações tomadas, fonte própria.

Peças reprovadas por turno depois da padronização			
	Produzida	Reprovada	Porcentagem
Turno 1	4125	320	7,76%
Turno 2	2290	194	8,47%
<b>Turno 3</b>	<b>4172</b>	352	<b>8,44%</b>

A melhoria apresentada no terceiro turno de produção é bem significativa e importante para empresa, pois, um índice de peças reprovadas de **42,96%** antes de aplicar a metodologia caindo o índice de retrabalho no terceiro turno para **8,44%** após a aplicação do MASP. A aplicação da Metodologia e Análise de Solução de Problemas nesta etapa do processo foi muito benéfica, pois, com o aumento da demanda no mercado automotivo, este processo estava se tornando um ponto crítico para a produção.

Com o grande aumento da competitividade que existe hoje no mercado automotivo a empresa ter um índice de peças reprovadas na faixa de 8 à 9% ainda é muito arriscado, pois, a empresa acaba tendo um custo da não qualidade elevado. Como sugestão para reduzir ainda mais a porcentagem de peças reprovadas no processo de montagem da empresa seria interessante aplicar uma ferramenta estatística chamada de Delineamento de Experimentos DOE que consiste em identificar as variáveis do processo que conduzem a um ótimo desempenho para o processo.

## 5 BIBLIOGRAFIA

- CALEGARE, A.J.A. Os Mandamentos da Qualidade Total. Edição em CD Rom: São Paulo: EPSE, 2005.
- CAMPOS, V.F. Gerenciamento da Rotina do Trabalho do dia-a-dia. Belo Horizonte: INDG, 2004.
- CROSBY, Philip B. Qualidade sem lágrimas: a arte da gerência descomplicada. Rio de Janeiro: José Olímpio, 1992.
- DUBRIN, Andrew J. Fundamentos do Comportamento Organizacional. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.
- GRAVIN, D.A. Gerenciando a Qualidade: A visão estratégica e competitiva. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.
- HITT, M. A et al. Administração Estratégica: Competitividade e Globalização. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- KAMINSKI, P. C. Desenvolvendo Produtos com Planejamento, Criatividade e Qualidade. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- MARTINS, E. S. A contribuição do sistema de custos ABC no processo de melhoria contínua da qualidade, 2005. 67p. Monografia (Especialização – MBA em Gerencia Financeira e Controladoria – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração da Universidade de Taubaté, 2005).
- OLIVEIRA, D. P. Notas de aula disciplina GEQ-21 Introdução a Qualidade Total. MBA Gestão e Engenharia da Qualidade, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.
- PARIS, W.S. Proposta de uma metodologia para identificação de causa raiz e solução de problemas complexos em processos industriais: Um estudo de caso. 2003. 111p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2003.
- ROSSATO, I.F. Uma metodologia para análise e solução de problemas. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, 1996.

ROTONDARO, G.R et al. Seis Sigma Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Atlas, 2010.

RUBLES JÚNIOR, A. Custos da Qualidade: Uma estratégia para competição global. São Paulo: Atlas, 1994.

SLACK, N. et al. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 2010.

SCHOLTES, Peter R. Times da Qualidade: Como usar equipes para melhorar a qualidade, Rio de Janeiro: Qualitymark. 1992.

WERKEMA, M.C.C. As ferramentas da qualidade no gerenciamento do processos. Belo Horizonte: EDG, 1995.

WERKEMA, M.C.C. Criando a Cultura Seis Sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.