

RICARDO TOSHIMI OTA

**APLICAÇÃO DO CONCEITO *POKA-YOKE* PARA SOLUÇÃO DE
PROBLEMAS CRÍTICOS DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA
AUTOMOBILÍSTICA**

Trabalho de Curso apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Automotiva (Mestrado
Profissionalizante)

São Paulo
2002

**CONSULTA
FMP-14**

04

RICARDO TOSHIMI OTA

**APLICAÇÃO DO CONCEITO *POKA-YOKE* PARA SOLUÇÃO DE
PROBLEMAS CRÍTICOS DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA
AUTOMOBILÍSTICA**

Trabalho de Curso apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Automotiva (Mestrado
Profissionalizante)

Área de Concentração:
Engenharia Automotiva (Mestrado
Profissionalizante)

Orientador:
Prof. Dr. Arlindo Tribess

São Paulo
2002

AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento inicial ao Prof. Dr. Paulino Graciano Francischini pela valiosa orientação e dedicação prestada no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas Carlos Monteiro, Fernando Bartuccio, Diego Tomaz, Denis Luque, Cristina Avelino, Sergio Nakandakare e todos do MEA pelas sugestões, apoio e amizade no decorrer do curso.

Aos meus colegas da Fábrica S10/Blazer e em especial Marilena Machado, Luciano Resner, Carlos Cortez, Ricardo Urbano e Edson Silva pelo apoio, motivação e ajuda dispensada durante todo o curso.

Aos meus amigos que contribuíram direta ou indiretamente com a execução deste trabalho e que involuntariamente foram omitidos.

RESUMO

O objetivo deste trabalho busca responder a pergunta “Como utilizar o conceito *poka-yoke* para solucionar problemas de críticos de qualidade em uma indústria automobilística?”. Em busca da resposta foi desenvolvido um método, em forma de fluxograma, englobando os principais dados relevantes considerados para seleção, identificação das causas e implementação da solução de problemas.

O projeto de pesquisa foi realizado na Unidade de Análise: Áreas Produtivas da General Motors do Brasil – Complexo de São José dos Campos, tendo como delimitação os problemas críticos de qualidade oriundos de manufatura. Para coleta e identificação dos dados relevantes considerados no projeto foi realizado um questionário para conduzir os estudos de casos.

A construção do método em forma de fluxograma teve como pilares o E.A.P. (Estudo e Aperfeiçoamento do Processo), as Sete Etapas da Qualidade e Conceitos de *Poka-yoke*.

O estudo de casos, utilizado como método de pesquisa, foi aplicado em três unidades fabris distintas dentro da unidade de análise, de maneira a verificar se o método proposto e suas etapas foram relevantes para a solução dos problemas selecionados.

ABSTRACT

The objective of this work search to answer the question " How to use the concept poka-yoke to solve quality critics' problems in an automobile industry?". In search of the answer a method was developed, in flowchart form, including the main relevant data considered for selection, identification of the root causes and implementation of the solution of problems.

The research project was accomplished in the Unit of Analysis: Productive areas of General Motors of Brazil - Complex of São José dos Campos, tends as delimitation the critical problems of quality originating from of manufacture. For collection and identification of the relevant data considered in the project a questionnaire was accomplished to drive the studies of cases.

The construction of the method in flowchart form had as pillars E.A.P. (Study and Improvement of the Process), the Seven Stages of the Quality and Concepts of Poka-yoke.

The study of cases, used as research method, it was applied in three different industrial units inside of the unit of analysis, in way to verify the proposed method and their stages were relevant for the solution of the selected problems.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSTRACT

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
1.1. Objetivo da pesquisa.....	1
1.2. Relevância do tema.....	1
1.2.1. Mercado.....	1
1.2.2. Ênfase nos clientes.....	3
CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. Conceito de Qualidade.....	6
2.1.1. Adequação ao padrão.....	7
2.1.2. Adequação ao uso.....	8
2.1.3. Adequação ao custo.....	9
2.1.4. Adequação à necessidade latente.....	10
2.1.5. Evolução dos métodos da qualidade.....	10
2.2. Conceito de <i>Poka-yoke</i>	11
2.3. O significado da inspeção.....	12
2.3.1. Inspeção verificação.....	13
2.3.2. Inspeção informativa.....	13
2.3.3. Inspeção na fonte.....	15

2.4. Defeitos isolados e em série.....	18
2.5. Funções do sistema <i>Poka-yoke</i>	19
2.6. Utilizando o sistema <i>poka-yoke</i> para controle do processo.....	20
2.6.1. Método contato.....	21
2.6.2. Método valor-fixado.....	22
2.6.3. Método passo-movimento.....	23
2.7. Sistema de identificação de peças ao operador.....	24
2.8. Ferramentas da Qualidade – Melhoria reativa.....	25
2.9. As sete ferramentas básicas da qualidade.....	30
2.9.1. Diagrama de Pareto.....	31
2.9.2. Diagrama Causa-e-efeito.....	32
2.9.3. Lista de verificação.....	33
2.9.4. Histograma.....	34
2.9.5. Diagrama de dispersão.....	36
2.9.6. Gráfico linear.....	37
2.9.7. Gráfico de controle.....	38
2.10. FMEA – Failure Mode and Effect Analysis.....	39
2.11. Matriz de Decisão.....	42

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA.....45

3.1 Abordagem da pesquisa.....	45
3.2. Determinação do tipo de pesquisa.....	46
3.2.1. Pesquisa exploratória.....	47
3.2.2. Pesquisa descritiva.....	47
3.2.3. Pesquisa explicativa.....	48
3.3. Métodos de pesquisa.....	48
3.3.1. Pesquisa bibliográfica.....	49
3.3.2. Pesquisa documental.....	49
3.3.3. Pesquisa experimental.....	50
3.3.4. Pesquisa <i>ex-post-facto</i>	51
3.3.5. Pesquisa levantamento.....	51

3.3.6. Estudo de caso.....	51
3.3.7. Pesquisa ação.....	52
3.3.8. Pesquisa participante.....	53
3.4. Resumo da Metodologia de Pesquisa.....	53
CAPÍTULO 4: PROJETO DE PESQUISA.....	54
4.1. Elaboração da pesquisa.....	56
4.2. Delimitação da unidade caso.....	57
4.3. Instrumento de coleta de dados.....	57
4.3.1. Elaboração do questionário.....	58
4.4. Estudo Piloto.....	59
4.5. Análise e interpretação dos dados.....	59
4.6. Método para elaboração e implementação de projeto poka-yoke....	60
CAPÍTULO 5: PESQUISA DE CAMPO E ESTUDO DE CASO.....	72
5.1. Estudo de Caso 1.....	72
5.2. Estudo de Caso 2.....	78
5.3. Estudo de Caso 3.....	87
CAPÍTULO 6: ANÁLISES E CONCLUSÕES.....	95

ANEXO - Questionário aplicado às áreas da Unidade de Análise

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Adequação ao uso.....	09
Figura 2.2	Inspeção informativa – checks sucessivos.....	14
Figura 2.3	Inspeção informativa – autoverificação.....	15
Figura 2.4	Inspeção na fonte.....	15
Figura 2.5	Comparativo entre os tipos de inspeções.....	16
Figura 2.6	Método Contato.....	21
Figura 2.7	Método Valor-fixado.....	22
Figura 2.8	Método Passo-movimento.....	23
Figura 2.9	As sete etapas do controle da qualidade.....	30
Figura 2.10	Diagrama de Pareto.....	32
Figura 2.11	Diagrama Causa-Efeito.....	33
Figura 2.12	Lista de verificação.....	34
Figura 2.13	Histograma.....	36
Figura 2.14	Diagrama de dispersão.....	37
Figura 2.15	Gráfico radar.....	38
Figura 2.16	Gráfico linear.....	38
Figura 2.17	Gráfico de controle.....	39
Figura 2.18	Esquema explicativo da correlação pontuações versus parâmetros FMEA.....	41
Figura 2.19	Matriz de decisão.....	43
Figura 4.1	Fluxograma para solução de problemas.....	61
Figura 5.1	Painel externo do teto: furo fixação do <i>break light</i>	72
Figura 5.2	Diagrama causa e efeito: montagem do painel externo do teto incorreto.....	74
Figura 5.3	Detalhe do grampo de identificação do painel externo do teto.....	77
Figura 5.4	Cilindro pneumático de acionamento do grampo com sensor de posição.....	77
Figura 5.5	Suporte do coxim traseiro do motor.....	80
Figura 5.6	Diagrama causa e efeito: montagem incorreta do suporte.....	81

do coxim traseiro do motor

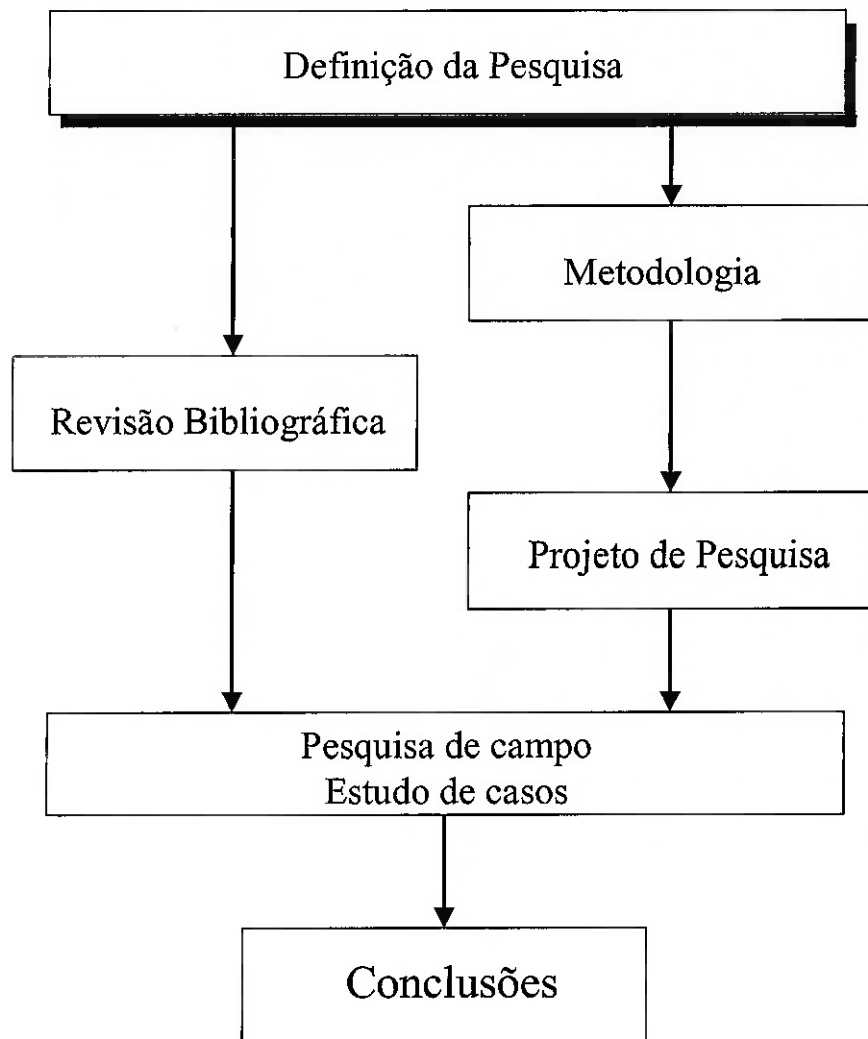
Figura 5.7	Proposta do dispositivo localizador do suporte.....	83
Figura 5.8	Suporte com adição de pino guia.....	84
Figura 5.9	Furo na linha de pressão de óleo obstruída.....	87
Figura 5.10	Diagrama causa e efeito: bomba de óleo obstruída.....	89
Figura 5.11	Trecho percorrido pela sonda.....	91
Figura 5.12	Sonda recuada.....	92
Figura 5.13	Sonda avançada.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Resumo dos enfoques da qualidade.....	6
Tabela 2.2	Tipos de inspeções e suas características.....	16
Tabela 2.3	Métodos de inspeções e suas características.....	19
Tabela 2.4	As sete etapas do controle da qualidade.....	26
Tabela 3.1	Resumo da Metodologia de Pesquisa.....	53
Tabela 4.1	Quadro projeto da pesquisa.....	54
Tabela 4.2	Detecção do problema.....	66
Tabela 4.3	Severidade do problema.....	67
Tabela 4.4	Frequência de ocorrência do problema.....	68
Tabela 4.5	Matriz de decisão: escolha do melhor projeto <i>poka-yoke</i>	70
Tabela 5.1	Resumo do fator risco 1.....	75
Tabela 5.2	Resumo do Estudo de Caso 1.....	78
Tabela 5.3	Resumo do Fator Risco 2.....	82
Tabela 5.4	Matriz de Decisão – Estudo de Caso 2.....	84
Tabela 5.5	Resumo do Estudo de Caso 2.....	86
Tabela 5.6	Resumo do Fator Risco 3.....	89
Tabela 5.7	Resumo do Estudo de Caso 3.....	93
Tabela 6.1	Quadro Resumo dos Estudos de Casos.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS:

TQM	<i>Total Quality Management</i>
CQ	Controle da Qualidade
ZQC	<i>Zero Quality Control</i>
OPIS	<i>Operator Part Identification System</i>
FRT	<i>Front</i>
RR	<i>Rear</i>
LH	<i>Left hand</i>
RH	<i>Right hand</i>
DPTV	<i>Discrepancies per thousand vehicles</i>
F.M.E.A.	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
P.P.M.	Problemas por Milhão



CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1. Objetivo da pesquisa

O projeto de pesquisa desenvolvido busca responder a pergunta “Como utilizar o conceito *poka-yoke* para solucionar problemas de qualidade em processos produtivos na indústria automobilística?”. A pergunta será respondida através do desenvolvimento de um método racional, em forma de fluxograma, utilizando-se dados relevantes para seleção, determinação das causas e implementação de solução de problemas de manufatura.

O estudo do tema foi motivado pela existência de vários métodos para solução de problemas, muitos deles aplicados na Unidade de Análise, porém sem muita ênfase no uso do conceito *poka-yoke*. Este estudo basicamente utiliza os métodos já existentes como o E.A.P. (Estudo e Aperfeiçoamento do Processo) e 7 Etapas da Qualidade aliadas ao objeto do estudo.

1.2 - Relevância do tema

1.2.1 – Mercado

O mercado automobilístico brasileiro até a década de 90 contava apenas com 04 grandes montadoras de automóveis no país, sendo 02 delas integrantes de *um joint-venture* – a Autolatina . Estas montadoras produziam veículos tecnologicamente atrasados em comparação aos países desenvolvidos e ofereciam um baixo número de modelos.

Com o mercado interno fechado aos veículos importados devido a restrições em tarifas alfandegárias, as montadoras aqui presentes ditavam os preços aos consumidores.

No início da década de 90, com a abertura de mercado em várias áreas, inicialmente houve um grande número de importações de veículos a custos bem competitivos. Aliadas ao fato da abertura de mercado, novas montadoras como Renault, Honda, Toyota, Mercedes e outras, começaram a instalar unidades fabris no país. Este fator foi primordial para que as montadoras aqui presentes modernizassem suas fábricas, buscando tecnologias idênticas às utilizadas em suas matrizes.

Todo estes fatores contribuíram para que as montadoras além de atualizarem suas fábricas inaugurassem um novo conceito de fabricação de veículos: o chamado sistema de fabricação modular, onde os fornecedores montam os subconjuntos em área dentro do complexo da montadora. Este sistema foi inaugurado inicialmente na fábrica de caminhões da Volkswagen e logo em seguida pela General Motors com seu complexo em Gravataí.

Devido às diversas crises econômicas, como da Ásia, México e Rússia, as montadoras instaladas no país verificaram diversas oscilações de retração e expansão do mercado interno, além da desvalorização do real. Todos estes fatores tornaram a exportação solução para grande capacidade produtiva ociosa. Atualmente estima-se a capacidade de produção de 1.800.000 unidades ano, sendo que o mercado nacional está absorvendo em torno de 650 mil unidades, lembrando que existe a concorrência de veículos importados que gira em torno de 70 mil unidades/ano.

A exportação de veículos nacionais além dos mercados latino-americanos, sendo o México o principal comprador, direciona-se também a países desenvolvidos da América do Norte, além da Índia, África do Sul e China, o que requer de nossos veículos uma alta qualidade.

1.2.2 – Ênfase nos clientes

A melhor e mais duradoura maneira de atingir bons índices de penetração no mercado automobilístico, e obtendo conseqüentemente sucesso e rentabilidade é compreendendo, satisfazendo e excedendo as expectativas dos clientes.

Para isto, muitas empresas adotam o conceito *market-in*, um dos pilares do TQM, o qual visa a satisfação do cliente como objetivo principal em oposição ao tradicional conceito *product-out*, onde o esforço era concentrado no produto final, visando a atender as especificações de engenharia.

O conceito *product-out* leva as empresas a gastarem recursos para produzir o que ela considera como um bom produto.

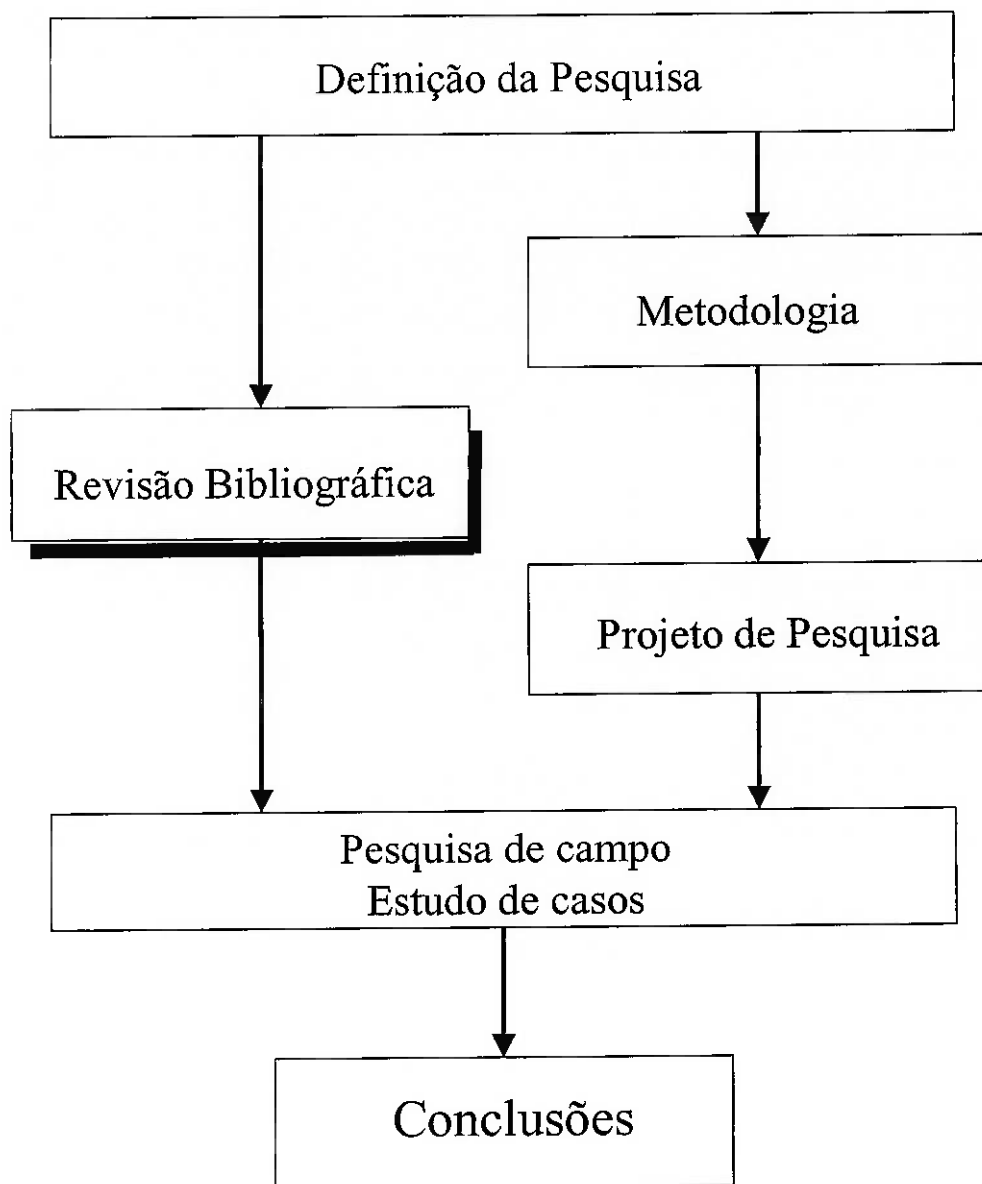
O conceito *market-in* enfoca em informações de mercado e considera que o trabalho não está bem feito até que o cliente esteja satisfeito, ou seja, o “cliente é rei”. Este conceito leva em consideração que todo trabalhador na indústria é fornecedor e cliente ao mesmo tempo. É cliente do processo anterior a sua célula e conseqüentemente fornecedor do próximo processo. Portanto os clientes internos têm a mesma importância que os externos, pois quem quer que utilize seu processo de trabalho é seu cliente.

Naturalmente, as necessidades dos clientes mudam, de maneira que a empresa precisa de informações dos clientes e dos processos para melhorar o produto ao longo do tempo – suas especificações, os processos e a forma de trabalho. Este processo é conhecido como *kaizen* pelos japoneses, ou ainda melhoria contínua.

O conceito *market-in* visa substituir o *product-out* que mantém fiel a teoria de Taylor de divisão de trabalho, onde existe a separação de áreas, sendo que uma área busca o padrão no processo e outras áreas trabalham na melhoria. O ponto negativo desta

divisão é que não permite uma reação rápida o suficiente para satisfazer os clientes, num mercado com rápidas transformações.

Entretanto, em ambas as visões, tanto no *market-in* e no *product-out*, todo o esforço das engenharias encarregadas em implementar novas tecnologias, design e inovações seriam perdidas se o componente ou a peça do veículo não funcionasse, ou não satisfizer a especificação de engenharia devido a sua manufatura incorreta.



CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Conceito da Qualidade

A qualidade pode ser definida, segundo Garvin (1992) através das cinco abordagens: a transcendental, a baseada no produto, a baseada no usuário, a baseada na produção e a baseada no valor. A tabela a seguir ilustra os principais enfoques de cada abordagem.

Tabela 2.1 – Resumo dos enfoques da qualidade

Enfoque Transcendental	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade é sinônimo de excelência • Padrões irretorquíveis • Alto nível de desempenho • Não pode ser definido precisamente
Enfoque baseado no produto	<ul style="list-style-type: none"> • Variáveis precisas e mensuráveis • Quantidade de atributos de um produto • Custo mais elevado
Enfoque baseado no usuário	<ul style="list-style-type: none"> • Visão do cliente • Satisfação dos desejos e necessidades do cliente • Adequação ao uso
Enfoque baseado na produção	<ul style="list-style-type: none"> • Conformidade com as especificações • Menores custos envolvidos • Fazer certo da primeira vez
Enfoque baseado no valor	<ul style="list-style-type: none"> • Custo versus preços • Desempenho ou conformidade a um preço ou custo aceitável

Shiba (1997) classifica a qualidade através de quatro adequações ou níveis de qualidade:

- Adequação ao padrão
- Adequação ao uso
- Adequação ao custo
- Adequação à necessidade latente

2.1.1. Adequação ao padrão

A adequação ao padrão consiste na avaliação se o produto está de acordo com o padrão previamente estabelecido, ou seja, o produto tem as mesmas características e realiza as funções inicialmente projetadas.

A tarefa de verificar se o produto atinge as adequações ao padrão muitas empresas utilizam a inspeção ou o controle estatístico do processo ou qualidade.

A adequação ao padrão quando é empregada isoladamente das demais adequação da qualidade tem 02 pontos fracos. O primeiro ponto fraco é quando é difundido que a qualidade pode ser atingida através de inspeção. Na adequação ao padrão, a qualidade é garantida inspecionando o resultado de um processo de manufatura, descartando-se os produtos que não atinjam o padrão mínimo especificado. Neste caso, freqüentemente existem atritos entre aqueles que manufaturam e os que inspecionam as peças/produtos.

O segundo ponto fraco da adequação ao padrão é a sua desconsideração às necessidades do mercado. Com o padrão previamente determinado e a inspeção voltada para atingir este padrão faz com que façamos somente aquilo o que foi projetado, ao invés de verificar as necessidades dos clientes e satisfação daquelas necessidades. Esta fragilidade levou a um novo nível de qualidade no Japão do início dos anos 60.

2.1.2 – Adequação ao uso

Entende-se como adequação ao uso o meio de garantir a satisfação das necessidades do mercado. A pergunta principal a ser respondida é se o produto pode ser utilizado da maneira como os clientes desejariam utiliza-lo.

Neste caso o fabricante ou prestador de serviços deve estar atento se o produto ou o serviço está adequado ao desejo do consumidor.

O produto ou serviço deve possuir sempre características dentro das tolerâncias previamente especificadas. Caso verifique-se que existe o desejo por maior qualidade, os limites de inspeção devem ser estreitados, o que resultaria em um número maior de rejeições, tornando o produto mais oneroso.

A adequação ao uso possui um ponto fraco: a vantagem competitiva baseada no uso é tênue. Caso a empresa compreende com clareza a adequação ao uso (satisfazendo todas as necessidades do usuário), ela pode ganhar uma posição de monopólio, conseqüentemente ditar os preços de maneira a compensar os maiores custos de uma qualidade superior provida pela inspeção.

Entretanto vale ressaltar que sempre haverá o surgimento rápido de competidores oferecendo produtos igualmente bons por preços mais baixos, erodindo a posição de monopólio, a partir da capacidade de compensar os custos incorridos durante o processo de inspeção.

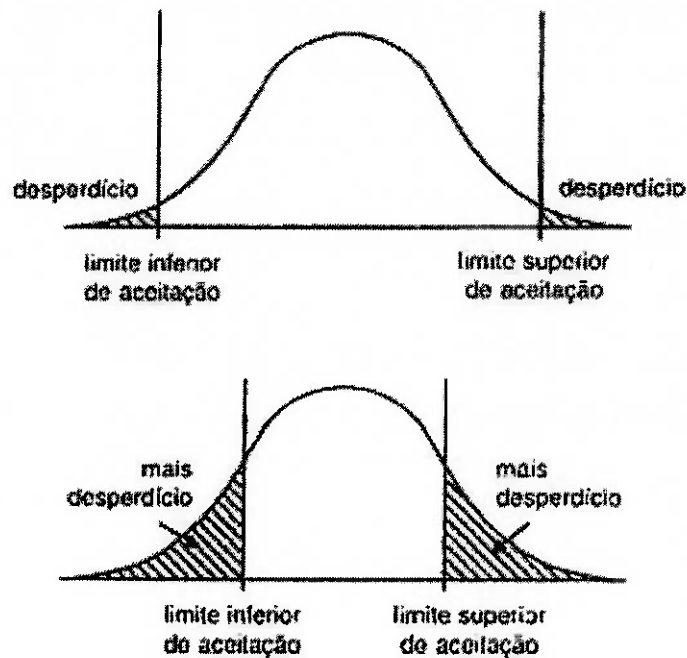


Figura 2.1 – Adequação ao uso

Fonte: Shiba (1997)

2.1.3 – Adequação ao custo

Com o mercado mais competitivo, o consumidor exige produtos ou serviços a baixo custo, entretanto com maior nível de qualidade; isto é o que designamos de adequação ao custo. Para se obter o produto com alta qualidade e baixo custo é necessário reduzir a variabilidade do processo de produção, de maneira que todas as unidades produzidas estejam dentro dos limites de inspeção sem haver rejeições.

Para se obter um processo com alto nível de qualidade sem rejeições é necessário um sistema de *feedback* eficiente e correção em cada etapa do processo, não apenas no final, ou seja, o foco do trabalhador deve ser o controle do processo e não o controle do resultado através de inspeção.

Os métodos mais utilizados para se obter estas mudanças são:

- O uso do controle estatístico do processo
- Monitoramento do processo, além do monitoramento do resultado
- *Feedback* em cada etapa do processo, onde cada trabalhador seja cliente do processo anterior, o que propicia a rápida correção do erro.

Uma vez implementado a adequação ao custo, ou seja, fornecendo produtos de boa qualidade a um baixo custo, e com a concorrência também buscando este objetivo, obtidos muitas vezes por mão de obra mais barata, incentivos fiscais ou mesmo novas tecnologias, a empresa deve buscar produtos inovativos que devem superar seus concorrentes, levando a qualidade do produto ao nível seguinte.

2.1.4 – Adequação à necessidade latente

Entende-se por adequação à necessidade latente como a satisfação das necessidades do cliente antes mesmo que ele esteja consciente dela. Quando uma empresa identifica uma necessidade latente do mercado, a mesma pode possuir um monopólio, ainda que um pequeno período de tempo. Neste tempo a empresa dita os preços, obtendo retorno lucrativo.

2.1.5 - Métodos da Qualidade - evolução

Com a crise do petróleo, muitas empresas japonesas se viram obrigadas a adotar o TQM, pois a necessidade de exportar criou uma necessidade de competição com produtos estrangeiros em seus mercados locais, ou seja, os produtos japoneses deviam satisfazer todas as necessidades reais dos clientes, o que fez com que a adequação a todas as necessidades dos clientes tornar-se o conceito dominante de qualidade nas principais empresas daquele país.

Devido ao êxito dos japoneses nos anos 70, com grandes superávits na balança comercial em relação aos seus parceiros, a moeda japonesa teve seu valor aumentado

em relação a outras moedas, encarecendo seus produtos. Outra dificuldade enfrentada pelo Japão nos anos 80 foi o surgimento dos chamados "tigres asiáticos", com tecnologia de produção compatíveis, porém com mão de obra mais barata. Toda esta competição fez evoluir o conceito de qualidade com 3 grandes "saltos" ou mudanças:

- Adequação ao padrão à adequação ao uso - mudança para o conceito de mercado
- Adequação ao uso à adequação ao custo - mudança para conceito de que o preço é estabelecido pelo mercado
- Adequação ao custo à adequação à necessidade latente - mudança para conceitos de transformação contínua nas necessidades de mercado e assim, a contínua redução dos ciclos de desenvolvimento de produto.

2.2. Conceito do *Poka-Yoke*

Em empresas com produção em série, os erros ou defeitos podem ocorrer no processo de montagem ou manufatura. O *poka-yoke* por definição é o processo que antecipa, detecta e prevê erros.

O conceito do *poka-yoke*, nascido da filosofia da qualidade de Zero Defeito, foi idealizado pelo engenheiro japonês Shigeo Shingo, que através da utilização desta ferramenta poderíamos atingir zero defeito e eventualmente eliminaríamos o processo de inspeção do controle de qualidade.

O termo *poka-yoke*, também conhecido como "*error proofing*", "*mistake proofing*" ou "*fail-safing*" pode ser traduzido da seguinte forma: evitar (*yokeru*) erros (*poka*).

A idéia principal do *poka-yoke* é respeitar a inteligência dos operadores, onde em processos repetitivos que dependam de atenção e memória, o operador não precise

tomar decisões no ato da montagem, visto que um dos princípios é a verificação mecânica de toda as peças o tempo todo.

O *poka-yoke* tem por objetivo os seguintes itens:

1 – Inspeção na fonte para detecção de defeitos:

2 – 100% de inspeção

3 – Tomada de ação imediata, interrompendo o processo de maneira que o erro não avance à próxima estação

Em vários casos, o *error / mistake proofing* utiliza-se de métodos “*low tech*”, ou seja, são baseados em bom senso. Em geral, o *error/mistake proofing* utiliza-se das seguintes técnicas para prevenção de erros:

- Desenhando produtos que não podem ser manufaturados ou montados de forma incorreta
- Utilizado-se de técnicas de inspeção que detectam os erros e defeitos durante o trabalho ou processo de montagem

2.3 - O Significado da inspeção

A atividade de produção é formada por uma rede de trabalho que compreende os processos e operações.

O processo por sua vez pode ser dividido em quatro categorias: trabalho, inspeção, transporte e espera. O ato de inspeção consiste em comparações com os padrões previamente determinados. Com o processo, a inspeção pode ser caracterizada pelas seguintes funções:

- Inspeção revela e prevê defeitos no curso do trabalho
- Inspeção revela e prevê defeitos no curso do transporte
- Inspeção revela e prevê defeitos no curso de espera

Podemos ainda classificar o método de inspeção da seguinte forma:

- Inspeções que descobrem defeitos: inspeção de verificação
- Inspeções que reduzem defeitos: inspeções informativas
- Inspeções que eliminam defeitos: inspeção na fonte

2.3.1 - Inspeção que descobrem os defeitos: inspeção verificação

Este tipo de inspeção é utilizado em muitas companhias, onde a qualidade assegurada significa uma inspeção para descobrir defeitos antes do produto ser expedido. Neste tipo de inspeção, uma pessoa ou máquina compara o produto final com o padrão; caso haja algum item não conforme o produto é rejeitado.

Evidentemente esta inspeção é melhor que permitir que o consumidor receba um produto defeituoso. Entretanto a inspeção de julgamento não reduz o número de defeitos, ou seja, este tipo de inspeção descobre os defeitos apenas depois dele ocorrido.

A inspeção de julgamento ocorre geralmente no final do processo ou após de muitas operações terem sido executadas. Isto indica, uma vez descoberto o defeito, existem já muitas peças ou produtos no processo com o mesmo problema; e algumas vezes esta informação nunca retorna ao ponto onde foi originado o problema.

2.3.2 - Inspeções que reduzem defeitos: inspeções informativas

A inspeção informativa reduz o problema da inspeção de julgamento com relação feedback para o processo que produz algum tipo de defeito. A inspeção informativa

tem como característica principal o alerta para o processo com relação aos defeitos o mais rápido possível até o problema ser corrigido.

Existem 3 modos para o operar a inspeção informativa:

- 1- Controle estatístico da qualidade
- 2- *Checks* sucessivos em cada produto
- 3- Autoverificação em cada produto

1- Controle estatístico da qualidade

Esta ferramenta da qualidade consiste é inspecionar amostras do produto após o processo para determinar se são ou não aceitáveis.

A ferramenta SQC será abordada mais adiante, no tópico ferramentas da qualidade.

2- *Checks* sucessivos

Esta é uma maneira de melhorar a inspeção SQC. Nos *checks* sucessivos, pessoas ou máquinas do processo seguinte inspecionam cada unidade que passa neles. Caso seja identificado algum defeito, o *feedback* é acionado para estação anterior, e o defeito pode ser corrigido antes de mais produtos serem fabricados.

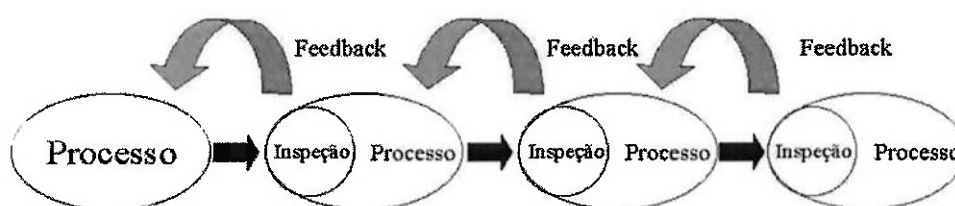


Figura 2.2 – Checks sucessivos

3- Autoverificação

Feedback e a correção do defeito podem ser executados rapidamente quando os operadores ou montadores realizam a autoverificação. No processo de

autoverificação o próprio montador realiza a inspeção após o processo de sua célula. O *feedback* neste processo é mais rápido em comparação aos demais tipos de inspeções informativas, entretanto também não se podem detectar todos os defeitos.

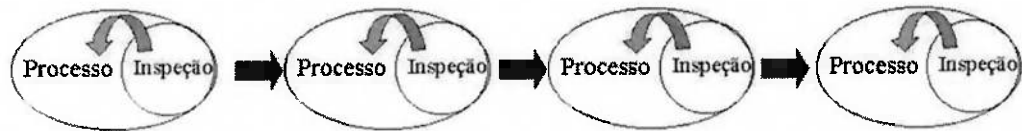


Figura 2.3 - Autoverificação

Nos 03 tipos de inspeções informativas os operadores estão verificando os defeitos após a ocorrência do mesmo e não prevenindo que eles ocorram. A único modo de inspeção que realmente prevê os defeitos é a inspeção na fonte.

2.3.3 - Inspeções que eliminam defeitos: inspeção na fonte

A inspeção na fonte é um dos 4 elementos básicos do sistema ZQC; ela difere da inspeção de verificação e da inspeção informativa da seguinte maneira: a inspeção na fonte detecta erros e proporciona o *feedback* antes do processo, ou seja, os erros não se transformam em defeitos.

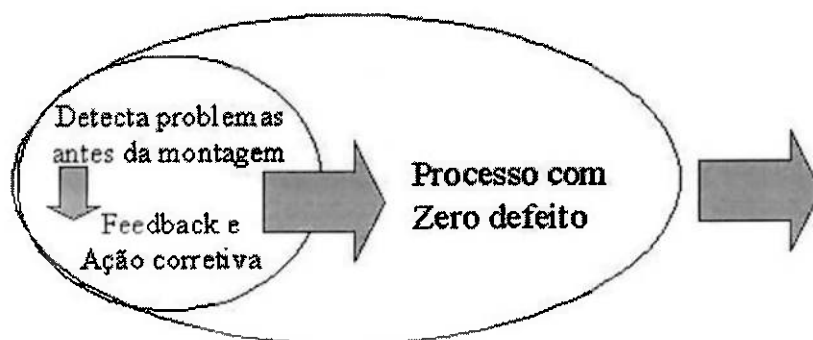


Figura 2.4 – Inspeção na fonte

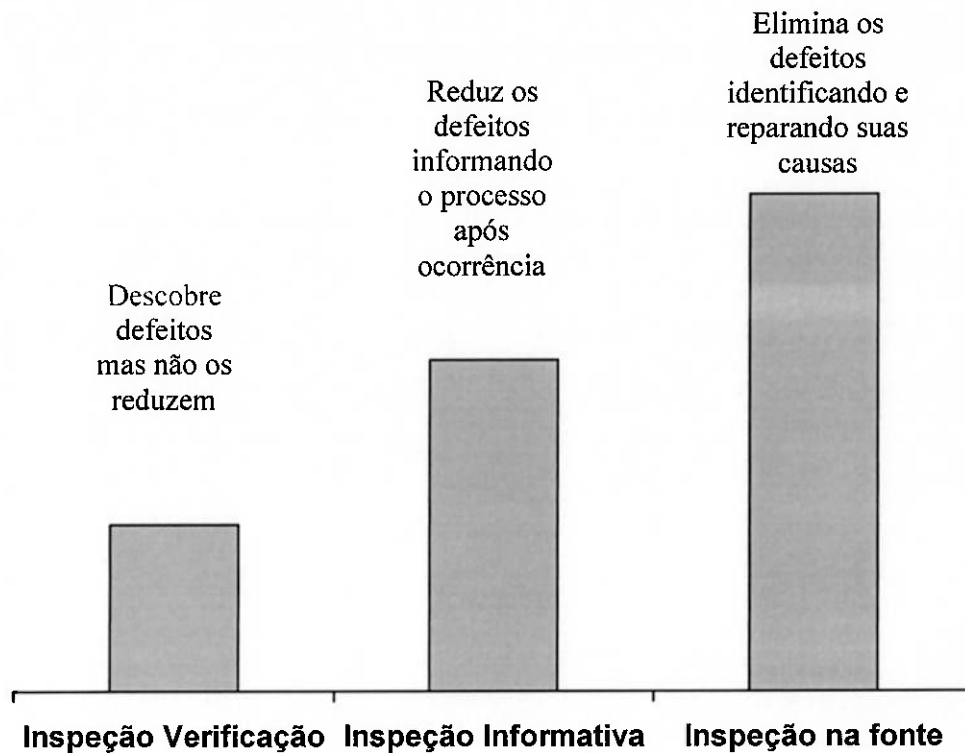


Figura 2.5 – Comparativo entre os tipos de inspeções

Tabela 2.2 – Tipos de inspeções e suas características

Tipos de inspeção	Característica
Inspeção sensorial e inspeção física	<p>As inspeções sensoriais são as inspeções realizadas com critério subjetivo, ou seja, depende do critério humano. Um exemplo deste tipo de inspeção poderia ser com relação à tonalidade de uma cor de tinta. Neste tipo de inspeção é difícil estabelecer um critério de julgamento, mesmo porque pessoas diferentes podem julgar de maneira diferente e estas mesmas pessoas podem julgar de maneira diferente de um dia para outro.</p> <p>A inspeção física envolve o uso de equipamentos de</p>

	medidas, tal como calibres ou instrumentos de medida.
Inspeção subjetiva e inspeção objetiva	<p>A inspeção subjetiva é aquela inspeção realizada pela mesma pessoa que realiza a operação. Este tipo de inspeção constantemente sofre de desatenção do operador.</p> <p>A inspeção objetiva é aquela que é realizada por um outro operador que não realiza a operação a ser verificada. Este método provê uma inspeção mais rigorosa que em relação à inspeção subjetiva, porem também pode sofrer da desatenção do operador.</p>
Processo de inspeção interno e externo	As inspeções aplicadas no mesmo processo onde o trabalho é realizado são chamados de processo de inspeção interna, e inspeções aplicadas num diferente processo são chamadas de processo de inspeção externa. O processo de inspeção interna tem a vantagem de permitir uma rápida transmissão de informações ou feedback, quando um evento ocorre, reduzindo assim a incidência de defeitos.
Inspeção estatística e não estatística	A inspeção estatística é aquela realizada tendo como base uma certa quantidade de amostras. O número de amostras pode ou não ser determinada através da teoria estatística.
Inspeção 100% e inspeção por amostra	<p>Uma inspeção de todo item produzido é a chamada inspeção 100% e por outro lado o método de verificação de um apropriado número de amostras constitui a inspeção por amostra.</p> <p>Em uma inspeção por amostra, num processo com 99% de aprovação, indica que pelo menos um consumidor entre 100 poderá ter um produto com algum tipo de defeito. A</p>

	<p>inspeção por amostra faz sentido no ponto de vista do fabricante, não do consumidor.</p> <p>A inspeção 100% faz mais sentido no ponto de vista do consumidor, pois somente um produto defeituoso é suficiente para destruir a confiança do consumidor para com a marca. Para continuar competitiva a companhia deve fornecer bons produtos, e a melhor maneira para atingir isto é organizar a produção para inspeção 100%.</p>
--	--

2.4 - Defeitos isolados e defeitos em série

Defeitos isolados são essencialmente aqueles ocorrem somente uma vez. Pode ocorrer devido a uma falha de montagem, por desatenção do operador. Defeitos em série, em contrapartida, ocorrem repetidamente. Um exemplo poderia ser uma peça estampada faltando furos por quebra de um punção.

Causas de Defeitos

Embora as maiorias dos defeitos sejam provocadas por erros humanos, abaixo segue a lista das principais causas de defeitos:

- Esquecimento: este tipo de defeito ocorre quando não estamos concentrados na operação.
- Falta de entendimento: muitas vezes tomamos decisões incorretas durante uma operação antes mesmo de se familiarizar com a situação
- Erros de identificação: identificação inadequada de um componente ou processo
- Falta de treinamento: o defeito pode ocorrer quando o operador de um determinado processo não estar devidamente treinado para a operação a ser desenvolvida.

- Erros por falta de conhecimento, ou seja, eles podem ocorrer sem que a pessoa saiba que esteja cometendo-o.
- Erros intencionais, ou seja, a pessoa sabe que está criando um defeito; é também conhecido como sabotagem.

2.5 - Funções do sistema *poka-yoke*

O sistema *poka-yoke* possui basicamente duas funções: o de executar uma inspeção 100% e se alguma anormalidade ocorrer, o sistema proporciona um *feedback* imediato e ação corretiva. Quando o sistema *poka-yoke* detecta um defeito, ele automaticamente para o equipamento ou provê um alarme; esta prevenção de defeitos depende a escolha que ele é utilizado na inspeção na fonte durante o processo ou uma inspeção informativa após o processo.

Segundo Shingo (1986), o sistema *poka-yoke* tem os seguintes pontos chaves conforme o tipo de inspeção:

Tabela 2.3 – Métodos de inspeções e suas características

Método de inspeção	Característica
Inspeção na fonte	A real implementação do ZQC significa que o sistema <i>poka-yoke</i> é utilizado na inspeção na fonte para detectar erros antes que o processo de produção crie um defeito no produto.
Inspeção informativa	O <i>poka-yoke</i> pode ser utilizado nas inspeções informativas onde o <i>check</i> é realizado imediatamente após o processo de fabricação – tanto como <i>checks</i> sucessivos ou como na autoverificação. A inspeção informativa não irá eliminar todos os defeitos, entretanto ela provê que o defeito não passe para o processo seguinte. Esta visão é mais efetiva que a inspeção por amostragem

2.6 - Utilizando o sistema *poka-yoke* para controle do processo

De acordo com Shingo (1986) o sistema *poka-yoke* pode controlar o processo de produção e prevenir os defeitos utilizando uma das 02 abordagens disponíveis:

1 – Um sistema de controle para o equipamento quando alguma irregularidade acontece, ou trava a peça para que não avance ao processo seguinte quando o processo não for finalizado.

2 – Um sistema de alarme sinaliza ao operador para parar a máquina ou encaminhar o problema para resolução.

Uma comparação entre os 02 métodos pode ser realizada, onde verificamos que o sistema de controle é mais efetivo para obtenção do método zero defeito (ZQC), pois, ele não depende do operador – o equipamento para automaticamente quando detecta alguma irregularidade. Entretanto este método não pode ser aplicado sempre ou não é conveniente pelo set up da máquina; nesses casos o sistema de alarme é utilizado, podendo este tipo de alarme ser visual, como por exemplo, lâmpadas ou diferentes tipos de som (sirenes).

Os três métodos para utilização do sistema *poka-yoke* mais usuais, segundo Shingo são:

1 – Método Contato

2 – Método Valor-fixado

3 – Método Passo-movimento

Os três métodos mencionados acima podem ser utilizados como sistema de controle ou sistema de alarme, cada qual com diferentes abordagens.

2.6.1 - Método contato

O método contato é utilizado como detector quando o produto tem a necessidade de confirmação de presença física de um determinado componente. Esta confirmação de presença é realizada através de sensores.

Um exemplo pode ser um processo onde existe um *switch* de limite que uma vez acionado confirma a presença de uma parte da peça. Uma vez não acionado o *switch*, o processo é interrompido para correção.

O método contato pode empregar também sensores do tipo fotoelétricos, que através de sinal pode identificar a presença física do produto ou parte dele.

O método contato não tem a necessidade de ser de alta tecnologia. Alguns dos melhores métodos contato são os que utilizam baixa tecnologia, tal como o emprego de pinos guias ou blocos que não permitem que o produto seja manufaturado na posição incorreta.

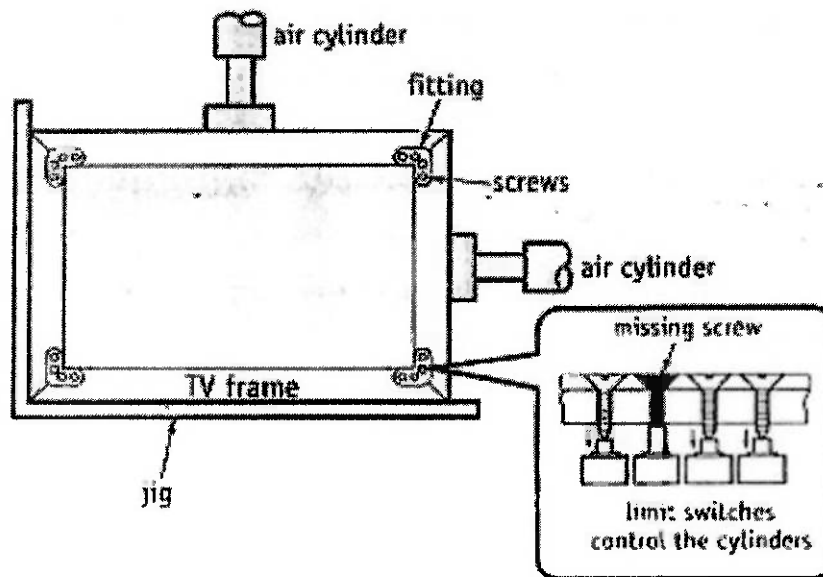


Figura 2.6 – Método contato

Fonte: PRODUCTIVITY PRESS, development team

2.6.2 – Método Valor-fixado

Segundo Shingo o método valor fixado pode ser utilizado quando um determinado número de peças deve ser montado no produto ou quando uns números de repetidas operações devem ser executados na estação do processo. Neste método, um contador verifica o número de vezes que a operação é realizada e sinaliza ou libera o produto somente quando o número pré-estabelecido é alcançado.

O método valor fixado pode utilizar *switches* tal como *switches* limite que pelo movimento envia um sinal ao contador que detecta quantos números de movimentos foram realizados.

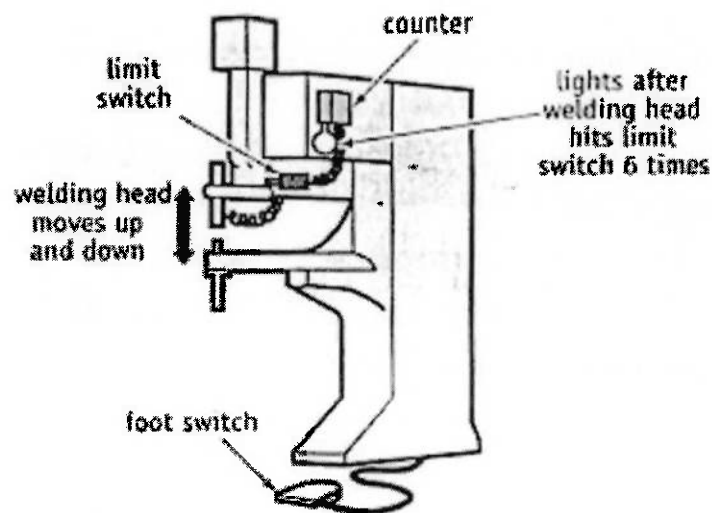


Figura 2.7: Método valor fixado

Fonte: PRODUCTIVITY PRESS, development team

2.6.3 – Método Passo-movimento

Este método é utilizado quando um processo é realizado em um determinado tempo, como o ciclo de tempo de uma máquina. O método passo-movimento pode ser também utilizado para confirmação que o processo foi realizado de acordo com a seqüência correta, o qual evita erros.

O método passo-movimento utiliza sensores e dispositivos como sensores fotoelétricos conectados a um *timer*. Caso o movimento não ocorra, o sensor de sinal para o equipamento ou dispara um alarme.

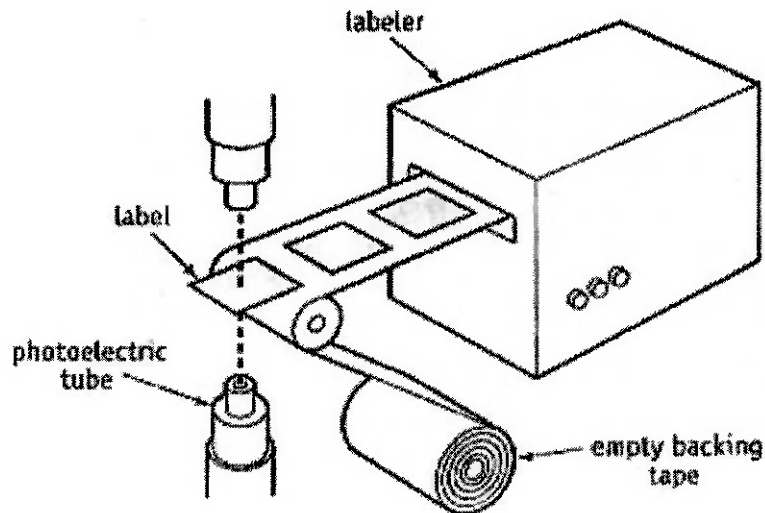


Figura 2.8: Método passo-movimento

Fonte: PRODUCTIVITY PRESS, development team

2.7 - Sistema de Identificação de Peças ao Operador (OPIS – Operator Part Identification System)

Este sistema comum adotado pela General Motors de baixo custo, é o primeiro nível de *error proofing* do produto para situações de baixo risco. O foco primário do OPIS é dar suporte ao operador, realizando a seleção da peça correta através do visual. Por exemplo, temos as maçanetas das portas esquerda e direita, que visualmente são idênticas, porém na realidade são diferentes no modo de fixação. Utilizando a técnica OPIS, as peças esquerda e direita são facilmente identificadas através do código de cor e etiquetas.

Do mesmo modo, as diferentes opções de chicotes de um painel de instrumentos são identificadas pela cor de acordo com o nível de opção de maneira de reduzir a instalação da peça incorreta.

Bons resultados foram obtidos em muitas plantas da General Motors através do uso deste simples sistema de códigos.

A seguir temos alguns exemplos para utilização do Sistema de Identificação de Peças ao Operador:

- Frente ou traseira

Se as peças são diferenciadas pela sua locação na frente ou na traseira do veículo adota-se o seguinte padrão. Para indicar a parte frontal é utilizada a abreviação “FRT” (*front*) e as peças da parte traseira pelo sinal “RR” (*rear*). Os métodos para indicar as abreviações podem ser adesivos, etiquetas, pintura, moldadas, etc.

- Esquerda ou direita

Peças com diferenciação entre lados é adotado o seguinte padrão:

LH ou E - Peças lado esquerdo

RH ou D - Peças lado direito

Na impossibilidade de se utilizar as letras para designar o lado da peça, o OPIS adota o sistema de cor, sendo o Vermelho para o lado esquerdo e Verde para o lado direito.

2.8. Ferramentas da Qualidade - Melhoria Reativa

A melhoria reativa como o próprio nome diz reage a problemas já existentes. Trata da correção e da melhoria dos processos já existentes, reduzindo as falhas e perdas.

Neste tipo de processo a principal abordagem é a padronização do processo de resolução de problemas, seja ela utilizando as 7 ferramentas ou 7 etapas do controle de qualidade.

Tabela 2.4 – As setes etapas do controle da qualidade

Etapa 1: Seleção do tema	<p>Uma etapa importante da melhoria reativa é a identificação do problema. Requer dos gerentes a orientação à equipe de qualidade para identificação do problema apropriado a ser resolvido. Caso contrário as equipes podem levar muito tempo e mesmo não resolver o problema adequadamente, ou ainda podem perder tempo resolvendo problemas insignificantes. Segundo Shiba (1997) o processo de identificação de problemas pode ser dividido em 4 partes:</p> <ul style="list-style-type: none">- Orientação por pontos fracos- Exploração do problema- Seleção cuidadosa do tema- Declaração clara do tema <p>Orientação por pontos fracos</p> <p>Utilizando-se do TQM, o ponto fraco é definido como a diferença entre a meta e o atingido. O objetivo é eliminar o ponto fraco de forma a passar do nível atual (atingido) à meta previamente estabelecida.</p> <p>A orientação pelos pontos fracos concentra-se na eliminação da diferença entre o atual e a meta, eliminando-se o ponto fraco como base de melhoria. Suas principais características são o foco nos fatos, no processo e não no resultado e foco nas causas básicas, não nas soluções.</p> <p>A orientação por pontos fracos é o componente mais importante da identificação do problema. Cabe a gerência estimular os trabalhadores de todos os níveis a identificar e revelar os problemas existentes.</p> <p>Exploração do Problema</p> <p>Este segundo passo da identificação do problema consiste em</p>
-------------------------------------	--

explorar profundamente o item selecionado. Existem muitos problemas que poderiam ser trabalhados, porém Shiba aconselha selecionar o problema seguindo a cadeia causa-e-efeito. A escolha de um tema deve estar diretamente relacionada ao cliente ou ao processo seguinte.

Shiba ressalta os 5 pecados – defeitos, erros, espera, desperdício, acidente como um dispositivo para focar a atenção em um tema diretamente relacionado à satisfação básica do cliente ou do processo seguinte. Os 5 pecados ocasionam a insatisfação do cliente interno ou externo ou geram um custo excessivo.

Uma vez desenvolvido o tema inicial, devemos rastreá-lo rumo aos 5 pecados; podemos utilizar o restante do processo de resolução de problemas para voltar ao longo da cadeia de causa-e-efeito e encontrar uma causa fundamental que realmente esteja relacionada aos clientes e custos.

Seleção cuidadosa do tema

A etapa anterior, de exploração do problema propicia vários temas a serem trabalhados. A terceira etapa na identificação do problema é a seleção cuidadosa do tema particular, para utilizá-lo como uma declaração explícita do esforço de melhoria.

No processo de melhoria contínua é importante repetir o processo de resolução de problemas. Sendo assim é necessário selecionar um tema em primeiro lugar e somente após a conclusão deste partir para o tema seguinte.

Na seleção do tema, Shiba aconselha considerar as seguintes questões:

- Sentir as conquistas a serem obtidas
- Dificuldade da situação

	<ul style="list-style-type: none"> • Urgência e efeito • Rapidez das soluções potenciais <p>Declaração clara do tema</p> <p>Esta quarta etapa na identificação do problema consiste em realizar uma declaração clara do tema. Os exemplos a seguir, Shiba ilustra as várias maneiras nas quais os temas são esclarecidos.</p> <p>“Aumentar a entrega no prazo” – tentativa inicial de declara um tema.</p> <p>Shiba propõe: “Reduzir o atraso na entrega”</p> <p>Razão: o ponto fundamental é a orientação por pontos fracos, sendo que a segunda declaração faz um trabalho melhor no sentido de direcionar a equipe rumo aos fatos e causas do problema.</p> <p>Nesta etapa na identificação do problema, Shiba considera as seguintes características de um tema eficaz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Orientação por pontos fracos • Orientação market-in • Declaração de um problema, não de uma solução • Declaração em termos de resultados, não de solução • Declaração de um problema único, não de vários
<p>Etapa 2: Coleta e análise de dados</p>	<p>A etapa de coletas de dados tem por finalidade entender a causa do problema. Para a coleta de dados utilizaremos como formato padrão uma das 7 ferramentas da qualidade, como Diagrama de Pareto, Histograma, Gráfico de Controle ou outros, descritos posteriormente.</p>
<p>Etapa 3: Analisar as causas</p>	<p>Uma vez identificado o foco na causa do problema (etapa 2) o passo seguinte é analisar detalhadamente a causa do problema.</p> <p>Nesta etapa podemos utilizar uma combinação das 7 ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa derivado do Pareto, ou</p>

	<p>seja, utilizando o diagrama causa e efeito relacionado a uma barra importante do diagrama de Pareto. A etapa de análise das causas do problema deve ser amplamente investigada, o que levará ao encontro das causas básicas. Através do uso do diagrama causa-e-efeito eliminaremos as causas improváveis, através do foco nas causas que os dados mostram como sendo influentes; as causas potenciais podem ser eliminadas quando consideradas irrelevantes ou são invalidadas por conhecimento anterior ou por dados recém coletados.</p>
<p>Etapa 4: Planejamento e implementação da solução</p>	<p>As etapas anteriores são fundamentais para o planejamento da solução; uma vez identificado a causa básica, a solução deve ser clara de maneira a reverter sua causa. Entretanto muitas vezes o problema é resolvido reprojando-se totalmente o sistema; este tipo de abordagem não é adequado, visto que no reprojeto existe a possibilidade de introduzir novos problemas. Na etapa 4 - o mais seguro é eliminar a causa básica, deixando a maior parte do sistema intacto.</p> <p>A etapa de planejamento e implementação da solução deve considerar os métodos alternativos e escolher a solução que elimine a causa básica rapidamente e com um baixo custo.</p>
<p>Etapa 5: Avaliação dos efeitos</p>	<p>A etapa 5 de avaliação dos efeitos muitas vezes é ignorada. Temos o costume de avançar para o próximo item sem a confirmação da solução do problema. Uma vez implementado a solução, podemos acompanhar o desempenho da solução através do uso das 7 ferramentas da qualidade, como gráficos de controle antes e depois da solução, confirmando a raiz do problema.</p>
<p>Etapa 6: Padronização da solução</p>	<p>A etapa da padronização consiste em apresentar os fatos sobre o que cria e mantém o novo procedimento (solução implementada). Basicamente deve seguir os seguintes tópicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manual ou documento de descrição do novo procedimento • Treinamento de operadores • Frequência e reuniões de revisões

	<ul style="list-style-type: none"> Emissão de relatórios padrões para os novos procedimentos - destinatários e finalidades
<p>Etapa 7: Reflexão sobre o processo e o problema seguinte</p>	<p>Consiste na realização de um autodiagnóstico, o qual Shiba lista os itens a verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dificuldades encontradas durante o processo, etapas e uso das ferramentas - a equipe entende as dificuldades com clareza? Assimilação de "lições aprendidas" A equipe compreende qual parte de seu processo irá aprimorar no próximo trabalho de melhoria Motivação da equipe Difusão das 7 etapas do C.Q. e as 7 ferramentas do C.Q. <p>A etapa 7 propicia a assimilação e autocrítica da melhoria do processo, mesmo que as etapas anteriores não sejam efetuadas de maneira correta.</p>

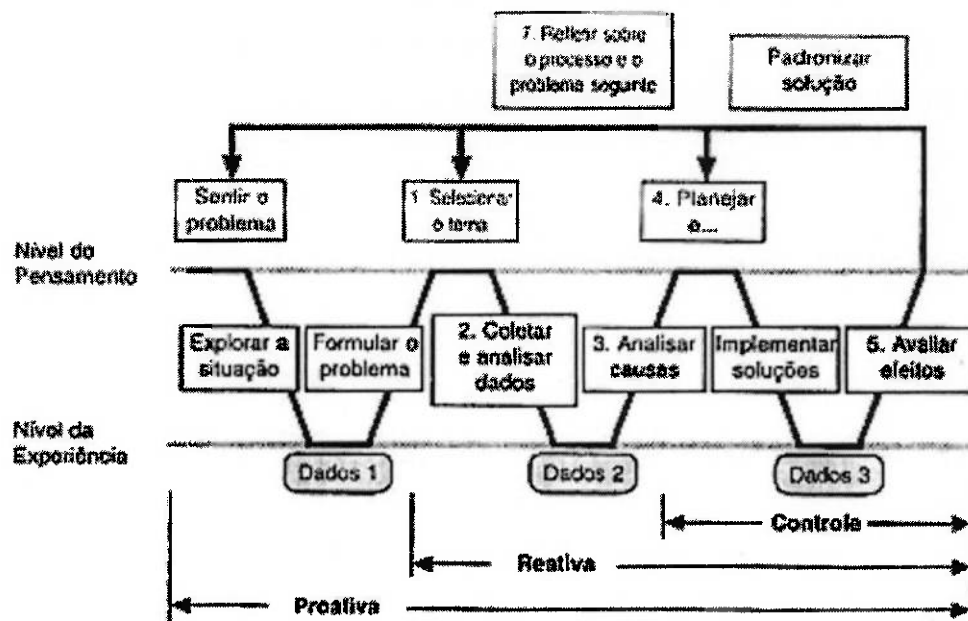


Figura 2.9 – As sete etapas do controle da qualidade

Fonte: Shiba (1197)

2.9 – As 07 Ferramentas Básicas da Qualidade

As ferramentas básicas da qualidade, descritas abaixo, permitem a descoberta e ataque à causa fundamental dos problemas da falta de qualidade. Além destas ferramentas, outras ferramentas estatísticas, tais como a análise multivariada e o projeto de experimentos, são algumas vezes ensinadas como parte da resolução reativa de problemas.

2.9.1 – Diagrama de Pareto

Tendo em vista os diversos tipos de problemas existentes nas fábricas, é extremamente importante esclarecer a forma de distribuição dos mesmos. A maioria das perdas (itens defeituosos e custos) deve-se a alguns poucos tipos de defeitos, que podem ser atribuídos a uma pequena quantidade de causas, deixando de lado, numa abordagem preliminar os outros defeitos que são muitos e triviais.

A análise de Pareto foi aplicada no campo do controle da qualidade pelo Dr. J. M. Duran, que reuniu estudos dos economistas V. Pareto (italiano, 1897) e M. C. Lorenz (americano, 1907), cujas teorias eram semelhantes e demonstravam que a maior parte da renda ou riqueza pertencia a muitas poucas pessoas. No campo da qualidade J. M. Juran demonstrou que, em muitos casos, a maior parte dos defeitos e de seus custos decorrem de um número relativamente pequeno de causas.

O diagrama de Pareto é uma representação gráfica, onde um gráfico de barras mostra o maior problema à esquerda seguindo pelos problemas de importância menores à direita. Os totais absolutos de efeitos são sempre mostrados no lado esquerdo, e os percentuais cumulativos são indicados à direita do gráfico.

Resumindo, o diagrama de Pareto “é uma forma de descrição gráfica aonde se procura identificar quais itens são responsáveis pela maior parcela dos problemas”.

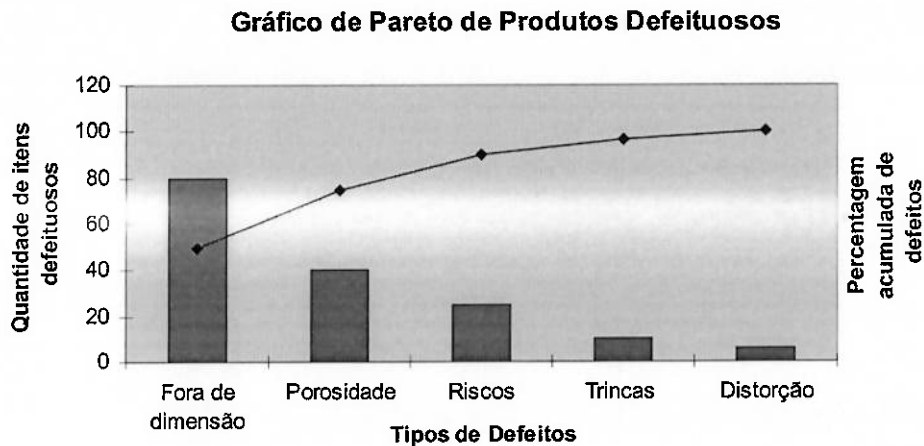


Figura 2.10 – Gráfico de Pareto

2.9.2 – Diagrama de Causa-Efeito

O resultado de um processo pode ser atribuído a uma grande quantidade de fatores, e uma relação de causa-e-efeito pode ser encontrada entre esses fatores. Pode-se determinar a estrutura ou uma relação de causa-efeito múltipla observando-se o processo sistematicamente.

Este tipo de abordagem foi sintetizado pelo professor Kaoru Ishikawa, em 1953 e definido da seguinte forma:

“Diagrama de causa-e-efeito: Um diagrama que mostra a relação entre uma característica da qualidade e os fatores”.

O diagrama causa-e-efeito tem à sua direita o efeito e as suas principais causas no eixo horizontal. Estas causas principais, conhecidas como 5M's, ou seja, mão de obra, materiais, máquinas, métodos e meio ambiente, são divididas em subcausas e assim por diante.

Esta ferramenta da qualidade não é basicamente uma ferramenta estatística; ela enumera uma variedade de causas e não a frequência dos eventos. No entanto, ela é uma ferramenta útil na observação da frequência dos eventos, uma vez que tenhamos os dados.

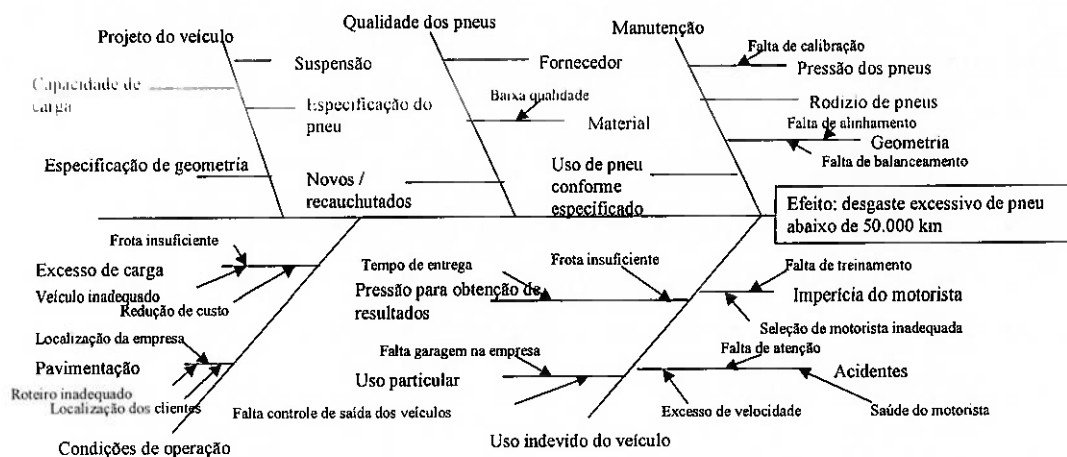


Figura 2.11 – Diagrama causa-e-efeito

2.9.3 – Lista de verificação

Uma lista ou folha de verificação é um formulário de papel no qual os itens a serem verificados já estão impressos, de modo que os dados possam ser coletados de uma forma fácil e concisa. Suas principais finalidades são duas:

- Facilitar a coleta de dados
- Organizar os dados simultaneamente à coleta, para que possam ser facilmente usados mais tarde.

Um fato a ser observado é que quanto o maior número de pessoas coletam e processam dados, maior é a possibilidade de erros. Por esta razão, a folha de verificação deve possibilitar que os dados sejam registrados através de marcas ou

símbolos simples, e imediatamente organizados sem necessidade de rearranjo manual posterior, tornando-se uma poderosa ferramenta de registro. A lista ou folha de verificação pode ser calibrada de maneira que quando plotarmos os dados as marcas de verificação criam um histograma.

Equipamento	Operário	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta	
		M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
Máquina 01	A	oo	o	ooo	o	ooo	ooo	oooo	oo	oo	
		x	x		xx	xxx	xxx	x	xx		xx
	d	dd			dd	dd				d	d
	@	@			@						
Máquina 02	B	o	ooo	ooooo	ooo	oooooo	oooooo	ooo	oo	ooo	oooo
		xx	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx
	##	#		##	##		#	#	###	##	
	d	ddd	dd	d	dd	dd		d	d	d	
Máquina 02	C	o	o	oo	o	ooo	oo	oo	o	o	oo
		x		x	xx			x			xx
	d	d	dd	d			d			dd	d
Máquina 02	D	xxx	x	xxx	xx		ooo	oo	o		oo
		#		####	####	##	xxxx	xxxx	xxx	x	
			dddd	dddd	ddd	dd	d	#####	#####	#	
	@@@	@			ddd	dd	d			@	@@@
Legenda:		o - Risco		# - Formato defeituoso		@ - outros					
		x - Bolha		d - Acabamento defeituoso							

Figura 2.12 – Lista de Verificação

2.9.4- Histograma

4.1 – Variação e Distribuição

Em um processo tido como ideal, com todos os fatores (homem, máquina, métodos, etc) constantes teríamos uma coleta de dados de mesmo valor. Porém verificamos que é impossível manter todos estes fatores constantes todo o tempo; os valores não sempre os mesmos, mas isto não significa que sejam determinados de maneira

desordenada. Embora os valores estejam sempre mudando, eles são regidos uma certa regra e, nesta situação, dizemos que seguem uma determinada distribuição.

4.2 – Populações e Amostras

No controle da qualidade a coleta de dados é uma ferramenta que possibilita verificarmos os fatos que estão por trás dos dados, e conseqüentemente possibilita a tomada de ação baseadas naqueles fatos.

Considerando-se uma inspeção por amostragem, e tomando uma amostra de um lote, onde se efetua a análise dimensional da peça para decidirmos se devemos aceitar todo o lote ou não. A preocupação neste caso não é com a amostra em si, mas com a qualidade de todo o lote.

A totalidade dos itens considerados é denominada de população.

4.3 – Histogramas

Os dados obtidos de uma amostra servem como base para uma decisão sobre a população, ou seja, quanto maior for o tamanho da amostra, informações mais precisas teremos sobre a população. Para compreender melhor os dados da população, utilizamos o histograma. O histograma é um gráfico que mostra a dispersão dos dados e com ele podemos analisar as características dos dados e a causa da dispersão.

O histograma é basicamente um gráfico de barras mostrando a distribuição estatística ao longo de intervalos igualmente divididos de uma unidade de qualidade.

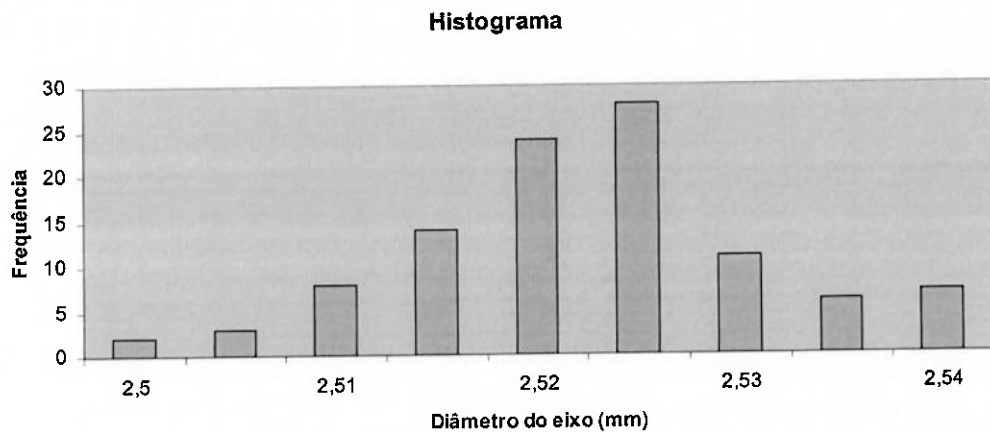


Figura 2.13 - Histograma

2.9.5- Diagrama de dispersão

A relação entre a causa e efeito, como pode ser extraída através do diagrama de dispersão (pode ser chamado também de diagrama de correlação). A relação entre duas variáveis, como a velocidade de uma máquina de corte e o dimensional da peça ou o fator de iluminação e erros de inspeção podem ser estudadas através do diagrama de dispersão.

As principais variáveis freqüentemente utilizadas são:

- Uma característica de qualidade e um fator que a afeta;
- Duas características da qualidade se relacionam ou;
- Dois fatores que se relacionam com uma mesma característica da qualidade

O diagrama de dispersão é constituído de 02 eixos, onde num eixo plota muitos pontos de dados, tipicamente como medida da qualidade e no outro eixo plota a variável hipotética que influencia a qualidade.

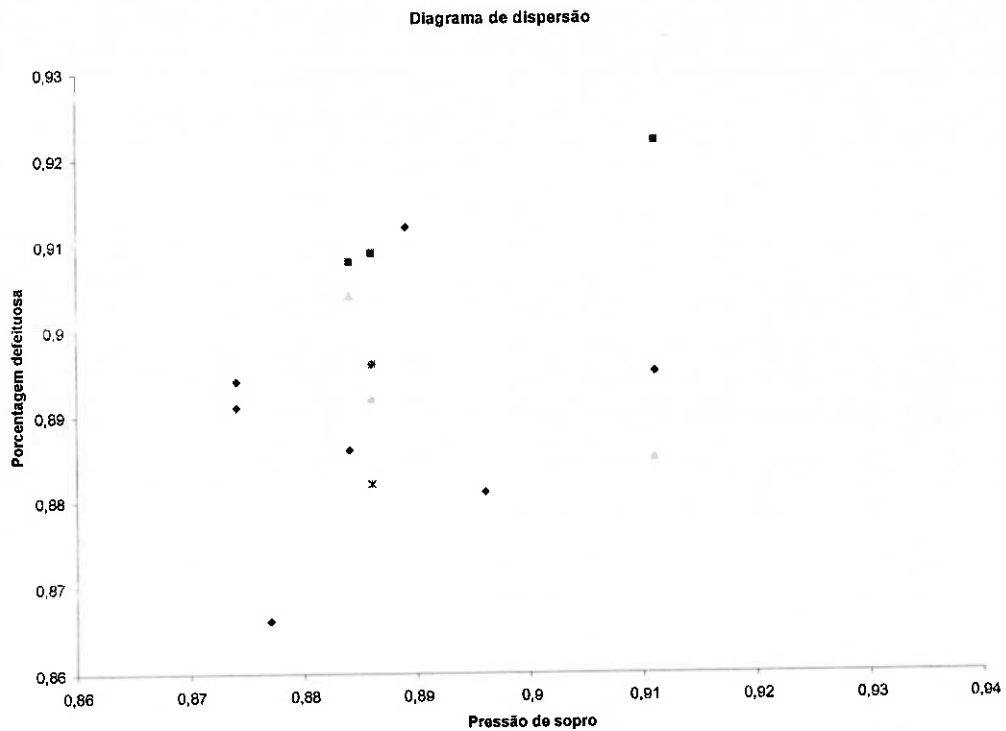


Figura 2.14 – Diagrama de dispersão

2.9.6 – Gráfico linear

O gráfico linear permite a visualização e análise da evolução de alguma característica ao longo de um determinado tempo.

Além do gráfico linear, nesta ferramenta podemos utilizar outros tipos de gráficos, como o de barra, gráfico de pizza, e gráfico radar.

Gráfico Radar

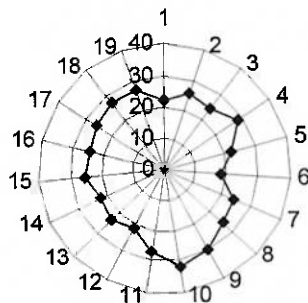


Figura 2.15 – Gráfico Radar

Gráfico Linear

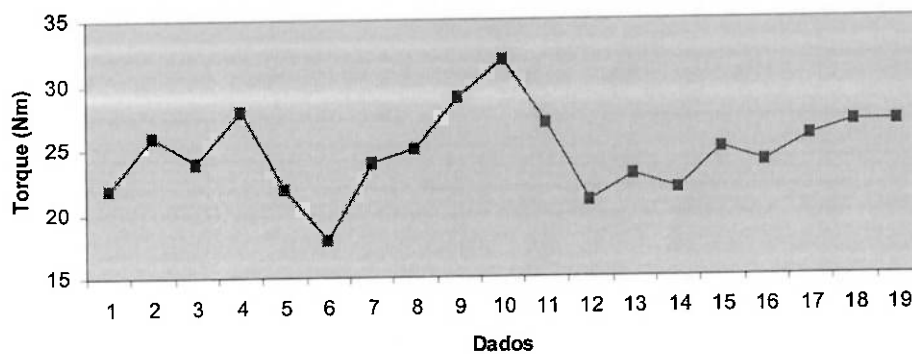


Figura 2.16 - Gráfico Linear

2.9.7 – Gráfico de controle

O gráfico de controle inicialmente proposto por W.A. Shewhart (Bell Telephone Laboratories) tinha a finalidade de eliminar variações anormais pela diferenciação entre as variações devidas a causas assinaláveis aquelas devidas a causas aleatórias.

A variação devida à causa aleatória é inevitável, visto que ocorre num processo onde as operações são padronizadas (matéria-prima, métodos, máquinas, etc). A variação devida à causa assinalável significa que existem fatores relevantes a serem investigados; pode ser gerado pelo não cumprimento de determinados padrões.

Um gráfico de controle possui linhas de limites, onde os dados coletados entre estes limites indicam que sua qualidade é aceitável; estando qualquer ponto fora dos limites de controle ou apresentarem uma disposição atípica, o processo é julgado fora de controle.

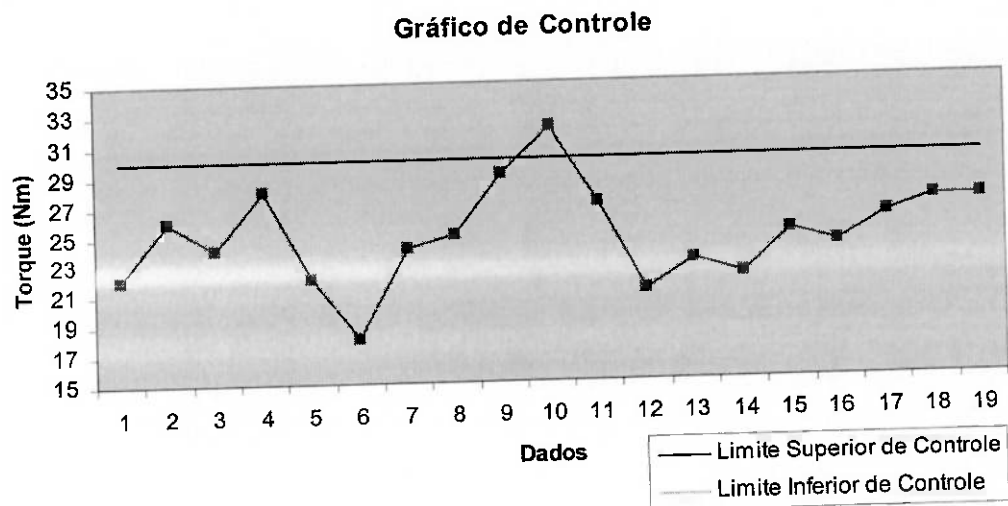


Figura 2.17 – Gráfico de Controle

2.10 - F.M.E.A. – Failure Mode and Effects Analysis

O FMEA pode ser descrito como um grupo de atividades sistêmicas com o objetivo de reconhecer e avaliar falhas potenciais e seus efeitos em um produto ou processo e identificar as ações que possam reduzir as chances dos modos de falhas potenciais venham a ocorrer.

A análise FMEA pode ser aplicada para os produtos industriais tanto na fase de projeto quanto no processo produtivo. Isto é fator de distinção entre o FMEA de Projeto e o FMEA de Processos, porém ambos são orientados a eliminar as causas das falhas que surgem sobre o produto na utilização pelo cliente, sendo, portanto complementares entre si.

O FMEA de Projeto é uma metodologia para analisar um projeto, decompondo o mesmo em partes elementares ou sub-conjuntos de modo a identificar os pontos fracos e as criticidades que poderão influenciar na confiabilidade do produto. Uma vez identificados os pontos fracos podemos definir as melhores ações corretivas.

O possível defeito ou falha potencial é relacionada e avaliada em base aos efeitos consequentes, estes pontuados conforme prioridades para o posterior cálculo do fator risco.

O FMEA de Processos é uma técnica analítica utilizada como instrumento para garantir que cada possível anomalia do processo em estudo seja avaliada. O FMEA de Processos deve abranger novos produtos, produtos modificados e produtos já conhecidos, porém fabricados com nova tecnologia.

A seguir temos as principais etapas do FMEA:

1 - Ao iniciar a elaboração do FMEA de Processos é necessário compreender detalhadamente todas as operações elementares do processo em estudo, bem como o fluxo do mesmo. Isto possibilitará delimitar a parte do processo produtivo a ser estudado, pois podem existir operações que não serão consideradas no FMEA.

2 - Depois de identificado o processo objeto de estudo, o segundo passo consiste em relacionar todas as possíveis anomalias ou modos de falhas, independentemente da probabilidade de ocorrência.

2.11 - Matriz de Decisão

A matriz de decisão é uma ferramenta utilizada para escolha da melhor alternativa disponível para um determinado assunto. Segundo Kaminski (2000) a escolha é normalmente realizada a partir de uma análise comparativa entre várias alternativas e propostas disponíveis, buscando-se destacar os pontos fortes de cada uma.

Devido ao grau de incerteza e subjetividade presente em cada uma das alternativas, a matriz de decisão procura estabelecer os critérios (atributos) da forma mais quantitativa possível, pois a dificuldade encontrada neste processo é quantificar grandezas abstratas, o que torna o julgamento e bom senso de supra-importância. Kaminski (2000) ressalta que a capacidade de julgamento e o bom senso são adquiridos através da experiência do profissional é necessário um profundo conhecimento dos fenômenos e/ou processos envolvidos.

Resumindo, a matriz de decisão tem como entradas os atributos e as várias alternativas são dispostas nas colunas. Na matriz de decisão atribui-se um peso aos atributos, obtendo assim sua importância relativa. Atribuem-se também notas (por exemplo, de 0 a 3) a cada alternativa proposta, obtendo-se assim a avaliação relativa de cada uma para o determinado atributo.

No cruzamento entre informações (alternativas versus atributos) podemos considerar as notas conforme relação:

- 0 – Não há nenhuma ligação
- 1 – pouca importância ou ligação
- 2 – tem alguma importância ou ligação
- 3 – muito importante ou forte ligação

A figura a seguir exemplifica um modelo de matriz de decisão:

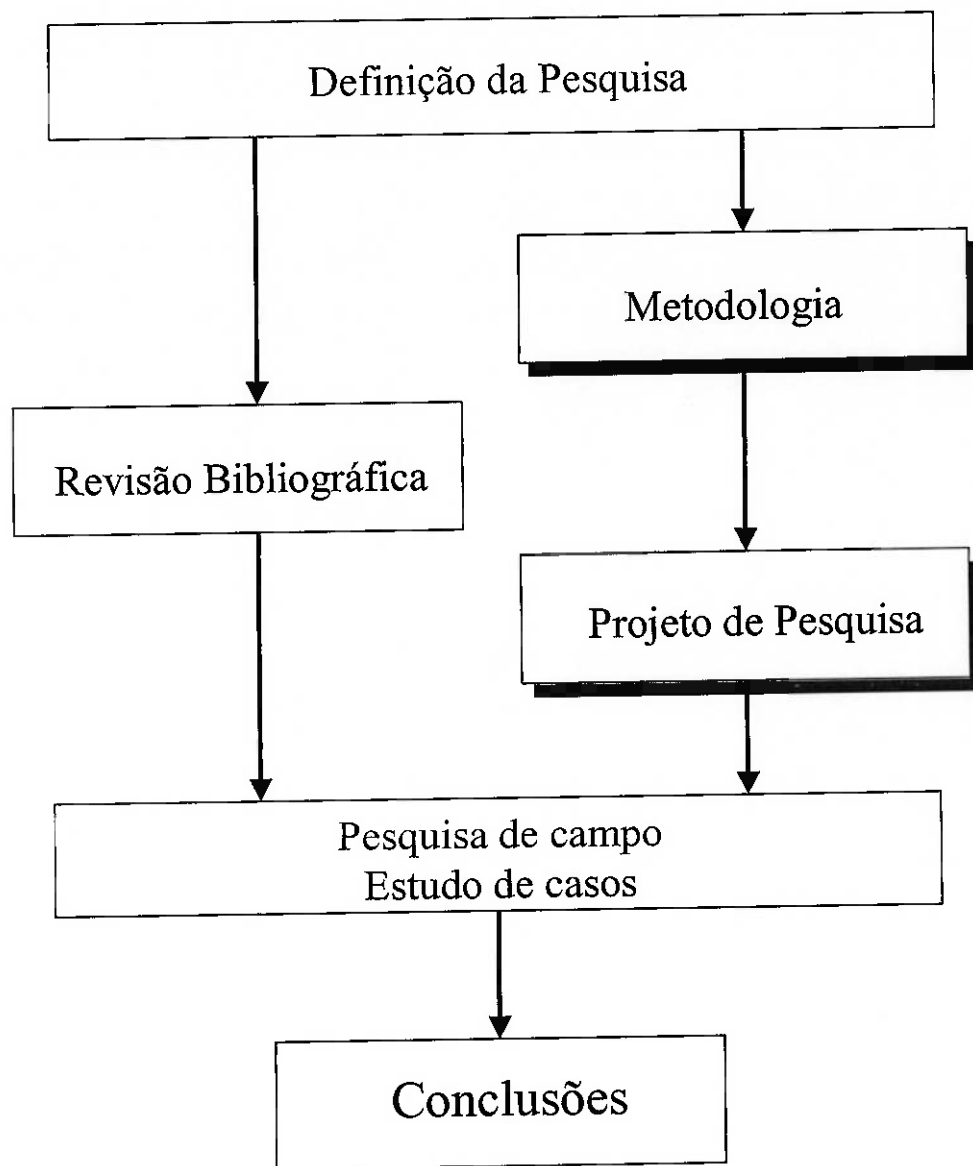
ATRIBUTO	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Nota	Peso x Nota	Nota	Peso x Nota	Nota	Peso x Nota
Item 1							
Item 2							
Item 3							
⋮							
Soma	1		A		B		C

A,B e C representam a somatória dos pesos vezes as notas para cada alternativa.

Fonte: Kaminski (2000)

A alternativa cuja somatória for maior (A,B,C ou X) será a mais viável.

Figura 2.19 – Matriz de decisão



CAPÍTULO 3: METODOLOGIA

A metodologia pode ser definida, conforme Kaplan (Castro, 1977) como o interesse por princípios e técnicas que são chamados conseqüentemente de métodos. Os métodos são por sua vez são técnicas suficientemente gerais para se tornar comum a todas as ciências ou a uma significativa parte delas.

3.1 - Abordagem da pesquisa

A escolha e definição da abordagem da pesquisa são fundamentais para garantir o direcionamento da pesquisa, estando atrelada aos objetivos centrais.

Segundo Bryman (1995) existem duas abordagens para pesquisa: a abordagem qualitativa e a abordagem quantitativa. A principal diferença é que a abordagem quantitativa é impulsionada por considerações prévias da teoria e literatura e a qualitativa evita a idéia de que o pesquisador é a fonte do que é relevante em relação ao objeto da pesquisa.

A abordagem qualitativa ressalta os seguintes aspectos:

- Maior proximidade do pesquisador às circunstâncias nas quais a empresa está envolvida
- Menor rigidez na estruturação da pesquisa proporcionando maior flexibilidade para redirecionamento dos eventos (caráter exploratório)
- Seqüência de eventos ao longo da pesquisa, minimizando as dificuldades em reproduzir as etapas da pesquisa.
- Utilização de mais de uma fonte de dados dentro do universo restrito da pesquisa

A abordagem quantitativa ressalta os seguintes aspectos:

- Restrições iniciais sobre o alcance da pesquisa
- A evidência de relações casuais na formulação da hipótese
- A inadequação de variáveis difíceis de quantificar
- A replicação dos fenômenos pesquisados
- As conclusões que sirvam a generalizações, ultrapassando os limites restritos da pesquisa.

Observando-se os objetivos da pesquisa e os aspectos envolvidos com as abordagens, conclui-se que a abordagem indicada é a **abordagem qualitativa**.

Esta abordagem é justificada pela necessidade do envolvimento e presença do pesquisador ao objeto de estudo e à fonte dos dados, tendo em vista as variáveis abrangentes relacionadas ao tema da pesquisa e a necessidade de um envolvimento perceptivo sobre as ações gerenciais da organização e também pela necessidade de confiabilidade sobre os dados e informações a serem coletados.

3.2- Determinação do tipo de pesquisa

Pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispões de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema.

A pesquisa é desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos. Na realidade, a pesquisa desenvolve-se ao longo de um processo que envolve inúmeras fases, desde a adequada formulação do problema até a satisfatória apresentação dos resultados “- Gil (1987).

Com base no objetivo, a definição do tipo de pesquisa a ser realizado, segundo Gil (1987) pode ser classificado em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas.

3.2.1 - Pesquisa exploratória

As pesquisas exploratórias têm como objetivo propiciar maior familiaridade com o problema, visando torna-lo mais explícito ou estabelecer hipóteses. O pesquisador parte de uma hipótese e aprofunda seus estudos nos limites de uma realidade específica, procurando antecedentes e maiores conhecimentos para, em seguida planejar uma pesquisa descritiva ou de tipo experimental. Seu planejamento é flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado.

A pesquisa exploratória basicamente compõe-se de levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e a análise de exemplos que estimulem a compreensão.

3.2.2 - Pesquisa descritiva

A pesquisa descritiva tem como objetivo principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno estudado, ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Sua principal característica está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tendo como exemplo o questionário.

A pesquisa descritiva pode além de identificar a existência de relações entre variáveis, determinar a natureza desta relação, fazendo com que a pesquisa descritiva se aproxime da exploratória.

3.2.3- Pesquisas explicativas

A pesquisa explicativa tem como objetivo identificar os fatores que determinam ou que contribuem para ocorrência dos fenômenos. É o tipo de pesquisa que aprofunda o conhecimento da realidade, explicando a raiz das ocorrências. Este fator torna a pesquisa explicativa a mais complexa, visto que aumenta os riscos de ocorrer erros.

Tendo em vista estas características, não significa que as pesquisas exploratórias ou descritivas tenham menor valor, visto que quase sempre constituem uma etapa prévia indispensável para que possam obter explicações científicas.

Portanto, considerando-se as características para cada tipo de pesquisa, segundo definição de Gil(1987), o tipo de pesquisa que mais adequado ao trabalho proposto é a pesquisa exploratória.

3.3 – Métodos de Pesquisa

O método de pesquisa pode ser definido, segundo Bryman (1995) como a técnica de coleta de dados. O pesquisador faz parte de uma grande estrutura de orientação da investigação, onde esta estrutura provê regras de coleta e análise de dados.

Esta mesma classificação dos métodos de pesquisa, com base nos procedimentos técnicos utilizados, é chamado por Gil (1987), como delineamento, ou seja, o planejamento da pesquisa, desde a diagramação quanto à previsão de análise e interpretação da coleta de dados.

Para identificação do delineamento, Gil considera como elemento mais importante o procedimento de coleta de dados, sendo sua classificação é dividida da seguinte maneira:

3.3.1 - Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica tem como base materiais previamente elaborados, constituindo-se de livros, artigos científicos, periódicos e outros. Outros delineamentos geralmente se utilizam deste tipo de trabalho, porém existem pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir das fontes bibliográficas.

A pesquisa bibliográfica permite ao pesquisador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. Esta vantagem é importante quando o problema de pesquisa requeira dados muito dispersos pelo espaço. A pesquisa bibliográfica também é indispensável nos estudos com bases históricas.

A qualidade da pesquisa bibliográfica está diretamente com a qualidade dos dados bibliográficos e seu processamento. Uma pesquisa fundamentada em fontes secundárias tende a ampliar eventuais erros, requerendo ao pesquisador assegurar e analisar em profundidade cada informação obtida.

3.3.2 - Pesquisa documental

A pesquisa documental difere da pesquisa bibliográfica no seguinte aspecto: a fonte da pesquisa bibliográfica é baseada nas contribuições dos diversos autores sobre um determinado assunto, enquanto a pesquisa documental é baseada em materiais que não receberam um tratamento analítico, ou que ainda podem ser re-elaborados de acordo com os objetos da pesquisa.

Como exemplo de material de pesquisa disponível neste tipo de delineamento podemos citar documentos de órgão públicos e instituições privadas, tais como cartas pessoais, diários, fotografias, memorandos, regulamentos, ofícios, boletins, etc.

Considerando-se que os documentos constituem uma fonte rica de dados, a pesquisa documental torna-se ideal para uma pesquisa de natureza histórica. A limitação da

pesquisa documental refere-se à eventual não-representatividade e à subjetividade dos documentos disponíveis.

3.3.3 - Pesquisa experimental

A pesquisa experimental é considerada como o melhor exemplo de uma pesquisa científica: consiste na determinação de um objeto de estudo, seleção das variáveis capazes de influenciá-lo e definição das formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

As modalidades de pesquisa experimental mais comuns, segundo Gil são:

- 1 - Experimentos “apenas depois” – consiste em dividir uma população com características relevantes homogêneas em dois grupos, sendo o primeiro designado grupo experimental e o segundo grupo de controle. O experimento consiste em um estímulo ao grupo experimental e após procede-se a medição e verificação da variação significativa entre eles decorrentes do estímulo.

- 1 – Experimentos “antes-depois” com um único grupo – considerado como o esquema mais simples de experimentação; é constituído por um único grupo reduzido onde o mesmo é avaliado quanto à característica a ser estudado; logo após o grupo é submetido a um estímulo e efetua-se novamente a aferição, comparando-se posteriormente os resultados.

- 2 – Experimentos “antes-depois” com dois grupos – o grupo experimental e o grupo de controle são aferidos no início e no fim do experimento, onde, somente o grupo experimental é submetido ao estímulo. A diferença entre os resultados dos dois grupos constitui medida da influência do estímulo introduzido.

3.3.4 - Pesquisa *ex-post-facto*

A pesquisa *ex-post-facto* compreende de um experimento realizado após os fatos. Neste tipo de pesquisa são tomadas como experimentais as situações que se desenvolveram naturalmente e trabalha-se sobre elas com se estivessem submetidas a controles.

Um exemplo da pesquisa *ex-post-facto* citado por Gil seria duas cidades com aproximadamente o mesmo tamanho e características sócio-culturais semelhantes; instalado uma indústria em uma destas cidades, as modificações ocorridas nesta cidade pode ser atribuída ao fato da instalação da indústria por ser o único fator relevante observado.

3.3.5 - Pesquisa levantamento

O levantamento caracteriza-se como uma pesquisa onde se interroga diretamente a pessoa os quais deseja-se estudar o comportamento, e através de uma análise quantitativa obtém-se as conclusões correspondentes aos dados coletados.

No levantamento geralmente não são pesquisados todos os integrantes da população estudada; este número de integrantes a serem pesquisados pode ser obtido através de levantamento estatístico. Nos casos onde se verifica a informação de todos os integrantes da população, o levantamento é denominado censo.

3.3.6 - Estudo de caso

O estudo de caso caracteriza-se pela profundidade na avaliação de um ou de poucos objetos, cuja finalidade é permitir o seu amplo e detalhado conhecimento.

O estudo de caso pode ser definido:

“... um conjunto de dados que descrevem uma fase ou a totalidade do processo social de uma unidade, em suas várias relações internas e nas suas fixações culturais, quer

seja essa unidade uma pessoa, família, um profissional, uma instituição social, uma comunidade ou uma nação” - Young (1960) apud Gil (1987). Esta definição e sua difusão, entretanto, pode ser adotado na investigação de fenômenos das mais diversas áreas de conhecimento.

A utilização do estudo de caso é verificada amplamente nas pesquisas exploratórias, devido sua flexibilidade, o que é recomendável nas fases iniciais de uma investigação sobre temas complexos, construção de hipóteses ou reformulação do problema.

As principais vantagens verificadas neste tipo de delineamento são a possibilidade de novas descobertas, propiciadas pela flexibilidade, planejamento e profundidade do estudo do tema e a simplicidade dos procedimentos de coleta e análise de dados adotados no estudo de caso em comparação com outros tipos de delineamento. Sua desvantagem pode ser exemplificada pela dificuldade de generalizar os resultados obtidos, visto o número reduzido de análise de casos, ou pela unidade escolhida que pode ser bastante divergente em relação a outras da população.

3.3.7 - Pesquisa ação

Na realização da pesquisa ação é necessário o envolvimento ativo do pesquisador e a ação por parte das pessoas ou grupos envolvidos no problema, tornando este tipo de delineamento desprovido de objetividade.

A pesquisa ação é definida: “... um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo” – Thiolllet (1985, p.14) apud Gil(1987).

3.3.8 - Pesquisa participante

A pesquisa participante possui uma característica idêntica a pesquisa ação pelo fato da interação entre o pesquisador e as pessoas ou grupos alvo de estudo; sendo que na realização da pesquisa ação o estímulo ao grupo se dá de forma planejada. Segundo Gil (1987) a pesquisa participante envolve a distinção entre a ciência popular e ciência dominante. A ciência dominante é uma atividade que privilegia a manutenção do sistema vigente e a ciência popular, permite trabalhar e interpretar a realidade a partir do senso comum ou recursos que a natureza oferece.

A opção pelo método de pesquisa, levando em consideração as características descritas, é o **estudo de caso**. A escolha por este método é justificada pela necessidade de estudo profundo de poucos objetos e com os dados obtidos comprovar se o método proposto é adequado para implementação de projeto de poka-yoke.

3.4 - Resumo da Metodologia de Pesquisa

Tabela 3.1 – Resumo da Metodologia de Pesquisa

Característica da Pesquisa	Metodologia
Abordagem	Abordagem qualitativa
Tipo de pesquisa	Pesquisa exploratória
Método de pesquisa	Estudo de caso
Número de casos	03

CAPÍTULO 4: PROJETO DE PESQUISA

O projeto de pesquisa tem por objetivo ligar os dados empíricos aos problemas iniciais da pesquisa. O plano de pesquisa é um plano de ação para se ir de um conjunto de perguntas a serem respondidas ao conjunto de conclusões.

O plano de pesquisa estará estruturado da seguinte maneira:

- Perguntas do estudo - neste tópico estão envolvidas as perguntas a serem respondidas, os dados relevantes e como analisar os resultados.
- A unidade de análise
- As proposições ou hipóteses
- Dados relevantes
- Ligação lógica entre os dados e proposições
- Interpretação dos dados coletados

Tabela 4.1 – Quadro projeto da pesquisa

Pergunta:	Como utilizar o conceito <i>poka-yoke</i> para solucionar problemas de qualidade em processos produtivos metalúrgicos?
Unidade de Análise	Áreas Produtivas da General Motors do Brasil – Complexo SJCampos
Hipóteses	H1: O método proposto é adequado* para a elaboração e implementação do projeto de <i>poka-yoke</i> . (* <i>Adequado: racional, lógico</i>)

Dados Relevantes	<ul style="list-style-type: none">• D1: Os indicadores da qualidade• D2: Custo provocado pela não conformidade• D3: Dados históricos do defeito alvo do <i>poka-yoke</i>• D4: Custos para implementação• D5: Padrão de qualidade apropriado• D6: Raiz causa do problema• D7: Análise do fator risco do problema• D8: Resultados após a implementação do <i>poka-yoke</i> (n.º de defeitos, etc)
Ligação lógica entre os dados e as proposições	<p>H1: O método proposto é adequado para a implementação e elaboração do projeto de <i>poka-yoke</i>.</p> <ul style="list-style-type: none">• D1: Os indicadores da qualidade permitirão selecionar os problemas críticos da qualidade para a empresa (adequação ao padrão).• D2: O custo provocado pela não conformidade permitirá selecionar os problemas críticos da qualidade para a empresa (adequação ao custo).• D3: Os dados históricos do defeito alvo para implementação e elaboração do projeto <i>poka-yoke</i> nos permitirão visualizar se as características do defeito (sempre ocorreu, está relacionada com treinamento dos operadores, ocorrência em determinadas épocas, período ou turno de trabalho).• D4: A análise do custo para implementação do <i>poka-yoke</i> permitirá a comparação com outras possíveis soluções (reprojeto, instalação de sensores, dispositivos, etc)

	<ul style="list-style-type: none">• D5: O padrão de qualidade para identificação do problema apontado deve estar adequado com os critérios da empresa; caso afirmativo aplicar o método para implementação do <i>poka-yoke</i>.• D6: A raiz causa do problema bem identificado permitirá a escolha do melhor método para implementação da solução. A raiz causa do problema permitirá trabalhar somente com os problemas dentro do escopo do projeto.• D7: A análise do fator risco permitirá definir a necessidade ou não de implementação de um <i>poka-yoke</i> para eliminar o problema• D8: Os resultados nos indicadores da qualidade após implementação do projeto <i>poka-yoke</i> permitirá a verificação se o método foi adequado (eliminou-se o defeito, reduziu ou não fez efeito).
--	--

4.1 – Elaboração da Pesquisa

A utilização do estudo de caso como metodologia de pesquisa possibilita uma flexibilidade nas ações e profundidade no estudo do tema conforme mencionado anteriormente. Entretanto Gil (1987) cita algumas etapas fundamentais para a metodologia:

- Planejamento da pesquisa
- Delimitação das unidades caso
- Elaboração do instrumento de coleta de dados

- Pré-teste ou Estudo Piloto
- Análise e interpretação dos dados

A etapa do planejamento de pesquisa faz parte da tabela 4.1

4.2 – Delimitação da unidade caso

O primeiro procedimento para metodologia da pesquisa consiste em delimitar a unidade que constitui o caso estudo. Todavia, devido à dificuldade traçar os limites de qualquer objeto social, é difícil determinar a quantidade de informações necessárias sobre o objeto delimitado, o que requer do pesquisador uma habilidade superior à requerida nos demais delineamentos explicados anteriormente. Devido a não existir limites inerentes ou intrínsecos ao objeto de estudo e os podemos obter vários dados a seu respeito, exige-se do pesquisador certa dose de intuição para avaliar quais os dados suficientes para se chegar aos objetivos.

Para obter resultados significativos, o delineamento recomenda uma certa variedade de casos. Os casos em geral não são selecionados através de critérios estatísticos. Gil (1987) aconselha seguir algumas regras mencionadas a seguir:

- Buscar casos típicos, ou seja, explorar objetos que, em função da informação prévia, pareçam ser a melhor expressão do tipo ideal da categoria
- Selecionar casos extremos: utilizando esta regra teremos uma idéia dos limites dentro dos quais as variáveis podem oscilar
- Tomar casos marginais, ou seja, encontrar casos atípicos ou anormais para, por contraste, conhecer os casos normais e as possíveis causas do desvio

4.3 – Instrumento de Coleta de Dados

A etapa de coleta de dados num estudo de caso pode ser realizado de várias maneiras devido sua flexibilidade, porém as mais usuais são a observação, análise de

documentos e a entrevista. Também é comum observar mais de um procedimento para realização da coleta de dados.

O instrumento de coleta de dados utilizado para elaboração desta pesquisa é um questionário com questões fechadas na forma de um roteiro para a pesquisa de campo.

4.3.1 – Elaboração do Questionário

O processo de construção de um questionário deve ser dividido nas seguintes etapas, segundo Sheatsley (1990) apud Barbarán (1999).

- Decisão sobre que informação deve ser procurada
- Definição sobre que tipo de questionário deve ser usado
- Redação de uma primeira versão
- Re-exame e revisão de questões
- Pré-teste
- Revisão do questionário e especificações dos processos para seu uso

O questionário tem por finalidade direcionar e focar o processo de obtenção de dados nos fatores relevantes para o tema pesquisado. Basicamente foi dividido em 05 grandes grupos:

- Primeira seção: caracterização da empresa, ou seja, os dados da Fábrica pesquisada
- Segunda seção: orientada à identificação dos métodos de seleção de um problema a ser resolvido
- Terceira seção: orientada à identificação dos métodos utilizados para análise das causas de um problema
- Quarta seção: orientada à identificação dos critérios utilizados para implementação de solução de problemas

- Quinta seção: orientada à identificação do sistema de confirmação da eliminação do problema.

4.4 – Estudo Piloto

A importância do estudo piloto se dá devido à impossibilidade de prever todas as dificuldades e solucionar todos os problemas apenas no “papel”, tomando como exemplo a fabricação de um automóvel que antes de iniciar a produção é produzido um série de protótipos a fim de verificar diferentes aspectos tanto no desempenho quanto na fabricação. O mesmo ocorre com a pesquisa, sendo que o questionário definido anteriormente pode não funcionar: os respondentes podem reagir adversamente, o tamanho e seleção da amostragem não ser adequado, as variáveis não serem captados pelo índice utilizado e as perguntas podem não ser compreendidas.

4.5 – Análise e interpretação dos dados

Num estudo de caso não se podem definir as etapas que devem ser observadas no processo de análise e interpretação de dados, ao contrário nos delineamentos levantamento e estudos experimentais. Isto implica em duas situações distintas e desfavoráveis para a pesquisa. A primeira consiste em finalizar a pesquisa com a simples apresentação dos dados obtidos e a segunda consiste em partir dos dados obtidos diretamente para a interpretação, o que tende ao pesquisador chegar a uma falsa sensação de certeza em suas conclusões.

Os inconvenientes citados acima podem ser evitados quando o pesquisador define antecipadamente o seu plano de análise, considerando as limitações dos dados obtidos, sobretudo na análise da amostra. Uma vez surja a incerteza da qualidade da amostra, suas conclusões devem ser apresentadas em termos de probabilidade.

4.6 – Método para elaboração e implementação de projeto *poka-yoke*

Este item é a parte central do desenvolvimento deste trabalho, uma vez que os resultados obtidos através deste modelo, aplicado aos estudos de caso, serão base para a aceitação ou rejeição da hipótese.

Através do uso do E.A.P. (Estudo e Aperfeiçoamento de Processos), as 7 etapas da qualidade e Conceitos de *poka-yoke*, com dados relevantes obtidos no questionário, desenvolveu-se o seguinte modelo, em forma de fluxograma, dividido em 8 etapas.

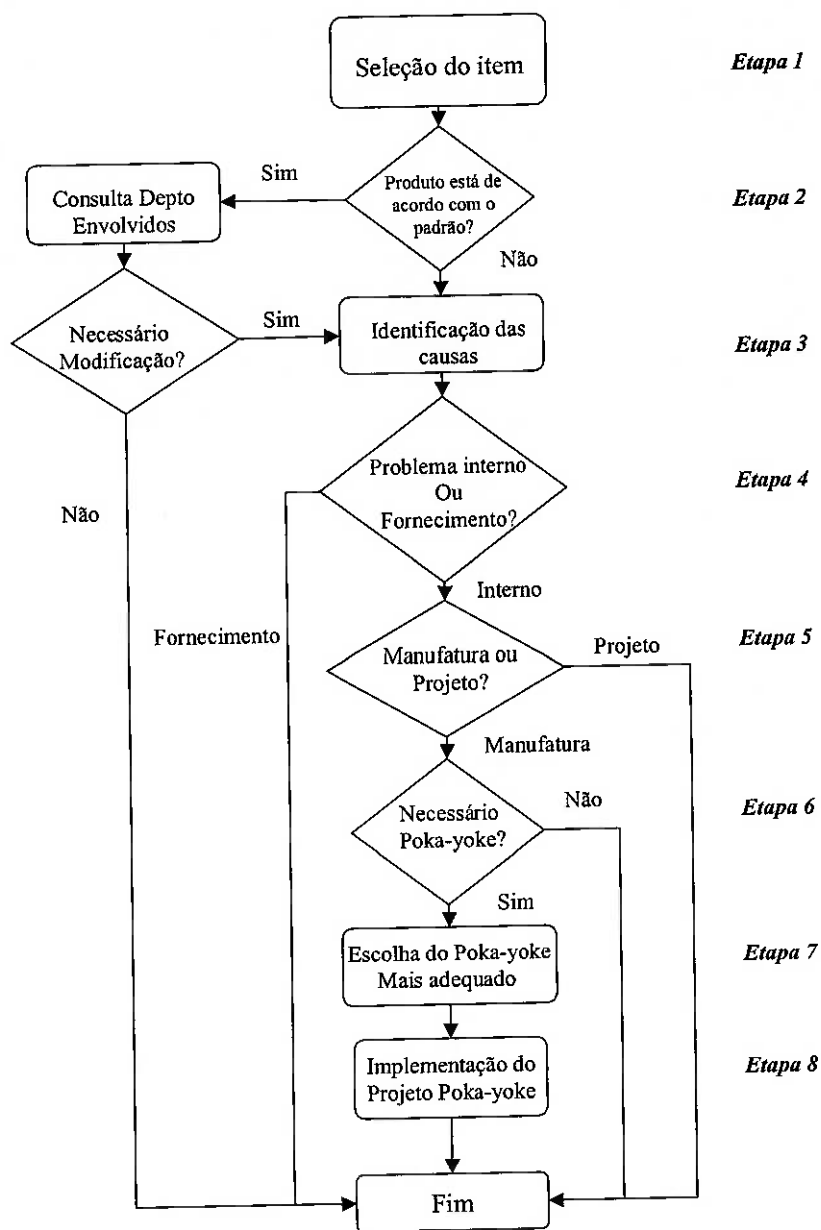


Figura 4.1 – Fluxograma resolução de problemas

Etapa 1 - Seleção do item

Para o critério de seleção de uma tema a ser estudado, os dados relevantes serão o custo provocado pela não-conformidade e os indicadores da qualidade.

O custo provocado pela não-conformidade poderá ser calculado da seguinte maneira, cabendo a gerência considerar o valor alto ou não.

Custo anual provocado pela não-conformidade

$$\text{Problema} = (\text{R\$}10,00^* \times H + E + C) \times \text{Erros por Ano}$$

* Considerado R\$ 10,00 a hora para retrabalho de um operador especializado.

Onde:

- Substituição do componente (C):

Este fator será utilizado quando da necessidade de substituição do componente em caso de erros/defeitos.

- Horas de retrabalho (H):

Total de horas necessário para reparar ou corrigir o defeito

- Adicional hora extra (E):

Utilizaremos este fator caso seja necessário a realização de horas extras para o reparo ou correção do trabalho.

Consideraremos o adicional de 50% em relação às horas normais de trabalho, ou seja:

$$E = 1,5 \times H \times X$$

Onde:

X = Quantidade de tempo gasto para retrabalho em regime de horas-extras

- Erros por ano:

Para o cálculo da quantidade de erros por ano, levaremos em consideração o índice DPTV (discrepancies per thousand vehicle) e o volume de produção anual.

Erros por ano: $DPTV \times \text{Volume anual}$

Outra maneira de verificarmos o custo provocado pela não-conformidade é a quantidade de tempo que a não conformidade iria provocar de “linha” (fábrica) parada. Para exemplificarmos uma linha parada em uma montadora que fabrica em torno de 25 veículos/hora acarretaria em perdas de aproximadamente US\$500/minuto.

Dentre os principais indicadores da qualidade disponíveis na unidade de análise levaremos em consideração os seguintes:

- G.C.A - *Global Customer Audit*

A auditoria G.C.A. consiste na inspeção de 2% dos veículos produzidos, tendo-se como foco a verificação de todo e qualquer item perceptível ao cliente, englobando desde itens funcionais até acabamento do veículo. Para este tipo de auditoria cada item apontado tem um certo peso, que estão divididos em 0.5, 1, 10 e 50 WDPV (*Weight Discrepancies per Vehicle*). Quanto maior for o impacto da discrepância maior será seu peso.

- G.D.S. - *Global Delivery Survey*

A auditoria G.D.S. é executada no ato do embarque do veículo para concessionária. Este tipo de auditoria mede a porcentagem de veículos livres de discrepância. Foca-se também nos itens funcionais e de acabamento.

- *C.A.R.E - Customer acceptance review & evaluation*

Este índice é obtido através da avaliação de 100% das unidades quando finalizado o processo de manufatura. É baseado no GDS, ou seja, foca problemas onde 9 entre 10 clientes reclamariam do problema.

- *Quality Gates*

É uma estação no final de cada linha de montagem (tapeçaria, linha mecânica, linha de motor, etc). A finalidade desta inspeção é não deixar o defeito passar para próxima estação de trabalho ou posterior retrabalho em pátio.

Etapa 2 – Produto está de acordo com o padrão especificado?

Nesta etapa do projeto de estudo de *poka-yoke* é necessário comparar o item que está sendo reportado nos índices da qualidade versus o **padrão** liberado pela Engenharia.

Caso o item realmente venha a ser um problema de qualidade passa-se para a etapa seguinte. Caso contrário é necessário consultar os departamentos envolvidos (Qualidade e Engenharias) para em comum acordo verificar a necessidade de correção e alteração do padrão liberado ou encerrar o processo.

Etapa 3 - Identificação das causas

Nesta etapa utilizaremos as 07 ferramentas da qualidade para identificação das causas do problema.

O histórico do problema, caso disponível, permitirá o pesquisador entender melhor as possíveis causas.

Etapa 4 - Problema Interno ou de fornecimento?

Sendo o problema interno à Unidade de Análise passaremos à etapa seguinte. Caso contrário, ou seja, um problema de fornecimento, encerraremos o projeto de *poka-yoke*, pois, o mesmo não faz escopo do projeto.

Uma vez identificado que o problema seja de fornecimento deveremos utilizar as ferramentas disponíveis na Unidade de Análise para *feedback* e ações de correção do problema.

Etapa 5 – Problema de Manufatura ou Projeto?

A etapa 5 consiste simplesmente em decisão a fim de delimitar a pesquisa conforme escopo. Sendo definido a causa raiz do problema (etapa 3) como um problema de manufatura dentro da unidade de análise passaremos a etapa seguinte; caso contrário, sendo a causa do problema um projeto inadequado encerraremos o estudo de caso.

Etapa 6 - Necessário *Poka-yoke*?

Nesta seção determinaremos se existe a necessidade da aplicação de um projeto *poka-yoke*.

Segundo o Quality Network Implementation Support Team (General Motors, 2000) o melhor método para verificar a necessidade de se estabelecer um *error proofing* é realizando a análise de risco (fator risco).

O Fator Risco é um valor numérico que indica a necessidade de utilização de um projeto *poka-yoke* para o problema em estudo. Este fator risco é baseado na frequência, severidade e possibilidade de detecção do defeito.

O cálculo fator risco de um potencial defeito durante a montagem é baseado na seguinte fórmula:

$$RF = (D \times S \times F)$$

Onde:

RF = Fator risco

D = Detecção – probabilidade de o defeito ser detectado

S = Severidade – medida de como severo o efeito do defeito seria

F = Frequência – probabilidade de ocorrência do defeito

Para determinar o ranque dos valores de detecção, severidade e frequência são utilizadas as seguintes tabelas:

Detecção

Tabela 4.2 – Detecção do problema

Detecção	Probabilidade defeito ser detectado	rank
Muito alta	Controle atual prevê defeitos da ocorrência	1
	Detecção do defeito ocorreria na estação de operação	2
Alta	Detecção do defeito ocorreria na próxima operação	3
Moderada	Detecção do defeito ocorreria com o grupo de trabalho do operador / operação	4
	Detecção do defeito ocorreria no departamento do operador /operação	5
Baixo	Detecção do defeito ocorreria no próximo departamento	6
	Detecção do defeito ocorreria antes do produto sair da planta	7
Remoto	Defeito atingiria o consumidor. Defeito seria identificado se inspecionado	8
	Defeito atingiria o consumidor. Defeito difícil de ser detectado; poderia ser detectado se inspecionado.	9
Zero	Defeito certamente atingirá o consumidor. O defeito é	10

	oculto de inspeção visual	
--	---------------------------	--

O valor da detecção reflete a probabilidade que o defeito será detectado antes de atingir o consumidor.

Severidade

Tabela 4.3 – Severidade do problema

Efeito	Severidade	rank
Insignificante – Defeito não será percebido. Não impacta na performance.	Não afeta operações posteriores.	1
Menor – defeito pode afetar o usuário final ou causar uma performance menor que a ótima.	Normalmente reparada na estação de operação	2
	Normalmente reparada no grupo de trabalho	3
Moderada – defeito provavelmente irá resultar numa baixa performance do produto final se atingir o consumidor	Normalmente reparada na linha porém fora do grupo de trabalho	4
	Normalmente reparado fora da linha porém não irá adiante	5
Alta – Defeito provavelmente ocasionará operação a um nível de performance reduzido ou possibilidade do sistema ficar inoperante.	O veículo é conduzido ao pátio de reparos. Tempo de reparo menor que 30 minutos	6
	O veículo é conduzido ao pátio de reparos. Tempo de reparo maior que 30 minutos e menor que 1 hora.	7

	O veículo é conduzido ao pátio de reparos. Tempo de reparo maior que 1 hora	8
Arriscado – potencialmente afeta operação segura do veículo e/ou envolve regulamentação governamental	Falha irá ocorrer com alarme	9
	Falha irá ocorrer sem alarme	10

A severidade dos valores é medida de acordo como a severidade do efeito do defeito ou erro seria para o consumidor final.

Frequência / Ocorrência

Tabela 4.4 – Frequência da ocorrência do problema

Probabilidade de Falha	Taxa de Possibilidade de Falha	Rank
Remota	1 vez ao ano	1
Muito baixa	1 vez ao mês	2
Baixa	1 vez por semana	3
Moderada	1 vez por dia	4
	2 – 3 vezes ao dia	5
	4 – 5 vezes ao dia	6
Alta	6 – 7 vezes ao dia	7
	8 – 9 vezes ao dia	8
Muito alta	10 – 14 vezes ao dia	9
	15 – 20 vezes ao dia	10

O valor da frequência é baseado na probabilidade de ocorrência do defeito / erro. Se o número de ocorrência é menor que 1 ao ano ao 1 ao mês, então a probabilidade de acontecer o erro é remoto e o valor designado é a de baixa frequência (1 ou 2).

Uma vez definidos todos os valores para frequência, severidade e detecção utilizaremos a fórmula previamente mencionada:

$$RF = (D \times S \times F)$$

Em caso do Fator Risco ser maior que 75 é necessário um projeto *poka-yoke* para resolução do problema. Caso o fator risco seja menor que 75, o Quality Network Implementation Support Team (General Motors, 2000) aconselha os seguintes métodos para redução de erros:

- Organização do Local de Trabalho e Controle Visual (como exemplos podemos citar sinais, fotos, peças padrão, etc).
- Código de Cores / Sistema de Identificação de Peças ao Operador (OPIS – ver introdução teórica)
- Técnicas de inspeção (exemplos como canetas de tintas)
- Balanceamento de linha
- Manifestos com códigos de cores

Etapa 7 - Escolha do tipo de poka-yoke mais adequado

Esta etapa está diretamente relacionada com a etapa 03 - Uma vez identificado a causa raiz do problema e concluído a necessidade de implementação do projeto *poka-yoke*, nesta etapa definiremos o melhor sistema *poka-yoke* a ser utilizado.

Conforme levantamento bibliográfico existem várias técnicas de *poka-yoke*. Porém quando avaliado mais de uma opção, a fim de auxiliar a escolha do melhor projeto *poka-yoke* para resolução do problema, vamos utilizar a matriz de decisão.

Os atributos a serem considerados na matriz de decisão são:

- Custo do projeto *poka-yoke*
- Lead time para implementação
- Taxa de retorno
- Acréscimo de tempo de operação

Tabela 4.5 – Matriz de decisão: escolha do melhor projeto *poka-yoke*

Prioridade	Atributo	Ponderação	Poka-yoke 1	Poka-yoke 2	Poka-yoke 3
1	Custo de implementação	35			
2	Lead time para implementação	30			
3	Taxa de retorno	20			
4	Acréscimo de operação	15			
	SOMA	100			

Nota: Os valores para ponderação da matriz de decisão foram obtidos através do questionário, sendo os mesmos valores médios das respostas.

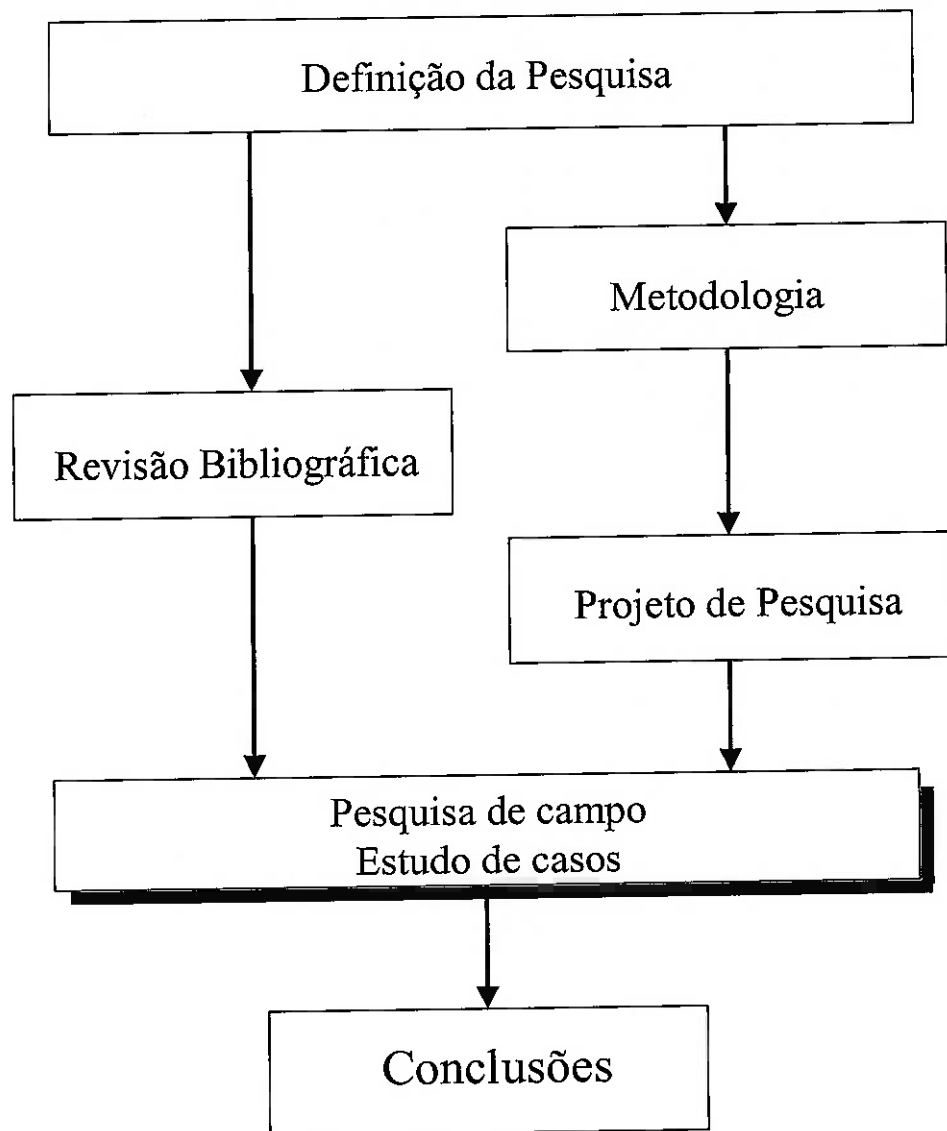
Determinação do custo do projeto *poka-yoke*

Esta fase permitirá efetuar a comparação do custo de retrabalho e garantia originada pela não conformidade versus o custo de implementação do projeto *poka-yoke*. O custo de implementação do projeto *poka-yoke* estará diretamente ligado ao tipo de sistema escolhido.

Etapa 8 - Implementação do projeto *poka-yoke*

Uma vez implementado o projeto *poka-yoke* é necessário **avaliar os resultados**. Os resultados obtidos propiciarão a padronização da solução para processos semelhantes, item este parte das 07 etapas do CQ.

No próximo capítulo iremos aplicar o modelo proposto aos estudos de caso analisados.



CAPÍTULO 5: PESQUISA DE CAMPO E ESTUDO DE CASO

Estudo de Caso 1

Etapa 1: Seleção do Tema

Montagem do painel externo do teto Blazer

Descrição do Problema:

Na montagem e estruturação do conjunto cabine Blazer é especificado para o mercado local a montagem do painel externo do teto com furação de fixação da lanterna do *break light*. Entretanto existe uma peça exclusiva para exportação destinada ao mercado chinês, onde o painel externo do teto não possui esta furação.

Ocasionalmente ocorre o abastecimento incorreto, ou mesmo mistura de peças, sendo montado o painel destinado à exportação no veículo local; neste caso o erro só será descoberto no ato da montagem do *break light*, quando o processo de montagem da carroceria já estaria finalizada. Para este fato não existe retrabalho, sendo necessário inutilizar a cabine.



Figura 5.1 - Painel externo do teto: furo fixação do *break light*

Etapa 2: Produto está de acordo com o padrão especificado?

Ao realizar a montagem da peça painel externo do teto destinada à exportação no conjunto cabine, a mesma não atende especificação do mercado local onde o produto contempla o *break light*.

Etapa 3: Identificação das causas

Através do uso do Diagrama de Ishikawa, foram identificados os principais fatores que contribuíam para montagem da peça incorreta, sendo a principal causa do problema a mistura de peças no local de uso.

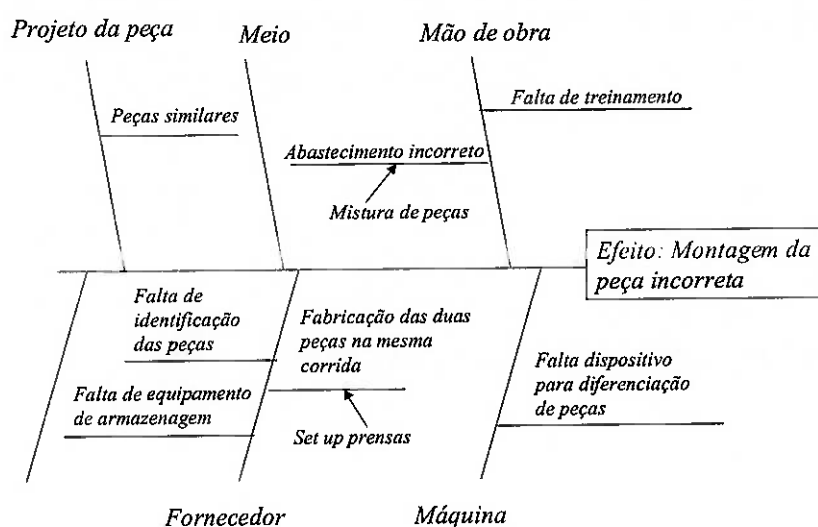


Figura 5.2 – Diagrama de Ishikawa – montagem do painel externo do teto incorreto

Etapa 4 – Problema Interno ou Fornecimento?

Conforme identificado na etapa anterior, a causa do problema era a mistura de peças no local de uso. Foi identificado vários fatores que contribuíam para a ocorrência do problema, sendo todos pertinentes à Unidade de Análise, ou seja, o problema é interno.

Etapa 5 – Manufatura ou projeto?

A ocorrência do problema está relacionado à manufatura, conforme identificado na etapa 3.

Etapa 6 – Necessário poka-yoke?

A fim de verificar a necessidade de implementarmos o projeto poka-yoke para o problema citado, calcularemos em seguir o fator risco. Conforme mencionado

anteriormente caso o fator risco seja maior que 75 haverá a necessidade de um projeto *poka-yoke* para o tema selecionado.

Levantamento do Fator Risco:

Tabela 5.1 – Resumo do fator risco: montagem do painel externo do teto incorreto

Detecção	Baixa - o defeito ocorreria no próximo departamento	Rank 6
Severidade	Alta – a cabine do veículo será inutilizada e haverá necessidade de confecção de uma nova cabine, passando-se por todo processo de funilaria e pintura até o ponto de montagem do <i>break light</i>	Rank 8
Frequência	Muito baixa - 1 vez ao mês	Rank 2

FR = Detecção x Severidade x Frequência

FR = 6 x 8 x 2

FR = 96 ⇒ Necessário implementação de um projeto *poka-yoke*

Etapa 7 - Escolha do projeto *poka-yoke* mais adequado

Dentre os métodos mais utilizados para implementação de um sistema *poka-yoke* o mais adequado ao caso estudado é método contato.

O método contato conforme descrito anteriormente é utilizado como detector quando o produto tem a necessidade de confirmação de presença física de um componente, como no caso estudado, o furo de fixação do *break light*.

O método contato neste caso não tem a necessidade de alta tecnologia, sendo que o projeto proposto consiste em adicionar um pino guia para identificação do furo de fixação break light no painel externo do teto.

Etapa 8 – Implementação do projeto poka-yoke

O projeto poka-yoke escolhido na etapa anterior, confeccionado pela área de ferramentaria/manutenção consiste em um grampo pneumático, onde, em sua extremidade foi adicionado um pino de modo a identificar a presença do furo de fixação do *break light*. Caso seja montado o painel externo do teto incorreto, o pino teria o seu fim de curso no próprio painel, o que ocasionaria o não acionamento do sensor do cilindro pneumático. Neste caso os grampos de fechamento da cabine não seriam acionados, o que impossibilitaria a aplicação das soldas ponto de estruturação e permitindo a remoção do painel externo do teto incorreto e retrabalho do conjunto cabine.

O pino guia propicia uma outra finalidade no processo de estruturação da cabine: indexar o painel externo do teto antes da aplicação das soldas ponta.

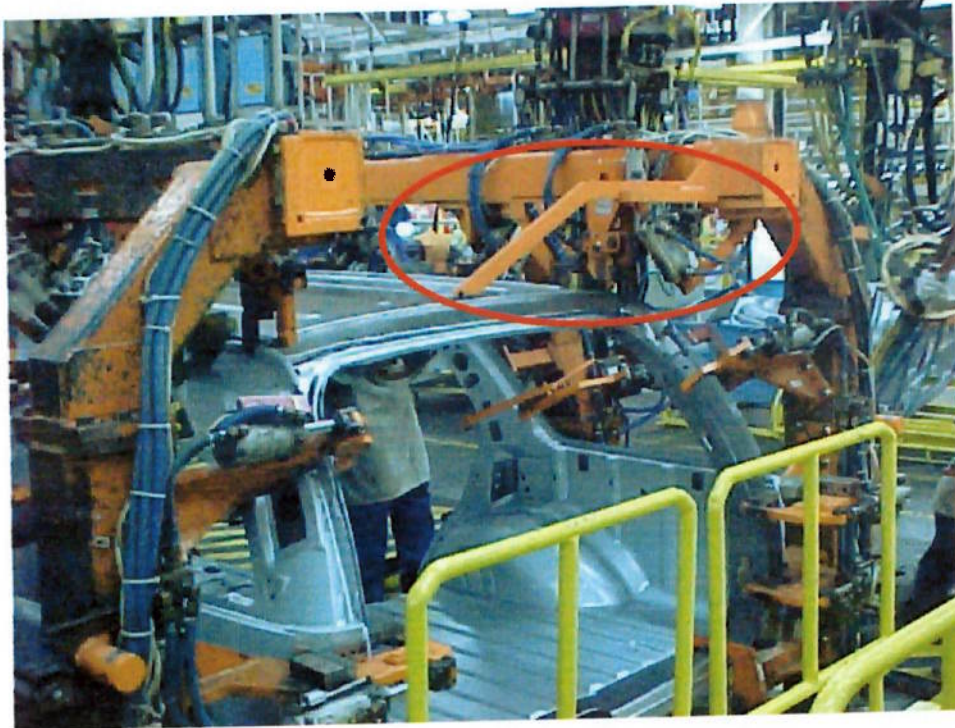


Figura 5.3: Detalhe do grampo de identificação do painel externo do teto

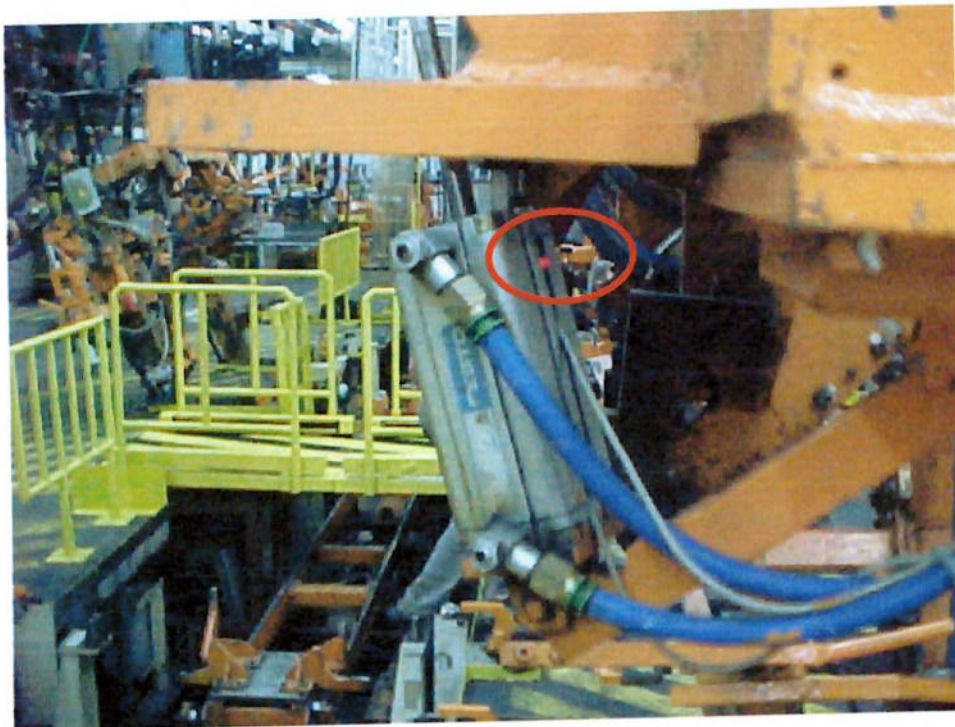


Figura 5.4 : Cilindro pneumático de acionamento do grampo com sensor de posição

Fechamento do caso

Tabela 5.2 – Resumo do Estudo de Caso 1

Etapa	Comentários
1	Seleção do tema pelo custo provocado pela não conformidade
2	Padrão nacional exige painel externo do teto com furação para fixação do <i>break light</i>
3	Montagem do painel incorreto devido a mistura de peças
4	Problema interno à unidade de análise
5	Problema relacionado à área de manufatura
6	Cálculo do fator risco identificou necessidade de confecção de um <i>poka-yoke</i>
7	Escolha do método contato para implementação do <i>poka-yoke</i>
8	Confecção de um grampo pneumático com sensor de posição para identificação do furo do <i>break light</i> . Após implementação do dispositivo não foi estruturado nenhum painel externo do teto incorreto.

Estudo de Caso 2

Etapa 1 – Seleção do Tema

Montagem do suporte do coxim traseiro do motor – família 01

Descrição do Problema:

Durante a corrida piloto do modelo 4300 – Novo Corsa, foi montado em algumas unidades o suporte do coxim traseiro do motor de maneira incorreta, ocasionando parada de linha para correção do problema nos processos seguintes.

A montagem consiste em fixar o suporte do coxim traseiro ao bloco do motor através de 02 parafusos. Uma vez que a peça permitia a montagem ao bloco em ambos os lados, o problema só era identificado na estação de montagem do motor ao subframe.

Este item foi selecionado pelo alto custo provocado pela não conformidade (perda de volume de produção):

Tempo de retrabalho:	7 minutos (estimado)
Volume de produção:	25 unidades/hora
Perda por parada de linha:	2,91 unidades

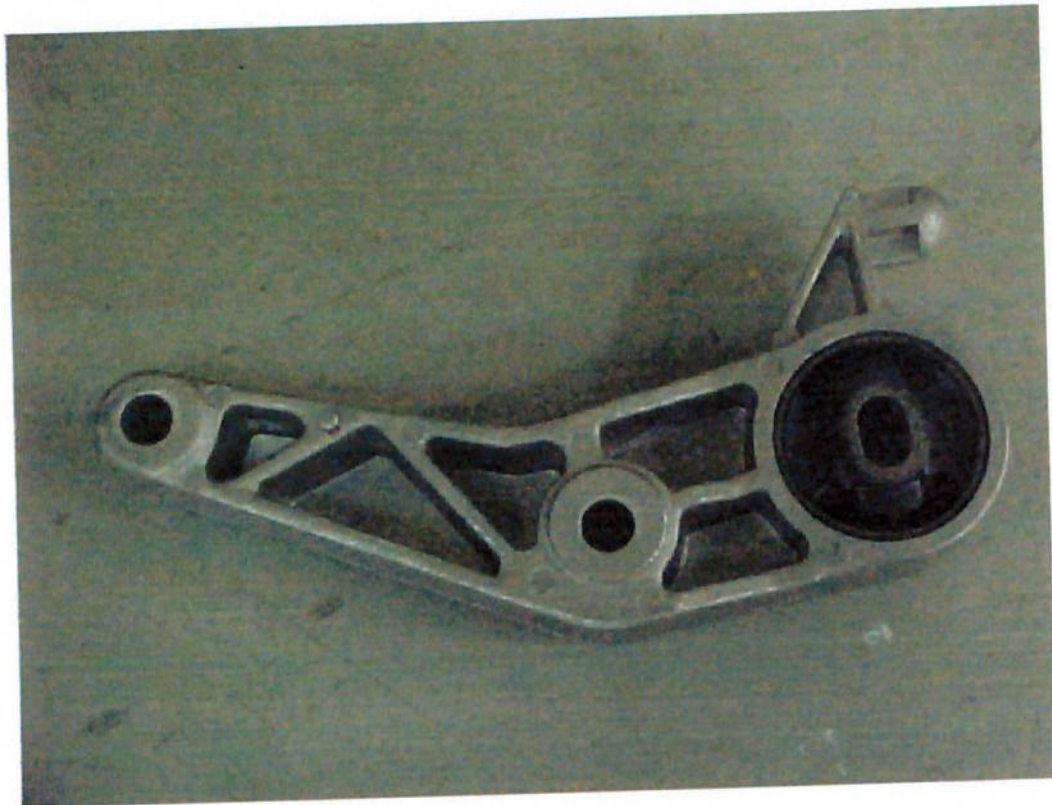


Figura 5.5 – Suporte do coxim traseiro do motor

Etapa 2: O produto está de acordo com o padrão?

No ato da montagem do suporte do coxim traseiro do motor, caso o mesmo fosse de montado de maneira incorreta, a posição de fixação do furo do coxim ao subframe não coincidem, estando assim em desacordo com o padrão especificado.

Etapa 3: Identificação das causas

Através do uso do Diagrama de Ishikawa, foram identificados os principais fatores que contribuíam para ocorrência do problema, sendo a causa fundamental o projeto que permitia a montagem invertida do suporte do coxim do motor.

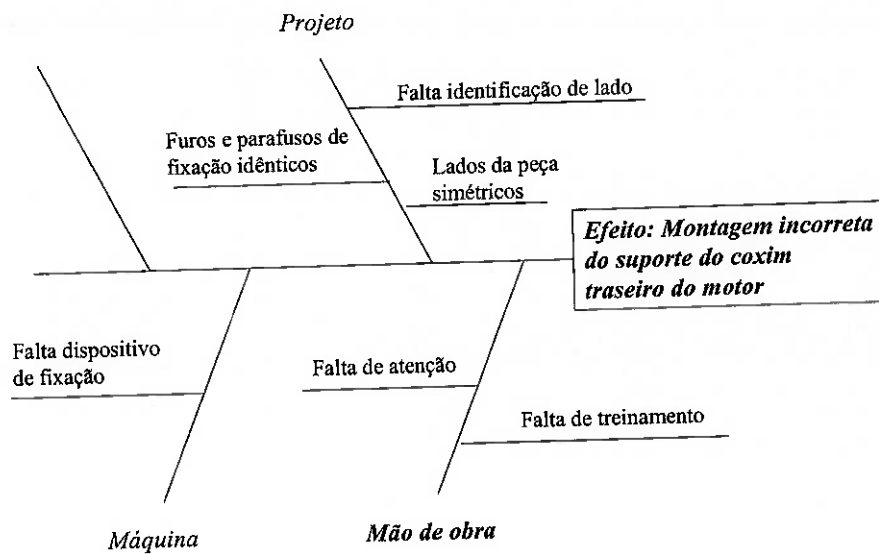


Figura 5.6 – Diagrama causa e efeito: montagem incorreta do suporte do coxim traseiro do motor

Etapa 4 – Problema interno ou de fornecimento?

A etapa anterior identificou que o projeto permite a montagem invertida do suporte do coxim traseiro do motor, porém a montagem incorreta ocorre dentro da Unidade de Análise, ou seja, o problema é interno.

Etapa 5 – Manufatura ou projeto?

Uma vez que existe a possibilidade de montagem do suporte traseiro do coxim do motor na posição conforme especifica o projeto, vamos considerar o problema como de manufatura.

Etapa 6 – Necessário projeto *poka-yoke*?

A fim de verificar a necessidade de implementarmos o projeto *poka-yoke* para o problema citado, calcularemos em seguir o fator risco. Conforme mencionado anteriormente caso o fator risco seja maior que 75 haverá a necessidade de um projeto *poka-yoke* para o tema selecionado.

Cálculo do fator risco:

Tabela 5.3 – Resumo do fator risco

Detecção	Baixo – o defeito ocorreria no próximo departamento	Rank 6
Severidade	Alta - defeito provavelmente ocasionará uma parada de linha para soltar, inverter e montar novamente o suporte do coxim traseiro do motor, o que acarretará em tempo de reparo menor que 30 minutos	Rank 6
Frequência	Moderada: não depende somente de treinamento do operador e requer muita atenção para fixar o coxim na posição correta. Consideramos a taxa de possibilidade de falha em torno de 4 a 5 vezes ao dia de um total de aproximadamente 350 unidades.	Rank 6

$$FR = \text{Detecção} \times \text{Severidade} \times \text{Frequência}$$

$$FR = 6 \times 6 \times 6$$

$$FR = 216 \Rightarrow \text{Necessário implementação de um projeto } \textit{poka-yoke}$$

Etapa 7 – Escolha do *poka-yoke* mais adequado

O método proposto para o sistema poka-yoke a ser implementado é o método contato, ou seja, o emprego de pinos guias ou blocos de maneira que não permita a montagem do suporte do coxim traseiro do motor na posição incorreta.

No caso de adição de pinos ou blocos guias que permitam somente uma montagem do suporte ao bloco do motor poderemos efetuar de duas maneiras: criar um dispositivo de localização do suporte antes da fixação ou criar pino guia no próprio suporte.

Proposta 1 – Adição de um dispositivo localizador do suporte na base do motor.

A proposta consiste em adicionar um dispositivo que localize o suporte na posição correta antes da fixação do mesmo ao bloco do motor. Este dispositivo poderia ser um pino localizador ou mesmo uma “cama / berço”. A inviabilidade desta proposta é a necessidade de confecção de vários dispositivos ou retrabalho dos suportes dos motores na linha.

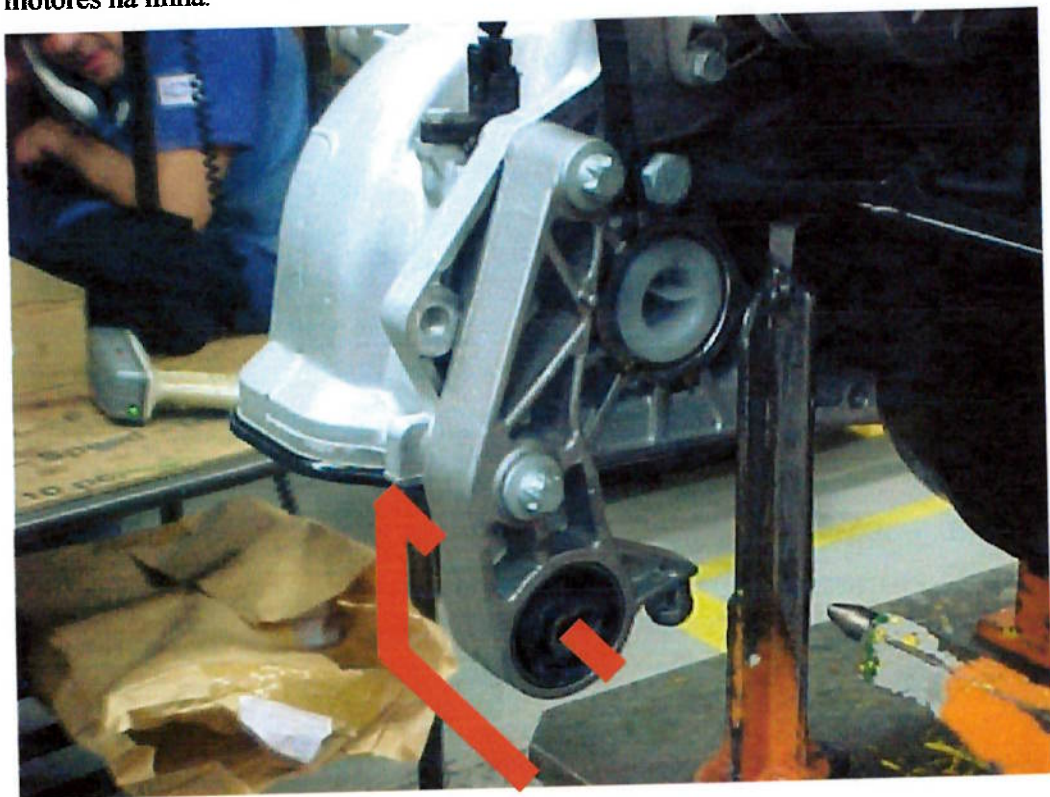


Figura 5.7 – Proposta de dispositivo localizador do suporte

Proposta 2 - Adição de um pino no suporte do coxim na face oposta ao bloco do motor de maneira a não permitir o assentamento da peça ao bloco do motor, alertando assim o operador antes de efetuar o aperto da peça.

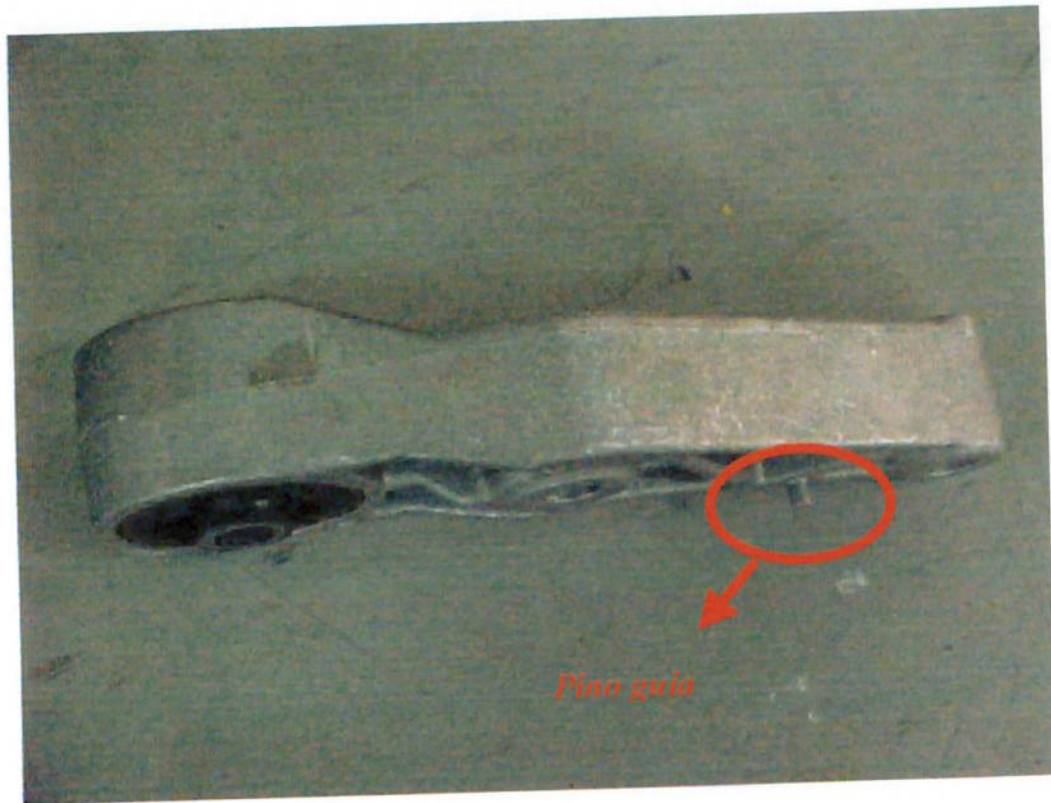


Figura 5.8 – Suporte com adição de pino guia

Escolha do projeto *poka-yoke* mais adequado:

Tabela 5.4 – Matriz de decisão – Estudo de Caso 2

Prioridade (Diagrama Árvore)	Ponderação (100%)	ÍNDICE	Proposta 2	Proposta 1	Proposta
1	35	Custo de implementação	0	1,05	
2	30	Lead time implementação	0,6	0,9	
3	20	Taxa de retorno			
4	15	Acrescimento operação	0	0,45	
		SOMA	0,6	2,4	

Nos cruzamento entre as alternativas versus atributos foram atribuídos a seguinte escala:

- 0 – Não há nenhuma ligação
- 1 – pouca importância ou ligação
- 2 – tem alguma importância ou ligação
- 3 – muito importante ou forte ligação

Para implementação do pino localizador, conforme proposta 2 o fornecedor teria de somente retrabalhar o molde de injeção, ou seja, retirando material, não acarretando em acréscimo de custo.

Em caso de opção da proposta 1 temos uma forte ligação com custo de implementação visto que é necessário várias horas de ferramentaria para retrabalho de todos os suportes dos motores, o que acarreta em maior *lead time* para implementação da solução.

Pela matriz de decisão verifica-se que a proposta 2 é a melhor a ser aplicada para resolução do problema.

Etapa 8 – Implementação do projeto *poka-yoke*

A proposta 02, ou seja, o pino na face oposta à fixação do suporte traseiro do coxim do motor foi implementada ainda na fase de desenvolvimento e *try-out* na linha de

montagem, confirmando ter eliminado a possibilidade de montagem incorreta do suporte.

Fechamento do Caso

Tabela 5.5 – Resumo do Estudo de Caso 2

Etapa	Comentários
1	Seleção do tema pelo custo provocado pela não conformidade
2	Padrão especificado exige lado de montagem do suporte do coxim do motor
3	Suporte do coxim do motor permite montagem de ambos os lados
4	Problema interno à unidade de análise
5	Problema relacionado à área de manufatura
6	Cálculo do fator risco identificou necessidade de confecção de um <i>poka-yoke</i>
7	Uso da matriz de decisão para escolha do <i>poka-yoke</i> mais adequado (ambos utilizando o método contato)
8	Adição de um pino localizador na face de apoio do suporte do coxim ao bloco do motor não permite montagem incorreta.

Estudo de Caso 3

Etapa 1: Seleção do Tema

Obstrução na linha de pressão de óleo de lubrificação do motor família II.

Relevância:

Os indicadores da qualidade da Fábrica FIAT-GM Powertrain demonstravam que no mês de maio de 2001, o item selecionado representava em 16,67% do total de problemas verificados na usinagem, ou seja, o problema não atingia o consumidor final.

Entretanto em janeiro de 2002 foi identificado em uma concessionária que o problema voltou a se repetir, representando o mesmo em 111,5 ppm.

Além dos indicadores da qualidade, outro fator relevante para escolha e seleção do item é baseado no alto custo provocado pela não-conformidade, devido à necessidade de substituição do motor do veículo.

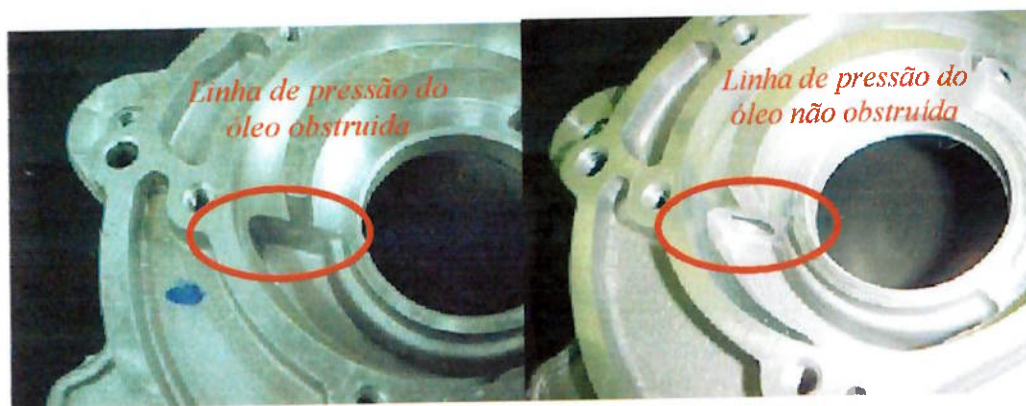


Figura 5.9: Furo na linha de pressão de óleo obstruída

Etapa 2: O produto está de acordo com o padrão?

O modo de falha ocorre somente quando a bomba de óleo não lubrifica o motor, ou seja, o produto não estando de acordo com o padrão especificado.

Etapa 3 - Identificação das causas

Para identificação das causas do problema utilizamos a ferramenta causa e efeito;

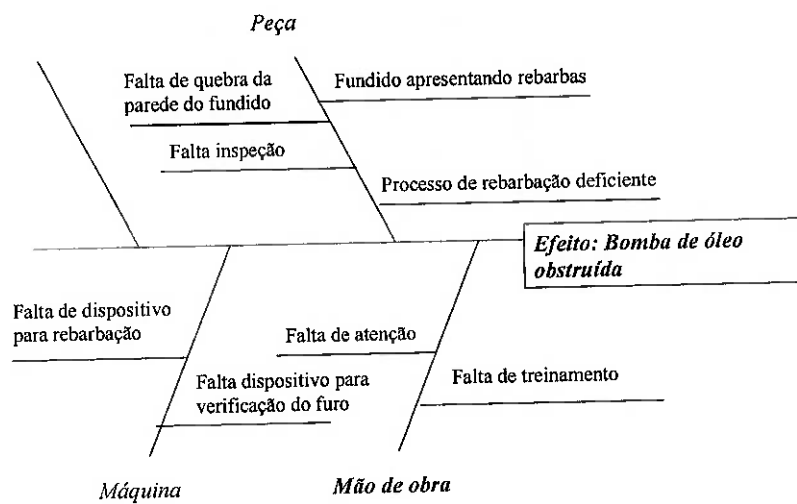


Figura 5.10 – Diagrama causa e efeito: bomba de óleo obstruída

Etapa 4 – Problema Interno ou Fornecimento?

Uma vez considerado a Unidade de Análise como as Áreas Produtivas do Complexo de SJCampos, sendo a peça fornecida pela Fábrica Fundição de Alumínio, o problema é interno.

Etapa 5 – Manufatura ou projeto?

Conforme avaliado na etapa 3, a raiz do problema ocorre devido à carcaça da bomba de óleo ter o furo da linha de pressão de óleo de lubrificação do motor obstruída por sobra de material do processo de fundição, ou seja, o problema ocorre devido à falha na manufatura da carcaça da bomba.

Etapa 6 – Necessário projeto *poka-yoke*?

A fim de verificar a necessidade de implementarmos o projeto *poka-yoke* para o problema citado, calcularemos em seguir o fator risco. Conforme mencionado anteriormente caso o fator risco seja maior que 75 haverá a necessidade de um projeto *poka-yoke* para o tema selecionado.

Cálculo do fator risco:

Tabela 5.6 – Resumo do Fator Risco – Estudo de Caso 3

Detecção	Remoto – o defeito atingiria o consumidor. Defeito difícil de ser detectado; poderia ser detectado se inspecionado	Rank 9
Severidade	Alta - defeito provavelmente ocasionará operação da bomba de óleo a um nível reduzido ou possibilidade de fundir o motor do veículo. Tempo de reparo maior que 1 hora	Rank 8
Frequência	Muito baixa – considerando 01 caso a cada 6 meses	Rank 1,5

FR = Detecção x Severidade x Frequência

$$FR = 9 \times 8 \times 1,8$$

FR = 108 \Rightarrow Necessário implementação de um projeto *poka-yoke*

Etapa 7 – Escolha do poka-yoke mais adequado

Devido à frequência de ocorrência do defeito ser muito baixa no processo de fundição, optou-se em confeccionar um *poka-yoke* de inspeção do fundido.

No caso estudado, utilizaremos o método contato para inspeção do furo de pressão de óleo do motor. O método contato conforme descrito anteriormente é utilizado como detector quando o produto tem a necessidade de confirmação de presença física de um componente, como no caso estudado, o furo da linha de pressão de óleo do lubrificação do motor deve estar livre.

Etapa 8 – Implementação do projeto *poka-yoke*

O projeto *poka-yoke* desenvolvido para o caso estudado consiste em adicionar uma sonda na célula de usinagem da carcaça da bomba de óleo. A sonda consiste em um varão ligado a um cilindro pneumático com duas posições definidas (recuado e avançado) por sensores de presença. O cilindro pneumático e suas posições fazem parte do programa de comando da célula de usinagem e possuem um tempo previamente determinado para partir da posição recuado para avançado. A sonda totalmente avançada indicaria que a linha de pressão do óleo não está obstruída.

A ilustração a seguir mostra o caminho a ser percorrida pela sonda:

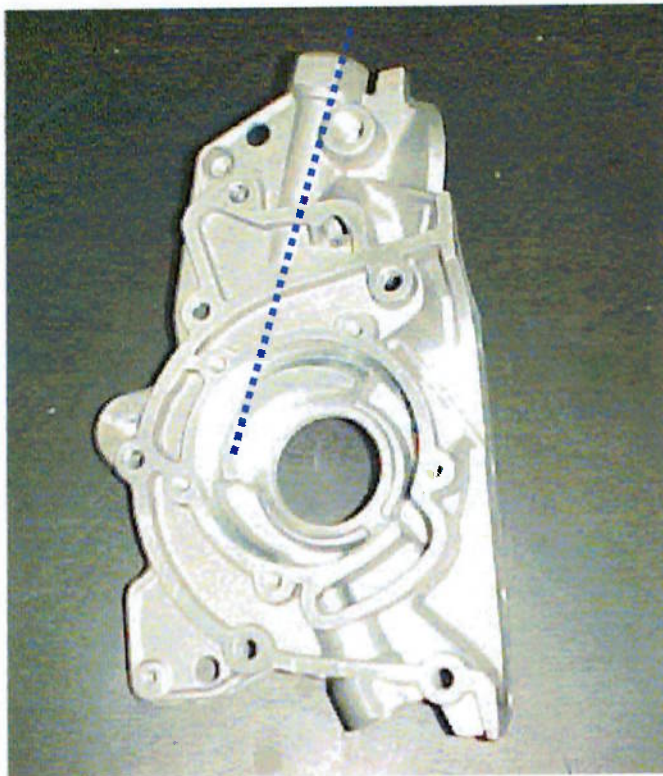


Figura 5.11 – Trecho percorrido pela sonda

Caso o ciclo não se complete no tempo previamente estabelecido o processo de usinagem é interrompido pelo PLC.

As figuras a seguir ilustram o funcionamento do projeto poka-yoke:



Figura 5.12 – Sonda recuada

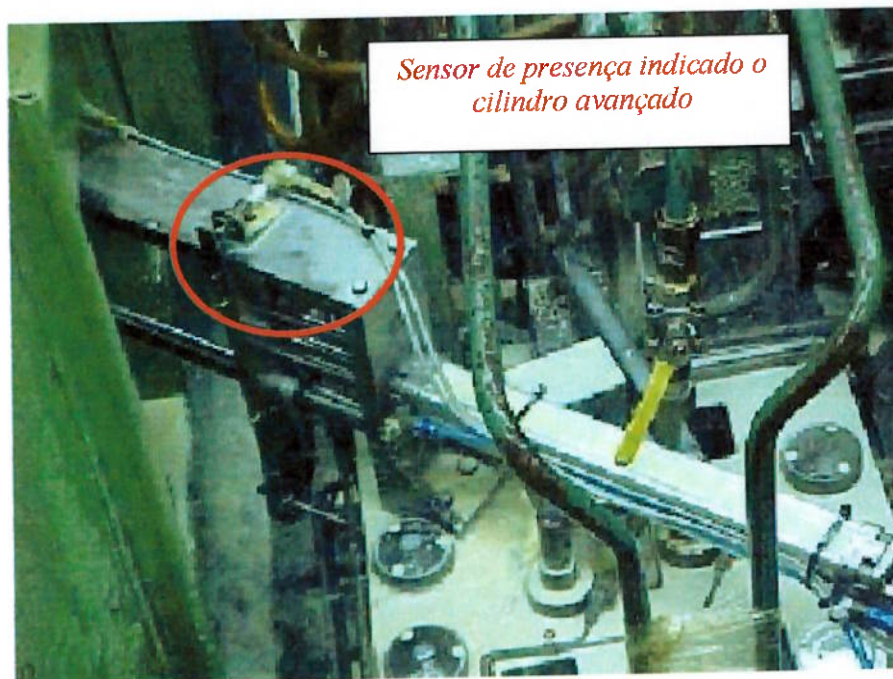


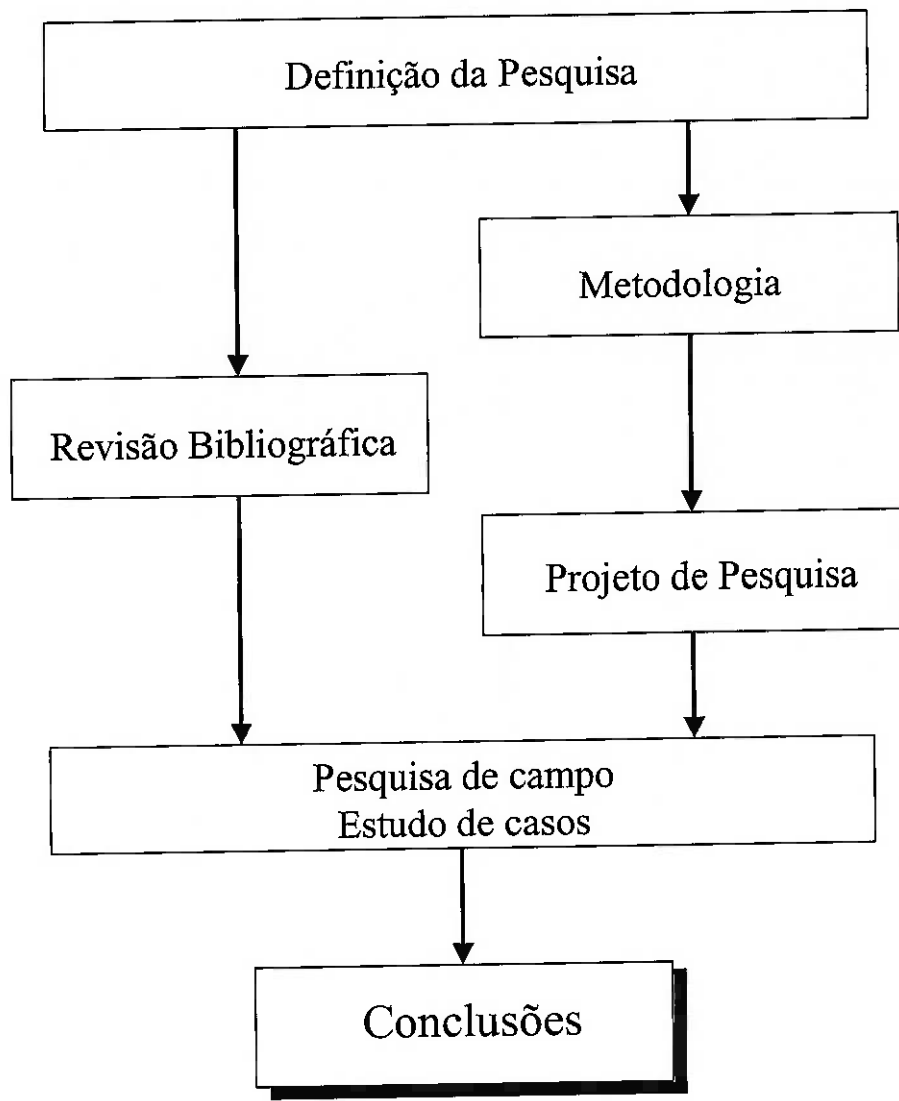
Figura 5.13 – Sonda avançada

A implementação do projeto *poka-yoke* foi realizada em fevereiro de 2002. Após esta data verificou-se apenas uma peça rejeitada pelo *poka-yoke* e não houve nenhum indicador externo que o problema voltou a repetir-se.

Fechamento do Caso

Tabela 5.7 – Resumo do Estudo de Caso 3

Etapa	Comentários
1	Seleção do tema pelo custo provocado pela não conformidade e pelos indicadores da qualidade
2	Obstrução da linha de óleo não permite o funcionamento adequado do produto
3	Rebarbas ou falta de quebra da paredeprovenientes do processo de fundição / usinagem
4	Problema interno à unidade de análise
5	Problema relacionado à área de manufatura
6	Cálculo do fator risco identificou necessidade de confecção de um <i>poka-yoke</i>
7	Uso do método contato para verificar existência do furo
8	Implementação de uma sonda com sensores de presença para identificar sonda avançada, ou seja, a peça não apresenta rebarbas. Após o uso do <i>poka-yoke</i> foi identificado 01 peça com problema.



CAPÍTULO 6: ANÁLISE E CONCLUSÕES

Após coleta e tabulação dos dados obtidos na pesquisa de campo, analisaremos os mesmos em comparação à hipótese proposta e dados relevantes do início do projeto de pesquisa.

Hipótese: “O método proposto é adequado para a implementação e elaboração do projeto *poka-yoke* para solucionar problemas críticos de qualidade em processos produtivos metalúrgicos”.

- O questionário para obtenção dos dados demonstrou que todas as Fábricas dentro da Unidade de Análise, independentemente de seu número e funcionários e linha de produtos possuem indicadores da qualidade, os quais são utilizados para priorização de solução de problemas. Na priorização e seleção de um problema outro fator determinante é o custo provocado pela não conformidade.
- Uma vez selecionado o problema, todas os questionários respondidos demonstram que antes de buscar a causa raiz do problema as empresas fazem uma pré-análise de seu processo produtivo e produto acabado, procurando verificar itens os seguintes itens básicos: ferramentas utilizadas são apropriadas, confirmação da seqüência de montagem conforme folha de processo, peça correta e comparação entre o problema versus a especificação de projeto.
- As 7 ferramentas da qualidade são utilizadas para seleção do problema e identificação das causas do problema. Além do uso das 7 ferramentas da qualidade, as fábricas dentro da unidade de análise fazem o uso de outras ferramentas, tal como o Brainstorming, 5 Porquês e Engenharia Estatística.

- A unidade de análise demonstrou possuir uma sistemática para resolução de problemas ligados a fornecimento e projeto, entretanto obedecendo as etapas anteriores à etapa 4 e 5 para posterior uso de ferramentas próprias (como exemplo dado 5 passos, P.R.R., PIMREP).
- Ao efetuar a escolha por um projeto *poka-yoke*, os dados relevantes são a segurança e ergonomia em primeira ordem, custo e *lead time* para implementação do projeto *poka-yoke*, acréscimo de operação e por último a taxa de retorno.
- A unidade de análise demonstrou a existência de um processo de monitoramento do problema após a implementação da solução, antes de partir para o próximo tema. Nesta etapa são utilizados os indicadores da qualidade para certificação da eliminação do problema ou se o mesmo foi amenizado ou ocorre na mesma frequência.
- A unidade de análise demonstrou a inexistência de um processo de padronização da solução para processos idênticos aos dos temas selecionados.

Através da análise dos dados obtidos, podemos concluir que as principais etapas para solução de um problema de manufatura foram consideradas no método proposto para elaboração e implementação de um projeto *poka-yoke*.

Os estudos de casos possibilitaram a confirmação das etapas do método proposto, tendo o seguinte quadro de resumo:

Tabela 6.1 – Quadro resumo dos estudos de casos

	Estudo de Caso 1	Estudo de Caso 2	Estudo de Caso 3
Etapa 1	Seleção do item baseado no custo provocado pela não conformidade	Seleção do item baseado no custo provocado pela não conformidade	Seleção do item baseado nos indicadores da qualidade e custo provocado pela não conformidade
Etapa 2	Produto divergente das especificações de projeto	Produto divergente das especificações de projeto	Produto divergente das especificações de projeto
Etapa 3	Uso do diagrama Causa e Efeito	Uso do diagrama Causa e Efeito	Uso do diagrama Causa e Efeito
Etapa 4	Problema Interno	Problema Interno	Problema Interno
Etapa 5	Problema de Manufatura	Problema de Manufatura	Problema de Manufatura
Etapa 6	Fator risco = 96 Necessária confecção projeto <i>poka-yoke</i>	Fator risco = 216 Necessária confecção projeto <i>poka-yoke</i>	Fator risco = 108 Necessária confecção projeto <i>poka-yoke</i>
Etapa 7	Identificado uma solução	Uso da matriz de decisão	Identificado uma solução
Etapa 8	Método contato	Método contato	Método contato
H1	ACEITO	ACEITO	ACEITO

Portanto podemos concluir que o método proposto é adequado para elaboração e implementação de um projeto *poka-yoke* para solução de problemas críticos de qualidade.

Sugestões de Temas para Futuras Pesquisas

- Realizar estudos de casos onde, na etapa 6 – análise da necessidade de um sistema *poka-yoke* o cálculo do fator risco seja menor que o valor estipulado, ou seja, 75. Neste caso não iríamos implementar o projeto *poka-yoke*, ou poderíamos utilizar alguns recursos já citados anteriormente para auxílio da montagem, tal como identificação de lado ou código de cores. Neste caso a sugestão seria continuar monitorando os índices da qualidade para confirmação da frequência da ocorrência da falha, bem como monitorar sua severidade ou potencial de detecção. Caso os valores encontrados sejam iguais aos do início do estudo e continuamos tendo um alto custo provocado pela não conformidade, re-estudar o valor pré-estabelecido do fator risco.

ANEXO



Questionário aplicado às áreas da Unidade de Análise

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Mestrado Profissional em Engenharia Automotiva

Prezado Sr(a),

Estamos realizando uma pesquisa para a qual sua colaboração é essencial. Esta pesquisa faz parte do trabalho de curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo cujo objetivo é determinar as etapas para resolução de problemas de manufatura em uma indústria automobilística; bem como os dados relevantes utilizados para tal.

SERÁ MANTIDO O SIGILO SOBRE AS RESPOSTAS COLETADAS, assegurando-se desde já que os resultados só serão divulgados de forma consolidada.

Favor encaminhar o questionário respondido, não sendo necessário a identificação do nome do respondente, somente o cargo e departamento para o seguinte e-mail: ricardo.toshimiota@gm.com ou pelo fax 3170

Indicadores para Resolução de Problemas
--

1 . Caracterização da Fábrica:

1.1 - Nome da Fábrica:

- Fábrica MVA S10/Blazer
- Fábrica MVA Corsa
- Fiat GM Powertrain
- Fábrica de Componentes Plásticos

1.2 - Número de Funcionários: _____

2. Seleção do Problema:

2.1 - Qual(is) o(s) indicador(es) da qualidade disponível na empresa?

- C.A.R.E.
- I.P.T.V.
- Quality Gates
- G.C.A.
- G.D.S.
- Outros: _____

2.2 - Qual(is) o(s) critérios para seleção de um problema a ser resolvido?

- Os indicadores da qualidade
- Decisão gerencial
- O problema é "*walk home*"
- Item de segurança
- Custo gerado pela não conformidade
- Outros: _____

2.3 - Antes de avaliar a(s) causa(s) do item selecionado, assinalar as etapas utilizadas no processo de resolução de problemas:

- Confirmação da sequência de montagem correta
 - Confirmação da montagem da peça correta
 - Confirmação da ferramenta correta
 - Comparação da peça/produto problema versus especificação de Engenharia
 - Outros - especificar: _____
- _____

2.4 - Existe um critério para classificação da severidade do problema selecionado?

- Não
- Sim

Especificar: _____

3. Determinação da raiz do problema:

3.1 - Qual(is) ferramenta(s) utilizada(s) para identificação da(s) causa(s) do problema?

Diagrama Causa-efeito

Lista de verificação

Histograma

Gráfico de dispersão

Gráfico linear

Gráfico de controle

Outros: _____

4. Implementação da Solução:

4.1. - Existe uma sistemática para resolução de problemas de peças compradas?

Não

Sim

Especificar: _____

4.2 - Existe uma sistemática para resolução de problemas de projeto?

Não

Sim

Especificar: _____

4.3 - Uma vez identificado a causa do problema como processo de manufatura incorreto, qual(is) ação(ões) tomada(s)?

Orientação e treinamento dos operadores

Adotar processo de inspeção

Adotar *poka-yoke*

Nenhuma das alternativas

Outras: _____

4.4 - Qual(is) dos seguintes critérios mencionados a seguir, são levados em consideração para elaboração de um projeto de poka-yoke?

Marque segundo o grau de importância de acordo com a seguinte escala gradativa:

- 1 - Nenhuma Importância
- 2 - Pouca Importância
- 3 - Importância Moderada
- 4 - Bastante Importante
- 5 - Importância Total

Na coluna Ponderação, favor marcar o peso relativo em porcentagem. A soma de todos os itens deve ser igual a 100.

	1	2	3	4	5	Ponderação
Custo de implementação do projeto poka-yoke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Lead time para implementação do projeto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Taxa de retorno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Segurança	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Acréscimo de operação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ergonomia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Outros:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	SOMA					100%

5 - Confirmação da solução do problema:

5.1 - Existe um processo de monitoramento do problema após implementação da solução?

Não

Sim

Qual(is)?: _____

5.2 - Existe um processo de padronização da solução para processos idênticos?

Não

Sim

5.3 - Outros

4 – Referências Bibliográficas

BARBARÁN, Gabriela M. Cabel, Indicadores de Desempenho para a Avaliação do Desenvolvimento de Projetos nas Indústrias de Software, Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999

BRYMAN, Alan, Research Methods and Organization Studies, Great Britain, Biddles Ltd, 1989

CASTRO, Claudio Moura, A Prática da Pesquisa, São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1977

GIL, Antonio Carlos, Como Elaborar Projetos Projetos de Pesquisa, São Paulo, Atlas, 1987

HIRANO, Hiroyuki, Poka-Yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects, USA, Productivity Press, Inc, 1988

JURAN, Joseph M. and GODFREY, A. Blanton, Juran's Quality Handbook, USA, McGraw-Hill, 1999

KAMINSKI, Paulo Carlos, Desenvolvendo Produtos com Planejamento, Criatividade e Qualidade, Rio de Janeiro; Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000

KUME, Hitoshi, Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade, São Paulo, Editora Gente, 1993

LYRA, Paulo Andre Didier, EAP Estudo e Aperfeiçoamento de Processos, s.L., Vade Mecum, 1994

PRODUCTIVITY PRESS, development team, Mistake-proofing for operator: the ZQC system, USA, Productivity Press,

Quality Network Implementation Support Team, Error Proofing for Product @ Process Design – Reference Manual, USA, General Motors Corporation, 2000

SHIBA, Shoji, TQM: quatro revoluções na gestão da Qualidade, Porto Alegre, Artes Médicas, 1997.

SHINGO, Shigeo, Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke System, USA, Productivity Press, 1986

TECHNICAL PAPER SERIES: S.A.E., ASME

SAE 1999-01-1632

BAUER, Dan and LABUTTE, Ernie, Error / Mistake Proofing During New Vehicle Launches, Detroit, 1999

ASME DETC01/DFM-21196

CHAO, Lawrence P., Design Process Error-Proofing: International Industry Survey and Research Roadmap, Proceedings of DETC'01 ASME Design Engineering Technical Conferences, Pittsburgh, USA, 2001

SAE 2001-01-0376

NOVAK, Paul, IRWIN, Robert Glusic, Mechanical Verification of Customer Interfaces in Automotive Component Manufacturing, SAE 2001 World Congress, Detroit, 2001

Sites de Referência

- MML/Stanford University Seminar Series at ICAP
Error-Proofing the Product Development Process
<http://mml.stanford.edu/epfl/seminar/larry-epfl.pdf>

- ANFAVEA
<http://www.anfavea.com.br>

- Mistake-Proofing Training
John R. Grout
Campbell School of Business - Berry College
<http://campbell.berry.edu>