

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE  
CARGAS  
ACADEMIA MRS LOGÍSTICA SA**



**CÁSSIO EDUARDO DE OLIVEIRA**

**PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE CAUSA DE FALHAS EM  
LOCOMOTIVAS**

**Rio de Janeiro  
2006**

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**CÁSSIO EDUARDO DE OLIVEIRA**

**PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE CAUSA DE FALHAS EM  
LOCOMOTIVAS**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização  
em Transporte Ferroviário de Cargas do Instituto Militar  
de Engenharia

Orientador: Prof. José Antônio Fernandes Jr

**Rio de Janeiro**

**2006**

Dedico este trabalho à minha esposa, Teresinha, e aos meus filhos, Lucas e Victor, pelo carinho e compreensão nos períodos subtraídos do nosso convívio.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e a todas as pessoas que acreditaram, incentivaram e me apoiaram na realização deste trabalho e em especial a meus pais, exemplos de vida para mim.

A MRS Logística S A pelo incentivo à educação e desenvolvimento profissional de seus funcionários.

Manifesto também minha gratidão a Cândido Frias e Ronaldo Costa, pessoas que possibilitaram esta oportunidade de ampliar meus horizontes e em especial ao meu Professor Orientador José Antônio Fernandes Jr e aos meus tutores Felipe de Castro e Igor Taques, por suas disponibilidades e atenções.

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	07
RESUMO .....	08
<b>1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
1.1 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	09
1.2 - OBJETIVO DO TRABALHO.....	11
1.3 - JUSTIFICATIVA.....	11
1.4 - ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA .....	12
<b>2 - REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
2.1 - PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA BOA GESTÃO.....	13
2.2 – O CICLO PDCA DE CONTROLE DE PROCESSOS .....	14
2.2.1 – O PDCA PARA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE (SDCA) .....	17
2.2.2 – O PDCA DE MELHORIAS .....	21
2.3 – FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	27
2.3.1 - BRAINSTORMING.....	27
2.3.2 – DIAGRAMA DE PARETO .....	29
2.3.2.1 – CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA DE PARETO.....	30
2.3.3 – DIAGRAMAS DE CAUSA E EFEITO .....	31
2.3.3.1 – COMO CONSTRUIR DIAGRAMAS DE CAUSA E EFEITO....	31
2.3.4 – “OS CINCO PORQUÊS (5W1H-5W2H) .....	33
2.3.5 – ÁRVORE DE FALHAS (FTA) .....	33
2.3.6 - ESTRATIFICAÇÃO .....	35
<b>3 - TRATAMENTO DO PROBLEMA .....</b>	<b>36</b>
3.1 – ETAPA 1 – IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS .....	38
3.2 – ETAPA 2 - ANÁLISE DE FENÔMENO.....	38
3.2.1 – ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES .....	39
3.2.2 – COLETA DE DADOS .....	40
3.2.3 – OBSERVAÇÃO NO LOCAL DO PROBLEMA.....	40
3.2.4 – ESTRATIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	41

3.2.5 – META DE CADA PROBLEMA IDENTIFICADO .....	42
3.3 – ETAPA 3 - ANÁLISE DE PROCESSO .....	42
3.3.1 – CONHECIMENTO QUALITATIVO DO PROCESSO.....	43
3.3.2 – QUANTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DO PROCESSO .....	44
3.4 – ETAPA 4 – ESTABELECIMENTO DO PLANO DE AÇÃO .....	44
3.4.1 – PLANEJAMENTO DAS AÇÕES.....	45
3.4.2 – MONTAGEM DO PLANO DE AÇÃO.....	46
3.5 –ETAPA 5 – EXECUÇÃO DO PLANO DE AÇÃO .....	46
3.5.1 - TREINAMENTO .....	47
3.5.2 - EXECUÇÃO DA AÇÃO .....	47
3.6 – ETAPA 6 – VERIFICAÇÃO DO RESULTADO .....	47
3.6.1 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS .....	48
3.6.2 – VERIFICAÇÃO DO STATUS DO PROBLEMA .....	48
3.7 – ETAPA 7 - PADRONIZAÇÃO.....	49
3.7.1 - PADRONIZAÇÃO .....	50
3.7.2 - TREINAMENTO .....	50
3.7.3 - ACOMPANHAMENTO .....	50
3.8 – ETAPA 8 - CONCLUSÃO.....	50
<b>4 – RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>51</b>
<b>5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>53</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG.1 – Área de atuação da MRS Logística.....	11
FIG.2 .1 - Ciclo PDCA de Controle de Processos .....	15
FIG.2.2 - Ciclo PDCA Utilizado para o Alcance das Metas Padrão.....	20
FIG.2.3 - Ciclo PDCA Utilizado para o Alcance das Metas de Melhoria.....	26
FIG.2.4 - Exemplo de Diagrama de Pareto .....	29
FIG.2.5 - Diagrama de Causa e Efeito .....	32
FIG.2.6 - Diagrama de Árvore de Falhas .....	34
FIG.2.7 - Diagrama de Árvore de Falhas com Elementos Lógicos .....	34
FIG.2.8 - Estratificação de Dados .....	35
FIG. 3.1 – Fluxograma para Análise de Falhas.....	37
FIG.3.2 - Fluxograma de Análise do Fenômeno .....	39
FIG.3.3 – Fluxograma de Análise de Processo.....	42
FIG.3.4 – Fluxograma de Estabelecimento do Plano de Ação.....	45
FIG.3.5 – Matriz de Priorização.....	46
FIG.3.6 – Fluxograma de Execução das Ações .....	47
FIG.3.7 – Fluxograma de Verificação do Resultado.....	48
FIG.3.8 – Fluxograma de Padronização.....	49

OLIVEIRA, Cássio Eduardo. **Procedimento para Análise de Causa de Falhas em Locomotivas**. 2006. 53 f. Monografia (Especialização em Transporte Ferroviário de Cargas) – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, RJ.

## **RESUMO**

A presente monografia teve como objetivo apresentar uma proposta metodológica para a análise e solução de falhas em locomotivas da empresa de transportes ferroviários MRS Logística S A, visando agilizar e otimizar as ações de contenção e correção baseada nos fundamentos do Ciclo P.D.C.A. e ferramentas do Sistema de Gestão da Qualidade úteis em cada etapa do ciclo.

Neste trabalho procurou-se ressaltar a importância de uma metodologia de Análise de Falhas baseada em Sistema de Gestão de Qualidade que permita não só ver a implantação deste sistema como forma de credenciamento, mas sim como um passo para uma gestão que vise a oferecer serviços de qualidade e satisfazer seus clientes, enfim uma gestão voltada para a Qualidade Total.

Com a implantação desta metodologia de análise espera-se que ocorra uma mudança na cultura da empresa, proporcionando uma gestão participativa e o comprometimento das pessoas no trabalho em equipe, colaborando significativamente para a obtenção de ações de contenção e solução final dos problemas.



## 1- INTRODUÇÃO

A concorrência entre as empresas devido à globalização da economia estimulou a busca por melhorias de padrões de qualidade assim como a eficiência de sistemas produtivos que permitam gerar produtos e serviços com qualidade e preços competitivos.

Segundo AGUIAR (2002), a sobrevivência das empresas depende da sua capacidade de atender as necessidades dos clientes e o uso de mecanismos consistentes para avaliação da qualidade de produtos ou serviços é a base essencial para atendê-los cada vez melhor. Para isso, as empresas devem ser capazes de promover mudanças rápidas para se adequarem ao mundo globalizado, o que pode ser conseguido com um sistema de gestão que as ajude a enfrentar os desafios que irão encontrar. A utilização de Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) pode beneficiar amplamente as empresas que os utilizam. Os Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) integrados a ferramentas de qualidade são mecanismos importantes para verificação e sustentação da qualidade tanto para processos quanto para produtos e serviços de uma empresa.

A sobrevivência das empresas no mercado globalizado depende de se adotar uma postura ampla que permita não só ver a implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade como requisito para o credenciamento, mas sim como um passo para uma gestão que vise oferecer serviços e produtos de qualidade e satisfazer seus clientes, enfim, uma gestão voltada para a Qualidade Total.

### 1.1 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A MRS Logística é uma concessionária que controla, opera e monitora a Malha Sudeste da Rede Ferroviária Federal. A empresa atua no mercado de transporte ferroviário desde 1996, quando foi constituída, interligando os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, conforme mostra a Figura 1. São 1.674 Km de malha - trilhos que facilitam o processo de transporte e distribuição de cargas numa região que concentra aproximadamente 65% do produto interno bruto do Brasil e onde estão instalados os maiores complexos industriais do país. Pela malha da MRS

também é possível alcançar os portos de Sepetiba e de Santos (o mais importante da América Latina).

O foco das atividades da MRS Logística está no transporte ferroviário de cargas gerais, como minérios, produtos siderúrgicos acabados, cimento, bauxita, produtos agrícolas, coque verde e contêineres; e na logística integrada, que implica planejamento, multimodalidade e transit time definido. Ou seja, uma operação de logística completa.

O objetivo da MRS para os próximos anos é alcançar o topo da eficiência operacional. Diferenciais competitivos, reestruturação de processos existentes para conquista de novos clientes, investimento em pessoal e ampliação da participação no mercado de carga geral estão em pauta para fazer da MRS Logística a melhor operadora logística ferroviária do país.

O papel do setor de manutenção de locomotivas dentro do objetivo da MRS Logística é consolidar um processo onde se tenha disponibilidade e confiabilidade. Para alcançar estes objetivos, a manutenção deve se caracterizar como pró-ativa, focalizando a melhoria contínua de seus processos e desenvolvendo uma análise profunda do equipamento. A ferramenta indicada neste cenário é a análise da falha, que tem como objetivo primordial identificar rapidamente a causa raiz da falha e fornecer soluções para eliminar seus efeitos.

O método de análise de causas de falhas em locomotivas utilizado na empresa não segue uma sistemática de análise, correção e verificação dos resultados relacionados aos problemas identificados. Desta forma a solução dos problemas se torna algumas vezes demorada, acarretando freqüentemente altos índices de retrabalho. O retrabalho ocasiona excesso de intervenções corretivas nas locomotivas e com isso desvio de mão-de-obra utilizada nas intervenções preditivas e preventivas, para correção de falhas, o que se reflete diretamente nas metas estabelecidas.

Portanto se torna necessária a elaboração de procedimentos para análise das causas de falhas em locomotivas de modo a diminuir os índices de retrabalho e aumentar a confiabilidade deste sistema.



Figura 1 – Área de atuação da MRS Logística

## 1.2 - OBJETIVO DO TRABALHO

Criar um procedimento de análise de causas de falhas em locomotivas, através da aplicação de um método de integração de ferramentas da qualidade ao Sistema de Gestão da Qualidade, utilizado tanto para a análise de causas de falhas e elaboração de planos de ação para correção destas, quanto para assegurar a execução e manutenção dos planos de ação, propiciando desta forma, uma maior eficácia das ações implementadas e, como consequência, favorecendo o aumento da confiabilidade das locomotivas com a redução do número de falhas e o aumento da qualidade e produtividade dos serviços prestados pelos setores de manutenção de locomotivas.

## 1.3 – JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se pela ausência de um sistema de análise de causas de falhas em locomotivas que contemple uma sistemática para análise, correção e

verificação dos resultados relacionados aos problemas identificados, como também pela necessidade de aplicação de uma manutenção pró-ativa que vise identificar todas as modalidades de falhas que afetam o processo produtivo da empresa.

#### 1.4 - ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA

A estrutura da presente monografia está contida em cinco capítulos.

No capítulo 1, descreve -se a origem do trabalho com a definição do objetivo, a sua importância e justificativa, assim como a organização da monografia.

No capítulo 2 apresenta-se uma revisão bibliográfica dos assuntos relacionados ao desenvolvimento deste trabalho, onde publicações atualizadas deram base teórica necessária para a construção do sistema de análise proposto neste trabalho.

No capítulo 3 apresenta-se o tipo e a forma de abordagem relacionada a um método seqüencial para análise.

A forma de implantação da metodologia proposta e as considerações finais da monografia estão descritos no capítulo 4.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1- PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA BOA GESTÃO

Para criação e implementação de qualquer sistemática de análise baseada em Sistemas de Gestão, se torna necessário o conhecimento dos princípios fundamentais de uma boa gestão.

Segundo DIAS (1995), toda unidade produtiva, para crescer, trazer benefícios para a sociedade, oferecer serviços de qualidade e satisfazer seus clientes deve focar sua atenção numa gestão que atenda no mínimo a princípios fundamentais, quais sejam:

. Definir a Missão da empresa, ou seja, a sua razão de existir. A MRS Logística SA tem por finalidade oferecer transporte de carga com segurança, previsibilidade e custos competitivos, sendo os principais clientes, as empresas mineradoras, siderúrgicas, construção, produção agrícola, química, automotiva entre outras. Portanto a missão da MRS Logística SA pode ser definida como:

“Oferecer transporte de carga com foco na ferrovia, priorizando fluxos que gerem escala e relações de longo prazo, a preços competitivos e com previsibilidade, para agregar valor crescente ao negócio”.

Esta missão deve ser divulgada a todos os colaboradores, para que cada um compreenda sua real função dentro do processo produtivo e sua responsabilidade junto aos clientes em geral.

. Estabelecer a Visão de Futuro da empresa, ou seja, determinar onde se quer chegar, o que se pretende ser e obter, num determinado espaço de tempo. Também é importante que todos os funcionários conheçam essa Visão de Futuro, fazendo com que todos os esforços estejam focados num mesmo objetivo.

. Identificar quais são as Partes Interessadas, isto é aqueles envolvidos no negócio e que têm expectativas em relação a ele. Elas são clientes, fornecedores, funcionários e até mesmo a comunidade local.

. Ter responsabilidade social de forma a se desenvolver em harmonia com os interesses da sociedade e com o meio ambiente onde está inserida a empresa. Para isso é necessário definir Valores, ou seja, idéias e ações que nortearão o

comportamento de todos os profissionais. Esses valores que definem o “caráter” da empresa, ou seja, como ela será reconhecida no mercado e qual será a sua credibilidade.

. Realizar um Planejamento Estratégico, isto é, definir o quê fazer e como fazer para alcançar as metas estabelecidas de acordo com a *Missão, Visão e Valores*. Uma vez elaborado, o Planejamento Estratégico torna o desenvolvimento mais fácil, pois todos ficam sabendo aonde se quer chegar e como chegar.

. Distribuir responsabilidades para o cumprimento das metas. Isso torna mais fácil medir o desempenho da empresa por meio de Indicadores de Desempenho. Por exemplo, para se manter com um padrão de qualidade eficiente, uma Oficina de Manutenção de Locomotivas deve verificar o tempo de análise, a satisfação do cliente, o cumprimento do prazo e a qualidade do serviço prestado. Com essas informações é possível aplicar ações corretivas quando necessário.

. Realizar periodicamente uma Análise Crítica do desempenho global avaliando as informações e o estado atual traçando, assim, um novo Planejamento Estratégico quando necessário.

Dentro dos princípios da boa gestão um fator importantíssimo é o ser humano, pois não se pode alcançar o sucesso sem o esforço de sua força de trabalho. É necessário que as pessoas estejam envolvidas no processo, compartilhando de seus valores e objetivos. Segundo CAMPOS (2002), no mundo atual, o único caminho seguro para promover o sucesso e a sobrevivência de uma empresa é cultivar os valores de toda a equipe de trabalho através de uma política de reconhecimento das habilidades, o que leva à motivação de todos.

## 2.2 – O CICLO PDCA DE CONTROLE DE PROCESSOS

Segundo AGUIAR (2002) e SILVA (2002), o ciclo PDCA (PLAN-DO-CHECK-ACTION) para controle e melhoria de processos ou sistemas, criado por Edwards Deming, estatístico e consultor norte-americano, é um método gerencial de tomada de decisões utilizado para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência das empresas. O ciclo PDCA representa o caminho a ser seguido para que as metas estabelecidas possam ser atingidas.

Segundo CAMPOS (2002) o método PDCA consta de quatro etapas bem definidas, conforme mostrado na Figura 2.1:

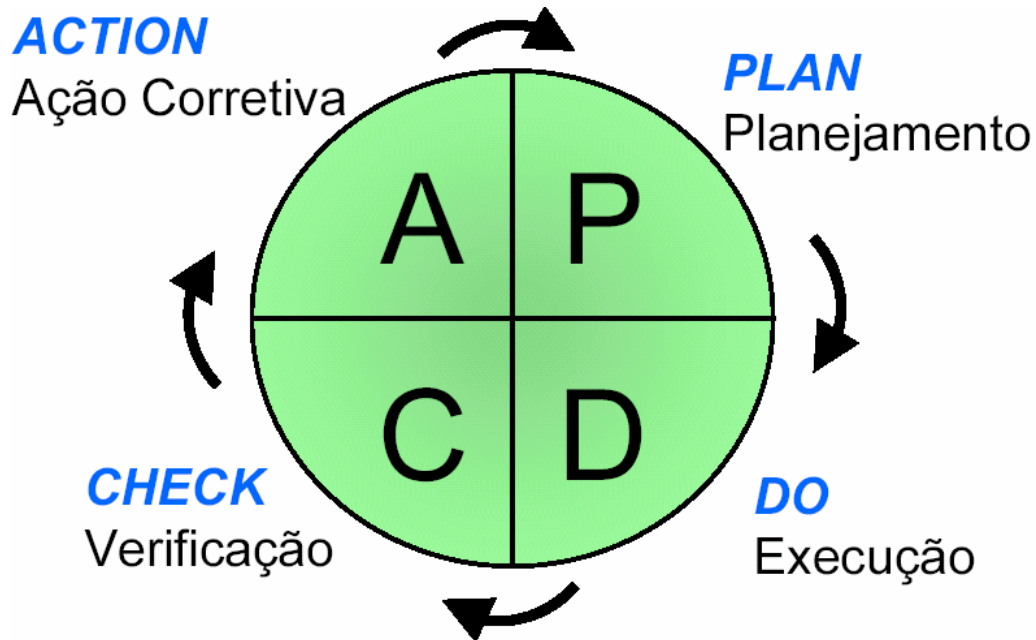


Figura 2.1 – Ciclo PDCA de Controle de Processos

As etapas do PDCA são descritas a seguir:

1-Etapa PLAN- Planejar (P)

No planejamento do ciclo, são estabelecidos as metas e os métodos (planos de ação) que serão usados para alcançá-las.

2- Etapa DO-Executar (D)

Nesta fase tudo que foi planejado anteriormente é colocado em prática. Para execução dos planos de ação, é de suma importância a educação, o treinamento, a motivação e o comprometimento das pessoas envolvidas no processo. Em seguida, os dados são coletados para análise, tratamento e utilização na etapa seguinte para verificação da performance do processo.

3- Etapa CHECK-Verificar (C)

A partir dos dados coletados na etapa de Execução os resultados obtidos são avaliados e comparados com as metas. É nesta fase que as ferramentas estatísticas

como Gráficos de Pareto, Diagramas de Causa e Efeito, Histogramas, Intervalos de Confiança, Gráficos de Controle, Índices de Capacidade de Processos e Confiabilidade assumem importância analítica.

#### 4-Etapa ACTION-Atuar (A)

Nesta etapa, a ação a ser realizada depende dos resultados obtidos, avaliados na etapa anterior. Existem duas formas de atuação possíveis:

a) Meta atingida: caso a meta tenha sido alcançada, é adotado como padrão o plano proposto;

b) Meta não atingida: caso a meta não tenha sido alcançada, inicia-se um novo giro no PDCA com o objetivo de se agir sobre as causas do não cumprimento da meta e de se encontrar meios que levem o processo a obter bons resultados.

Segundo AGUIAR (2002) e SILVA (2002), para se atingirem as metas de sobrevivência da empresa, é necessário utilizar o PDCA voltado para formas de gerenciamento de metas a serem atingidas, de forma como apresentado à seguir:

##### 1- Metas para Manter:

São metas para manutenção da qualidade com o objetivo de dar previsibilidade aos resultados da empresa. Uma meta para manter, consta de uma faixa aceitável de valores para o item de controle considerado, representando especificações de produto provenientes dos clientes internos e externos da empresa. As metas para manter são denominadas metas padrão.

##### 2- Metas para melhorar:

São metas utilizadas para obter melhoria contínua dos resultados da empresa com os processos existentes. Estas metas surgem do mercado (clientes) que sempre deseja um produto cada vez melhor, a um custo cada vez mais baixo e com uma entrega cada vez mais precisa. A entrada de novos concorrentes no mercado e o surgimento de novos materiais e novas tecnologias também levam à necessidade do estabelecimento de metas de melhoria.



## 2.2.1 – O PDCA PARA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE (SDCA)

Para AGUIAR (2002) e SILVA (2002) *apud* CAMPOS (2002), gerenciar pelo PDCA de Manutenção da Qualidade equivale a produzir de acordo com os Procedimentos Operacionais Padrão da empresa. Na Figura 2.2 mostra-se o Ciclo PDCA utilizado para atingir as metas padrão. Como o plano que permite o alcance da meta padrão é o Procedimento Operacional Padrão (“Standard”), o ciclo PDCA empregado para o alcance das metas para manter é denominado SDCA.

As etapas do ciclo PDCA para manutenção das metas (SDCA), são assim definidas:

### 1-Etapa S

A meta padrão representa o resultado que se deseja atingir e o procedimento operacional padrão é o planejamento do trabalho repetitivo que deve ser executado para o alcance da meta padrão. Portanto, o sistema de procedimentos operacionais padrão da empresa é o próprio planejamento operacional a partir do qual decorre todo treinamento operacional ou treinamento no trabalho. Desta forma, no Gerenciamento para manter, na etapa S, a meta e os meios para atingi-la já estão definidos.

Como as metas e os procedimentos operacionais já são recebidos prontos para serem utilizados, não há ferramentas da qualidade a serem integradas nesta fase do SDCA.

### 2- Etapa D

Nesta etapa, a preocupação é com o cumprimento dos Procedimentos Operacionais Padrão, quando são privilegiadas as atividades de treinamento do trabalho (*On Job Training*) e as atividades de supervisão e de auditoria para garantir que os Procedimentos Operacionais Padrão sejam seguidos corretamente.

Segundo CAMPOS (2002), as atividades de treinamento no trabalho, supervisão e auditoria são assim descritas:

### **Treinamento no Trabalho (*On Job Training*):**

Toda pessoa da empresa deve ser bem treinada para executar as tarefas que realiza no dia-a-dia. Este treinamento é baseado nos procedimentos operacionais padrões.

#### Supervisão:

Toda pessoa na qualidade de líder, chefe ou representante da organização deve acompanhar o trabalho de seus subordinados com o objetivo de verificar se os procedimentos operacionais padrão estão sendo cumpridos.

#### Auditoria:

A garantia de que todos os procedimentos operacionais padrão da empresa estão sendo cumpridos é comprovada por auditorias internas realizadas pela própria empresa e por auditorias externas realizadas por órgão de certificação de qualidade de acordo com padrões mundiais.

Nesta fase do ciclo PDCA, as ferramentas de qualidade mais utilizadas são a Folha de Verificação, Carta de Controle, Check-list, Fluxograma e Análise de Regressão.

### 3- Etapa C

Nesta etapa de verificação, os dados coletados na etapa anterior são analisados com o objetivo de se comprovar as efetividades dos Procedimentos Operacionais Padrão, ou seja, consiste no acompanhamento (monitoramento) da meta avaliando se a mesma foi ou não alcançada.

É feito então um acompanhamento da produção com o objetivo de descobrir alguma anomalia. Se não forem detectadas anomalias, a empresa continua com seu procedimento normal, caso contrário devem tomar ações corretivas.

Para dispor e processar as informações coletadas nesta etapa, são utilizadas Cartas de Controle, Histogramas, Intervalos de Confiança, Testes de Hipóteses e Análise de Regressão como ferramentas de qualidade nesta etapa.

#### 4-Etapa A

Caso a meta padrão não tenha sido atingida, devem ser adotadas ações corretivas sobre o desvio detectado (anomalia), seguindo-se o seguinte procedimento:

Relatório de anomalia.

O empregado relata a anomalia com base nos cinco sentidos.

Remoção do sintoma.

O empregado e supervisor removem o sintoma.

Análise da anomalia.

È preenchido o relatório de anomalias, seguido da adoção de contramedidas sobre as causas imediatas desta emissão.

Revisão diária.

O relatório é encaminhado a gerência para a adoção de contramedidas adicionais, se necessário.

A efetividade das ações corretivas depende das informações coletadas na execução do processo, processadas durante a fase de verificação e de ação corretiva. As Cartas de Controle, o Brainstorming, a Técnica dos Porquês, o Diagrama de Causa e Efeito, a Estatística Descritiva, o Diagrama de Dispersão e Análise de Regressão, são ferramentas da qualidade úteis nesta etapa de ação corretiva do processo.

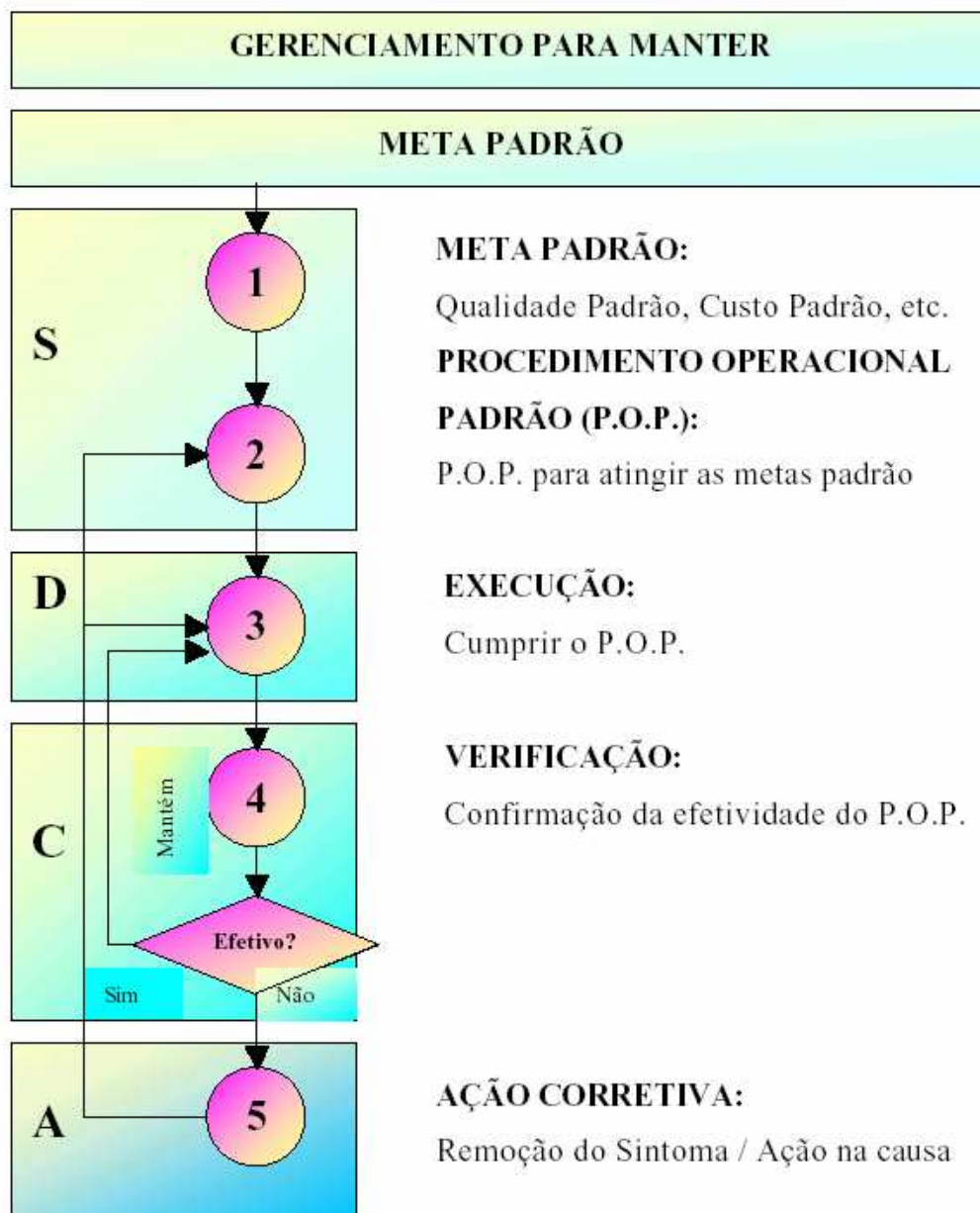


Figura 2.2 – Ciclo P.D.C.A. Utilizado para o Alcance das Metas Padrão

## 2.2.2 – O PDCA DE MELHORIAS

Segundo AGUIAR (2002) e SILVA (2002), para atingir as metas e promover as melhorias incrementais de forma eficiente, utiliza-se o Ciclo PDCA ou **Método de Solução de Problemas**, conforme apresentado na Figura 2.3.

As ações desenvolvidas e as ferramentas utilizadas em cada etapa do ciclo PDCA de melhorias são assim definidas:

### 1- Etapa P

A etapa de Planejamento do PDCA de Melhorias é decomposta em fases com o objetivo de facilitar o detalhamento das ações que devem ser realizadas nesta etapa.

#### 1.1 – Fase de Identificação do Problema

Nesta fase procura-se definir claramente o problema relacionado à meta, reconhecer a importância desse problema e a conveniência da sua solução. O problema identificado nesta fase do PDCA é gerado a partir da meta de melhoria (estabelecida sobre os fins), a qual pode pertencer a uma das duas categorias relacionadas a seguir:

##### A. Meta “Boa”.

É aquela que surge a partir do plano estratégico, baseado nas exigências do mercado e na necessidade de sobrevivência da empresa.

##### B. Meta “Ruim”.

É aquela proveniente das anomalias crônicas. Uma anomalia crônica prioritária identificada a partir do SDCA gera uma meta “ruim”, que deverá ser atingida por meio do giro de Ciclo PDCA para melhorias.

Deve-se observar que a existência de processos que apresentam diversas anomalias impede a empresa de atingir as metas “boas” provenientes do planejamento estratégico, já que a maior parte do tempo dedicado ao alcance de metas será voltada à solução das metas “ruins”.

As ferramentas da qualidade mais empregadas nesta fase do PDCA de melhorias são o Mapa de Raciocínio (fluxograma), Folha de Verificação, Gráfico

Seqüencial, Técnicas de Amostragem, Histograma e Ferramentas da Estatística Descritiva. Estas ferramentas são utilizadas para:

- . Retirar amostras representativas de uma determinada situação de interesse;
- . Avaliar a confiabilidade de informações e fornecer indicações de como atuar no sistema de coleta de dados;
- . Apresentar de forma gráfica ou não, as informações de interesse ao longo do tempo;
- . Avaliar o retorno econômico.

### 1.2 - Fase de Análise do Fenômeno

Nesta fase procura-se conhecer profundamente o problema e, ao mesmo tempo, empenhar-se para desdobra-lo em problemas prioritários mais simples. A análise do fenômeno, realizada sobre os fins, consiste em investigar as características específicas do problema, com uma visão ampla e sob vários pontos de vista. Esta análise permite a localização do foco do problema.

Uma das formas utilizadas para aumentar o conhecimento do problema e, ao mesmo tempo, simplificar sua solução é observa-lo sob vários ângulos e, a seguir, desdobra-lo em problemas específicos prioritários. Desta forma, as Cartas de Controle, Técnicas de Amostragem, Diagrama de Árvore de Falhas, Histograma e Ferramentas da Estatística Descritiva são ferramentas de análise mais utilizadas nesta fase para:

- . Coletar dados;
- . Avaliar sistemas de medição e/ou coletas de dados;
- . Priorizar situações;
- . Avaliar variações.

### 1.3 - Fase de Análise do Processo

A fase de análise do processo, realizada sobre os meios, tem por objetivo a descoberta das causas geradoras do problema relacionadas com a meta específica que está sendo trabalhada. Na análise do processo deve-se investigar o relacionamento existente entre o fenômeno, concentrando a atenção no foco do problema identificado na fase anterior, e quaisquer deficiências que possam existir no processo (meios).

O trabalho realizado nesta fase tem grande influência na descoberta das causas do problema. Ferramentas como o Brainstorming, a Técnica dos Porquês, o Diagrama de Causa e Efeito, O FMEA-FTA, o Mapa de Processo e Fluxograma, a Arvore de Falhas e as Cartas de Controle são úteis para:

- . Definir, dispor e apresentar o processo relacionado ao problema;
- . Obter o conhecimento sobre as causas do problema;
- . Priorizar causas;
- . Quantificar o efeito das causas em características de interesse.

#### 1.4 - Fase de Estabelecimento de Plano de Ação

Após a condução da análise do processo, deve ser estabelecido o plano de ação (sobre os meios), que é um conjunto de contramedidas com o objetivo de bloquear as causas fundamentais e atingir as metas (metas específicas) propostas.

As ferramentas da qualidade são utilizadas nesta fase para:

- . Propor, priorizar e testar medidas;
- . Dispor planos de ação.

Estas ferramentas devem ser utilizadas para montagem de um plano de ação efetivo e de fácil entendimento. Dentre as mais utilizadas, o 5W1H é uma ferramenta eficiente para ajudar na resolução das causas fundamentais e no desdobramento do plano de ação. Pode-se utilizar também nesta fase o Brainstorming e o Diagrama de Causa e Efeito.

A etapa de planejamento do Ciclo PDCA de melhorias consiste então no estabelecimento de metas sobre os fins e na definição das ações que deverão ser executadas sobre os meios para que a meta possa ser atingida. Esta é a etapa mais difícil do PDCA. No entanto, quanto mais informações forem agregadas ao planejamento, maiores serão as possibilidades de que a meta seja alcançada. Além disto, quanto maior for o volume de informações utilizadas, maior será a necessidade do emprego de ferramentas apropriadas para coletar, processar e dispor estas informações. Também é importante destacar que a quantidade de informações e o grau de sofisticação das ferramentas necessárias à etapa “P” variam de acordo com o tipo de atividade no qual o giro do PDCA está inserido, ou seja, dependem da complexidade do problema sob consideração.

## 2 - Etapa D

Na etapa de execução (D) do PDCA de melhorias são implementados os planos de ação (medidas) determinados na fase anterior e coletados os dados (informações) dos resultados dos processos que serão utilizados na etapa seguinte, de confirmação da efetividade da ação adotada.

Nesta fase as ferramentas da qualidade são utilizadas para propor medidas de planos de ação, planejar coleta de dados durante a produção e dispor procedimentos operacionais a serem utilizados durante a execução dos planos de ação. Ferramentas úteis para esta fase são as mesmas utilizadas na fase de execução do PDCA de manutenção de resultados, ou seja, Folha de Verificação, Carta de Controle, Chec-list, Fluxograma e Análise de Regressão.

## 3 - Etapa C

Na etapa de verificação do Ciclo PDCA de melhorias é confirmado ou não a efetividade da ação de bloqueio adotada. Se o bloqueio não foi efetivo e a meta de melhoria não foi atingida, deve-se retornar à fase de observação (análise do fenômeno), fazer uma nova análise e elaborar um novo plano de ação.

Caso o bloqueio tenha sido efetivo, resultando no alcance da meta, deve-se prosseguir para etapa "A" do PDCA de melhorias.

Ferramentas da qualidade são utilizadas nesta fase para avaliar a variabilidade de processos e verificar a confiabilidade de produtos e ou processos. Utilizam-se nesta etapa, as mesmas ferramentas aplicadas no PDCA voltado para manutenção de resultados, ou seja, Cartas de Controle, Histogramas, Intervalos de Confiança, Testes de Hipóteses e Análise de Regressão.

## 4 - Etapa A

A fase de padronização da etapa "A" consiste em adotar como padrão ações que "deram certo", isto é, ações cuja implementação permite o alcance da meta. Para que a consolidação do alcance da meta de melhoria possa ocorrer, a nova maneira de trabalhar definida a partir do ciclo do PDCA de melhorias deverá ser utilizada no dia-a-dia, passando então a constituir o novo patamar que será adotado como padrão (Procedimento Operacional Padrão) na etapa S do Ciclo SDCA. Neste



sentido o PDCA de melhorias modifica o SDCA, colocando-o em um patamar de desempenho mais elevado.

Após a padronização vem a fase de conclusão, na qual devem ser revisadas as atividades realizadas assim como o planejamento para o trabalho futuro.

É importante ressaltar que existem duas maneiras pelas quais estas metas podem ser atingidas por meio do giro do ciclo PDCA:

1.) Melhorando-se continuamente os processos existentes.

Neste tipo de atuação são feitas sucessivas modificações nos processos existentes na empresa, tais como treinamento aos operadores, emprego de matérias-primas de qualidade mais uniforme e otimização da forma de utilização de equipamentos e ferramentas. Estas modificações geralmente conduzem a ganhos sucessivos obtidos sem nenhum investimento ou com pequenos investimentos.

2.) Projetando-se um novo processo ou fazendo-se modificações substanciais nos processos existentes.

O projeto de um novo processo ou a realização de grandes modificações no processo existente consiste de ações necessárias quando as metas colocadas pelo mercado são tão desafiadoras que não podem ser atingidas pelo processo existente. Geralmente este procedimento resulta em grandes avanços para a empresa, mas também implica na realização de investimentos elevados. A implantação de um processo totalmente informatizado, visando o alcance das metas de melhoria, é um exemplo deste modo de atuação.

O Fluxograma, o Chec-List, Técnicas de Amostragem e Análise de Regressão são as principais ferramentas utilizadas nesta fase para estabelecimento de padrões operacionais, controle de processos, coleta de dados e estabelecimento e treinamento de procedimentos operacionais.

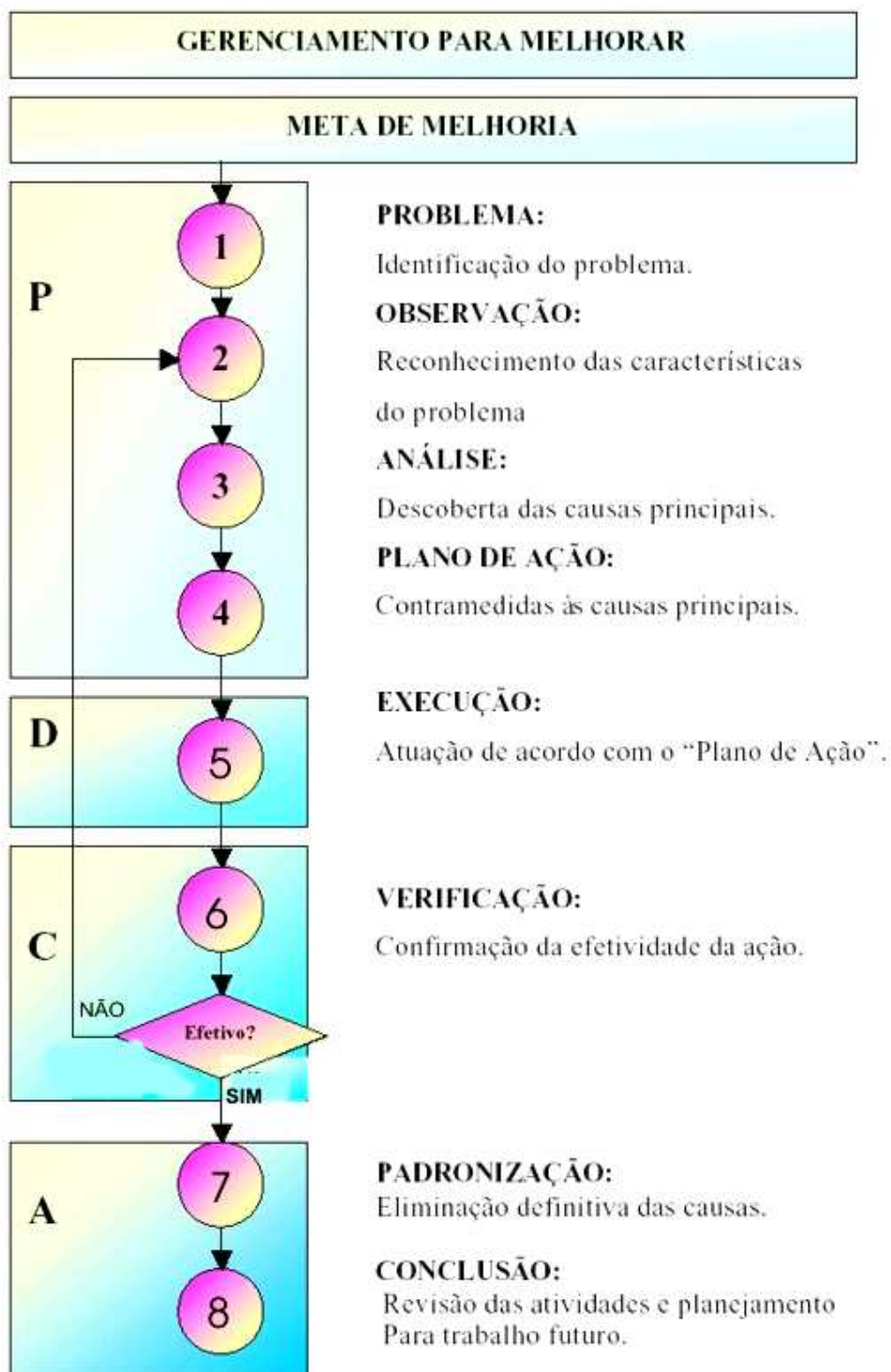


Figura 2.3 – Ciclo P.D.C.A. Utilizado para o Alcance das Metas de Melhoria

## 2.3 - FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As principais ferramentas da qualidade úteis nos processos mencionados anteriormente que serão aplicadas durante a apresentação da metodologia a ser proposta, serão apresentadas a seguir.

### 2.3.1 - BRAINSTORMING

Segundo GODOY (2004), Brainstorming é uma dinâmica de grupo em que as pessoas, de forma organizada e com oportunidades iguais, fazem um grande esforço mental para opinar sobre determinado assunto.

Segundo FERREIRA (2003) *apud* CHIAVENATO (1995), “Brainstorming” é uma técnica de geração de idéias que vem conquistando notável espaço nas empresas preocupadas com a administração participativa e com a qualidade total. Na realidade, o “Brainstorming” é uma espécie de bate-papo direcionado, uma troca de idéias a respeito de um determinado assunto. Ele ocorre nas reuniões entre executivos, dirigentes e funcionários ou com fornecedores e clientes para criar um clima de descontração e facilitar o relacionamento, o que pode favorecer ou não o surgimento de idéias novas que ajudem na solução de alguma situação ou problema. Mas o bate-papo carece de direcionamento e pode levar à dispersão. Assim o “Brainstorming” não é espontâneo. É uma técnica cujo princípio básico reside na ausência de julgamento ou de autocrítica. Todas as idéias são aceitas, mesmo aquelas aparentemente absurdas. O objetivo é incentivar o grupo a liberar todo seu conhecimento e criatividade sem barreiras, temores ou restrições. A partir da quantidade de idéias geradas é que se pode chegar à qualidade ou até à solução da situação ou do problema. O mérito deixa de ser exclusivo de alguém para ser o resultado do trabalho de toda uma equipe. A ordem seguida costuma ser o sentido horário, para que todos os participantes tenham oportunidade de expor suas idéias.

O “Brainstorming” pode ser usado de duas formas:

**Estruturado** – Quando todas as pessoas do grupo devem dar uma idéia a cada rodada ou passar até que chegue sua próxima vez.

**Não-Estruturado** – Quando os membros do grupo simplesmente dão as idéias conforme elas surgem em suas mentes. Isto tende a criar uma atmosfera mais

relaxada, mas também há o risco de dominação pelos participantes mais extrovertidos.

Segundo FERREIRA (2003) *apud* CHIAVENATO (1995) as regras são as seguintes:

- Começa-se com um tema ou assunto e pede-se que os presentes expressem suas idéias espontaneamente;
- Nenhuma idéia apresentada deve ser criticada;
- Todas as idéias verbalizadas devem ser escritas de maneira a ficarem expostas a todos para estimular outras idéias;
- Ao término das verbalizações, todas as idéias escritas e expostas devem ser repassadas e analisadas para seleção das mais pertinentes ou adequadas à solução da situação ou problema. A seguir, faz-se a seleção final da melhor idéia.

Segundo GODOY (2004), para se conduzir o “Brainstorming” de forma rigorosa, sem recorrer a qualquer improvisação, a fim de que os resultados desejados sejam obtidos, devem ser divididos em quatro etapas, quais sejam:

#### 1ª Etapa - Explicação da meta ou problema

Nesta etapa, o Coordenador (pessoa treinada para conduzir uma reunião) explica ao grupo qual é a meta ou o problema, solicita aos integrantes que reflitam sobre os fatores que influenciam o mesmo pensando nas possíveis causas.

#### 2ª Etapa - Determinação das causas

Nesta etapa, de forma organizada, com a participação de todos e com oportunidades iguais, as pessoas são conduzidas a apontarem as causas que provocam as características mais importantes do problema.

#### 3ª Etapa - Determinação das causas mais importantes

De forma hierárquica, utilizando-se alguma forma de ponderação, os participantes determinam as causas mais importantes entre todas as listadas, confirmando as mesmas.

4ª Etapa – Determinação das contramedidas relativas às causas mais importantes – Plano de Ação

Nesta etapa, elabora-se o plano de ação (5W-1H) para atacar as causas mais importantes, questionando-se sobre as contramedidas estabelecidas para cada causa em relação aos impactos provocados, a facilidade de implementação, a rapidez e economia e ao número de contramedidas a serem implementadas.

### 2.3.2 - DIAGRAMA DE PARETO

Segundo FERREIRA (2003) o Diagrama de Pareto é utilizado quando é necessário ressaltar a importância relativa entre vários problemas ou condições, no sentido de escolher o ponto de partida para a solução de um problema, avaliar um progresso ou identificar a causa básica do mesmo.

O Diagrama de Pareto é um caso especial do gráfico de barras verticais, que permite determinar quais problemas resolver e qual a prioridade, além de permitir que se estabeleçam metas numéricas viáveis de serem alcançadas. Na Figura 2.4 é apresentado um exemplo de Diagrama de Pareto.

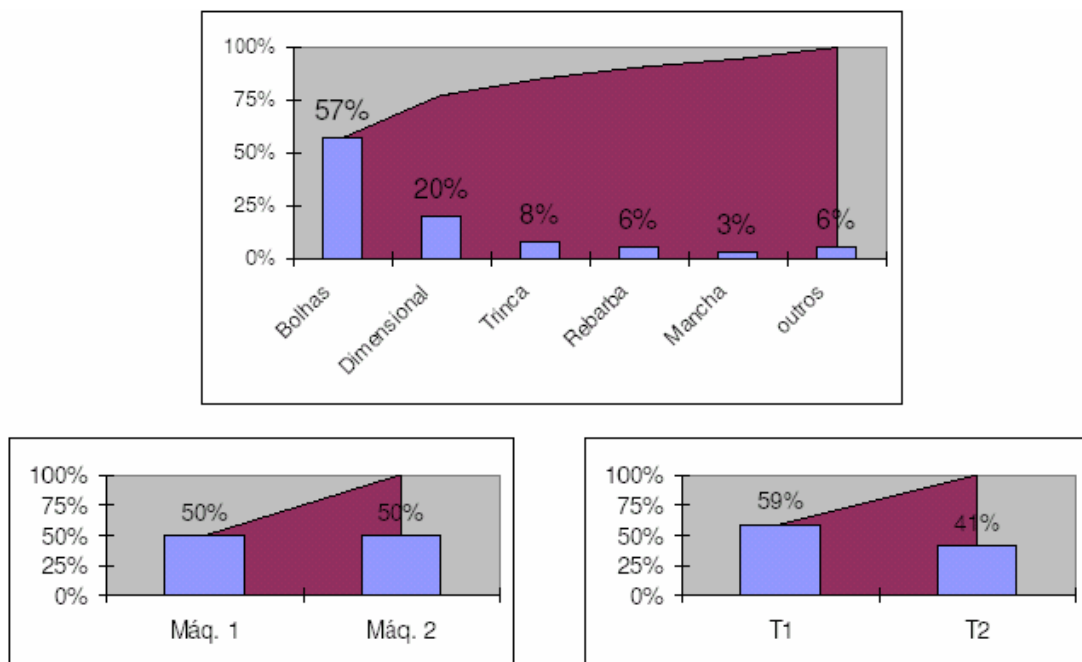


Figura 2.4 – Exemplo de Diagrama de Pareto

### 2.3.2.1 - CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA DE PARETO

Segundo FERREIRA (2003), para construção de um Diagrama de Pareto, devem ser selecionados os problemas a serem comparados e estabelecendo uma ordem por meio de um “Brainstorming” ou da utilização dos dados existentes. Seleciona-se um padrão de comparação como unidade de medida e um período de tempo para a análise.

A construção do Diagrama de Pareto deve ser realizada em fases distintas, quais sejam:

1. Definir os problemas que serão investigados e a forma de coleta dos dados.
  - I. Decidir que tipo de problema quer se investigar (defeitos; perdas financeiras; acidentes; baixa produtividade, etc);
  - II. Definir os dados que serão necessários e a forma de classificação (tipo de defeito; equipe, local, processo, método);
  - III. Determinar o método e o período de coleta dos dados - usar formulário definido.
2. Criar um formulário para a coleta dos dados, com espaço para registrar os respectivos totais.
3. Coletar os dados e calcular os totais.
4. Preparar uma planilha de dados, com os totais individuais e acumulados e calcular os percentuais individuais e acumulados.
5. Classificar os itens em ordem decrescente, mantendo o item outros como último, independente da sua grandeza (se o valor for muito grande deve passar a ter os itens mais significativos fazendo parte da lista de itens coletados).
6. Construir um Diagrama de Barras e registrar as informações pertinentes que forem necessárias no diagrama.
7. Desenhar no diagrama a curva acumulada (curva de Pareto).

Marcar os valores acumulados de cada item (total acumulado ou porcentagem acumulada) e ligar os pontos com segmentos de reta.

### 2.3.3 – DIAGRAMAS DE CAUSA E EFEITO

Segundo KUME (1993), Kaoru Ishikawa, Professor da Universidade de Tóquio, sintetizou em 1953 as opiniões dos engenheiros de uma fábrica na forma de um diagrama de causa e efeito, enquanto eles discutiam um problema de qualidade. Considera-se como sendo aquela a primeira vez que foi utilizada esta abordagem. Antes disso, os auxiliares do Prof. Ishikawa haviam empregado este método para organizar os fatores nas suas atividades de pesquisa. Quando o diagrama foi usado na prática, ele provou ser muito útil, e logo passou a ser amplamente utilizado nas empresas de todo o Japão, assim ele foi incluído na terminologia de Controle da Qualidade da JIS (“Japanese Industrial Standards”).

Segundo WERKEMA (2004), o Diagrama de Causa e Efeito é utilizado para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas possam afetar o resultado considerado. É empregado nas sessões de “Brainstorming” realizadas nos trabalhos em grupo.

As causas principais podem ser agrupadas em categorias, 4M, 6M, 4P...

Método	Método	Políticas
Mão-de-obra	Mão-de-obra	Procedimentos
Material	Material	Pessoal
Máquina	Máquina	Planta
Meio Ambiente		
Medidas		

#### 2.3.3.1 - COMO CONSTRUIR DIAGRAMAS DE CAUSA E EFEITO

1. Estabelecer uma definição que descreva o problema de forma clara.
2. Encontrar o maior número de possíveis causas para o problema.
  - I. Através de um brainstorming da equipe envolvida;
  - II. Através de pesquisa e análise das folhas de verificação.
3. Construir o diagrama de causa e efeito.
  - I. Colocar o problema no quadro à direita;
  - II. Definir as categorias de causas mais apropriadas 4M, 6M, 4P, outras...;

III. Aplicar os resultados do brainstorming.

IV. Para cada causa questionar “Por que isto acontece?” até 5 vezes, relacionando as respostas com a causa principal;

4. Análise.

I. Identificar as causas que aparecem repetidamente;

II. Obter consenso do grupo, ou utilizar a técnica de votação;

III. Coletar e analisar dados para determinar a frequência relativa das causas mais prováveis e selecionar as causas de maior importância.

Um Diagrama de Causa e Efeito ou Ishikawa também é chamado de “diagrama da espinha de peixe” porque ele se parece com o esqueleto de um peixe conforme se observa na Figura 2.5.

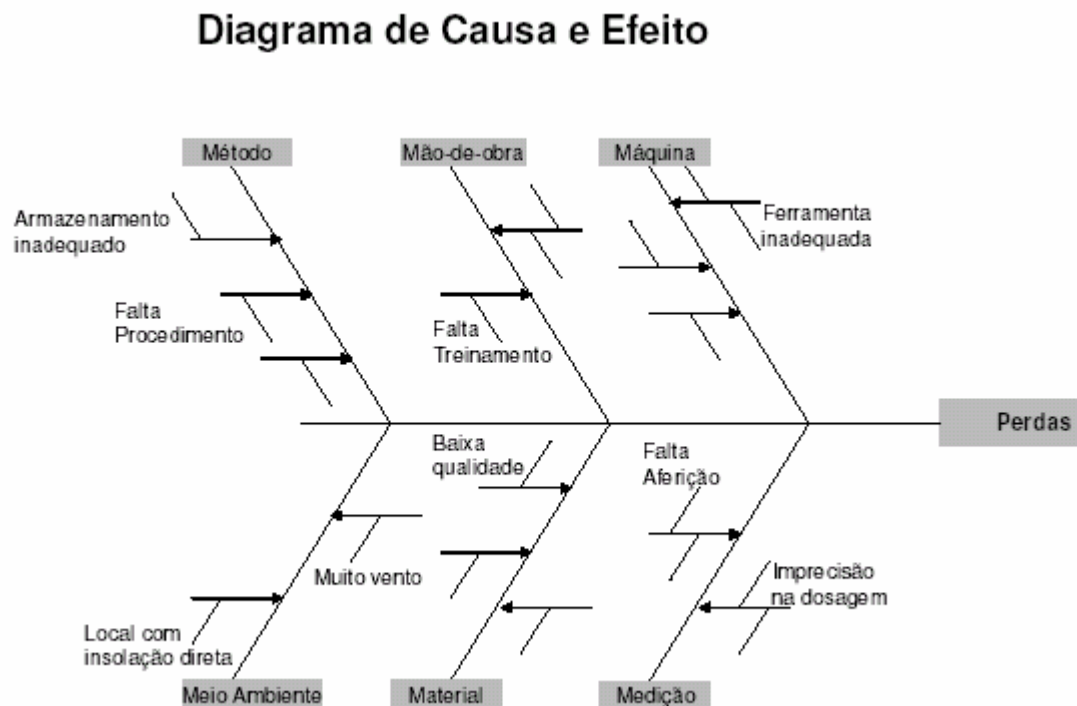


Figura 2.5 – Diagrama de Causa e Efeito



### 2.3.4- “OS CINCO PORQUÊS (5W1H-5W2H)”

Segundo AGUIAR (2002), assim como o Brainstorming, a técnica dos Cinco Porquês é uma ferramenta da qualidade usada para descobrir as causas de um problema utilizando o conhecimento das pessoas sobre o assunto em estudo. Seu desdobramento pode ser resumido como segue:

1.) O quê (what) será feito: definem-se a(s) tarefa(s) que será(ão) feita(s), mediante um plano de execução.

2.) Quando (when) será feito: traça-se um cronograma detalhando o(s) prazo(s) para o cumprimento da(s) tarefa(s).

3.) Quem (who) fará: denomina-se qual(is) será(ão) a(s) pessoa(s) responsável(is) pela(s) tarefa(s).

4.) Onde (where) será feito: determina-se o(s) local(is) onde a(s) tarefa(s) deverá(ão) ser executada(s).

5.) Por quê (why) será feito: significa a razão pela qual a(s) tarefa(s) deve(m) ser executada(s).

6.) Como (how) será feito: estabelece-se a maneira mais racional e econômica pela qual a(s) tarefa(s) deve(m) ser executada(s).

Pode-se acrescentar a esse método mais uma questão; quanto custará o que será feito (How much), mudando, portanto de 5W1H para 5W2H.

### 2.3.5 - ÁRVORE DE FALHAS (FTA)

Outra ferramenta técnica utilizada para análise de falhas é a árvore de falhas (Fault Tree Analysis – FTA), que visa melhorar a confiabilidade de produtos e processos através da análise sistemática de possíveis falhas e suas conseqüências, orientando na adoção de medidas corretivas ou preventivas.

#### **Construção da árvore**

O diagrama da árvore de falhas mostra o relacionamento hierárquico entre os modos de falhas identificados. O processo de construção da árvore tem início com a percepção ou previsão de uma falha, que a seguir é decomposto e detalhado em eventos mais simples. Dessa forma, a análise da árvore de falhas é uma técnica *top-*

down, pois parte de eventos gerais que são desdobrados em eventos mais específicos.

Na figura 2.6, é mostrado um exemplo de um diagrama FTA aplicado a uma falha de um motor de elétrico. O evento inicial, que pode ser uma falha observada ou prevista, é chamado de evento de topo e está indicado pela seta azul. A partir desse evento são detalhadas outras falhas até chegar em eventos básicos que constituem o limite de resolução do diagrama. As falhas mostradas em amarelo compõem o limite de resolução deste diagrama.

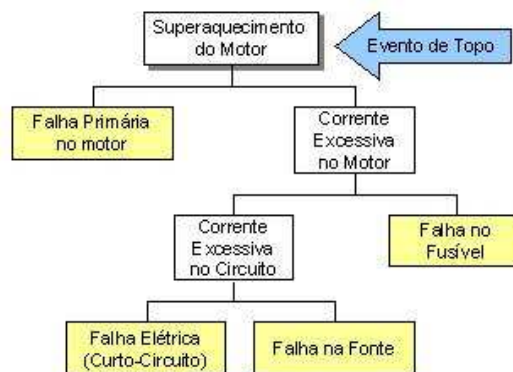


Figura 2.6 – Diagrama de Árvore de Falhas

É possível adicionar ao diagrama elementos lógicos, tais como ‘e’ e ‘ou’, para melhor caracterizar os relacionamentos entre as falhas. Dessa forma é possível utilizar o diagrama para estimar a probabilidade de uma falha acontecer a partir de eventos mais específicos. O exemplo da figura 2.7 mostra uma árvore aplicada ao problema de superaquecimento de um motor elétrico utilizando elementos lógicos.

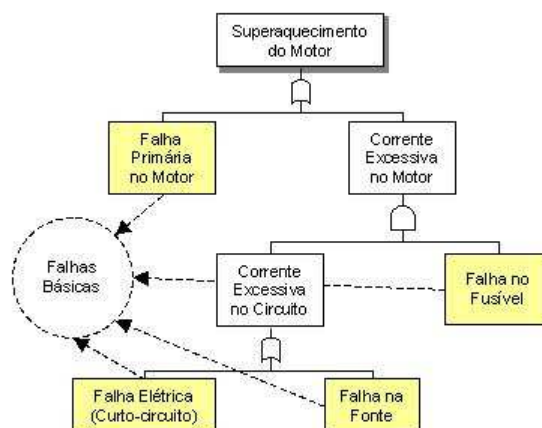


Figura 2.7 – Diagrama de Árvore de Falhas com elementos lógicos

### 2.3.6 - ESTRATIFICAÇÃO

Para WERKEMA (2004), a Estratificação consiste no agrupamento da informação (dados) sob vários pontos de vista, de modo a focalizar a ação (fenômeno estudado). Os fatores equipamento, material, operador e tempo, entre outros, são categorias naturais para a estratificação de dados. Na figura 2.8 mostra-se a estratificação de dados para a elaboração de um Diagrama de Pareto.

<b>PERDAS DE PRODUÇÃO NA FÁBRICA 1</b>			
<b>Ordenar</b>			
<b>Motivo</b>	<b>Toneladas Perdidas</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>% Unitário</b>
FALTA DE MATERIAL	6596	80%	80%
MÁ QUALIDADE DO PRODUTO	989	92%	12%
MANUTENÇÃO	577	99%	7%
QUEDA DE ENERGIA	83	100%	1%
<b>Total</b>	<b>8245</b>		<b>100%</b>

Figura 2.8 – Estratificação de Dados

### **3 - TRATAMENTO DO PROBLEMA**

Neste capítulo serão tratados os assuntos relativos a metodologia a ser aplicada com o objetivo de identificar e resolver as causas de falhas em locomotivas. A forma de aplicação do modelo proposto neste capítulo será apresentada no próximo capítulo, levando em conta as características de todo o processo produtivo da empresa.

O procedimento proposto seguirá o fluxograma ilustrado na Figura 3.1, sendo que para aplicação e melhor entendimento desta metodologia, o mesmo será dividido em oito macrofluxos, para esclarecimento de cada passo a ser seguido. Cada bloco ou macrofluxo será subdividido em diversas sub-etapas ou fases inerentes à solução dos problemas, onde as ferramentas de qualidade apresentadas no capítulo 2 serão adequadamente aplicadas em cada uma destas fases, quando assim se tornar necessário.

Quando ocorre uma falha em uma locomotiva, a mesma é informada via rádio ao Centro de Controle de Locomotivas, onde as informações são inseridas no sistema de banco de dados existente na empresa, para controle e consulta dos setores responsáveis pela análise desta falha. Com base nestes dados, pretende-se buscar por meio do modelo proposto, a maneira mais eficaz e eficiente de se resolver os problemas de falhas em locomotivas, objetivando a redução do tempo de solução dos problemas identificados, a redução no custo de retrabalho e a eliminação potencial de que a falha seja novamente observada.

# FLUXOGRAMA DE ANÁLISE DE FALHAS

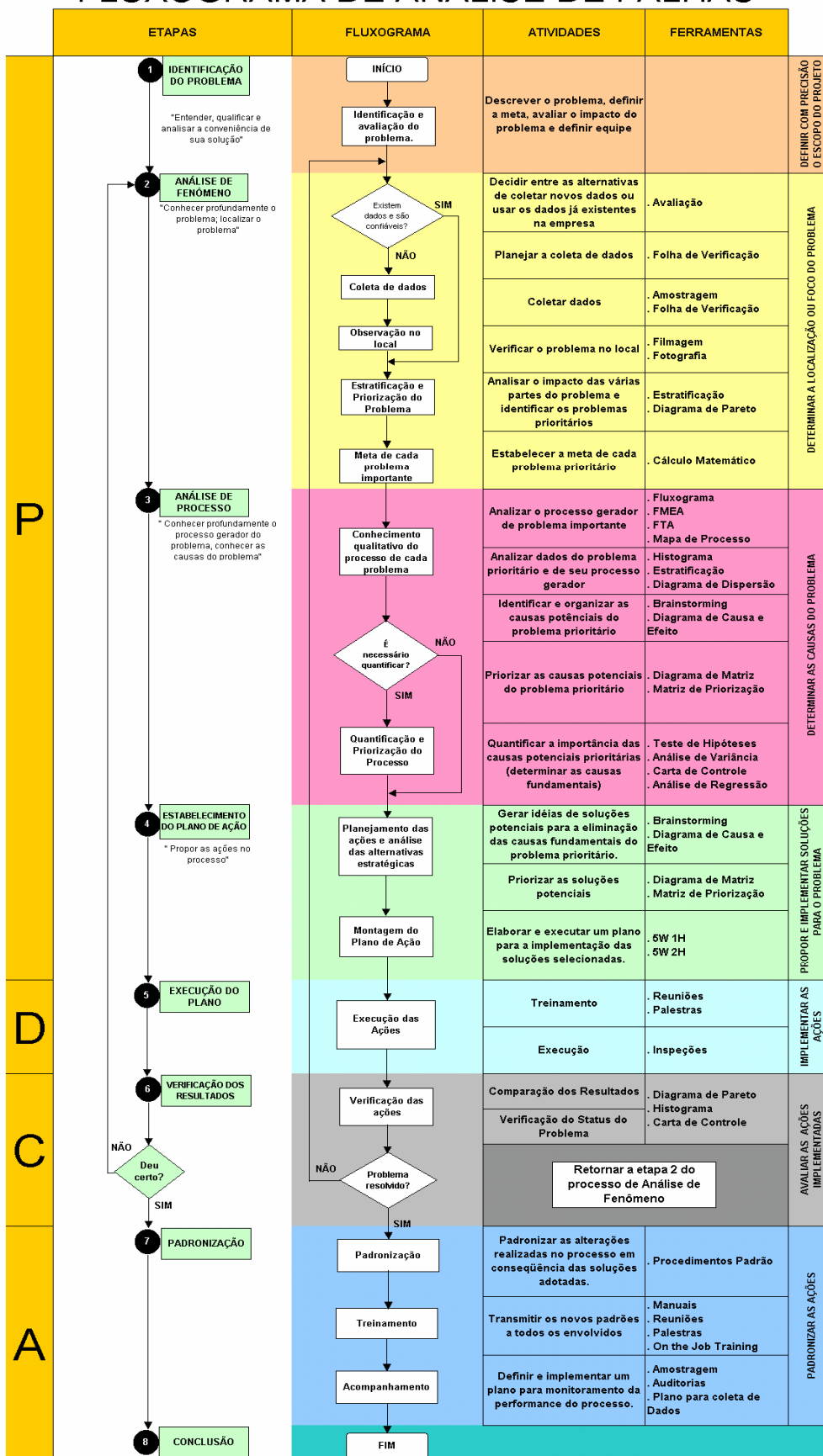


Figura 3.1- Fluxograma de Análise de Falhas

### 3.1 ETAPA 1- IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS

Esta é a fase de identificar, entender, quantificar e analisar a conveniência da solução dos problemas, de se questionar qual é o problema, qual é a meta a ser atingida, quem são os clientes afetados pelo problema, qual o processo relacionado ao problema.

Nesta etapa os gestores e a equipe responsável pela condução do processo definem os objetivos a serem seguidos durante todas as etapas. São os seguintes pontos a serem observados:

- . Definir claramente o que é esperado da equipe;
- . Manter a equipe alinhada aos objetivos prioritários da empresa;
- . Manter a equipe dentro do escopo definido para o projeto.

Após a definição dos objetivos, a equipe responsável pela condução do processo deve ter bem definido qual é o problema a ser tratado, onde ele ocorre, como ocorre, qual o impacto causado pela sua solução e quais serão as consequências de sua não solução. Para isto, a equipe deve buscar no sistema de banco de dados existente na empresa, todos os problemas ocorridos nas locomotivas durante o transporte, como também todas as informações relativas ao atendimento das mesmas pelos setores de manutenção quando da realização de qualquer tipo de intervenções sejam elas corretivas, preventivas ou preditivas. Estes dados são de extrema importância para o seguimento de análise dentro do fluxograma proposto.

### 3.2 - ETAPA 2 – ANÁLISE DE FENÔMENO

É a fase de se conhecer profundamente o problema, de determinar a localização ou foco do problema. Neste momento ocorrerá a investigação das características específicas do problema com uma visão ampla dos vários pontos de vista, procurando-se primeiro saber porque ocorreu tal desvio, entendendo cada passo do processo e o porquê da existência destes; questionando sempre com uma postura crítica e não permitindo que uma resposta fique pela metade.

Inicia-se o processo de análise de causa de falhas, seguindo os passos representados no fluxograma de Análise do Fenômeno representado na figura 3.2 e comentados a seguir:

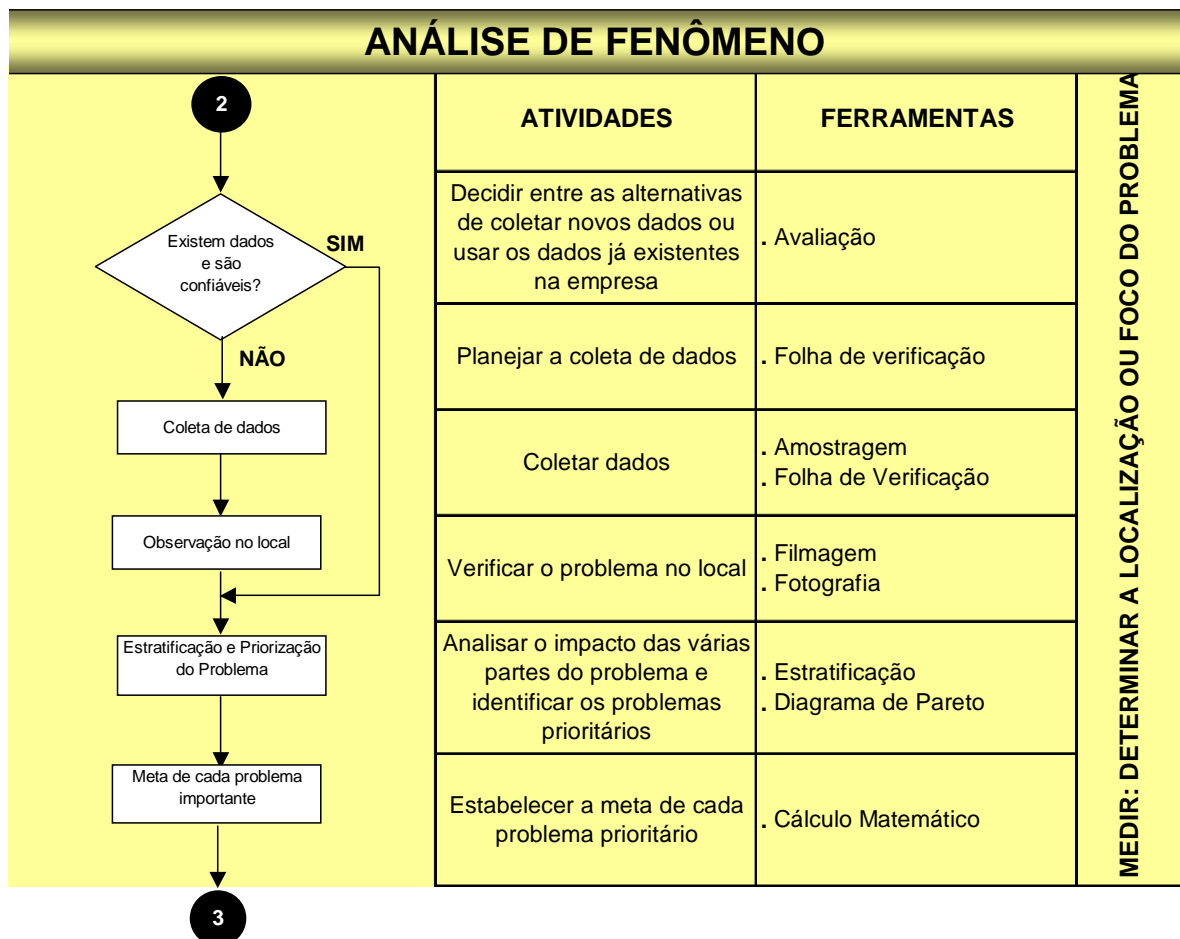


Figura 3.2 – Fluxograma de Análise do Fenômeno

### 3.2.1 – ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

O primeiro passo nesta sub-etapa é saber se as informações retiradas do sistema de bancos de dados atendem a todo processo que será utilizado. Deve-se sempre questionar se os dados estão completos, se não há necessidade de se buscar uma outra informação para auxiliar na análise do problema. É muito importante neste momento que o grupo responsável pelas análises de falhas em cada setor manutenção da empresa, perceba a real necessidade de se buscar

outras informações para o início do processo. Havendo então necessidade de obtenção de novas informações, o próximo passo será a sub-etapa Coleta de Dados, caso contrário, ou seja, não havendo necessidade de novas informações, deve-se então seguir para a sub-etapa de Estratificação e Priorização do Problema.

### 3.2.2 - COLETA DE DADOS

Segundo KUME (1993), os dados servem como guia para elaboração de ações. A partir da coleta destes é que se entenderão os fatos significantes e com base nestes as devidas ações serão colocadas em prática. Por isso é muito importante definir o que se pretende fazer com eles.

Segundo WERKEMA (2004), antes da coleta de novos dados ou da análise dos dados já existentes, deve-se observar o problema sob vários pontos de vista, estratificando todas as variáveis possíveis, dentre as que se destacam:

- Tempo – Se o problema ocorre de forma diferente em períodos distintos (manhã, tarde ou noite) ou em dias específicos da semana?
- Local – Se o problema ocorre em partes diferentes de um produto (em cima, do lado direito ou esquerdo, no centro)? Em locais diferentes (em trechos específicos da ferrovia, no carregamento ou no porto de descarga, trechos em rampa ou curva, etc)?
- Tipo – Se o problema é diferente conforme o produto, matéria-prima, fornecedores, etc? Se o problema é elétrico, mecânico, etc?
- Sintoma – Se o problema é diferente conforme a cavidade da peça, do tipo de locomotiva utilizada, conforme a regulagem, conforme o valor de aperto, etc?
- Individuo – Qual o operador da locomotiva? Qual turma foi responsável pela intervenção da locomotiva? Quem realizou a manutenção, etc?

É de extrema importância que os valores coletados reflitam claramente os fatos percebidos no processo, além do fato que os dados devem ser coletados de maneira simples e num formulário fácil de usar, onde suas informações fiquem organizadas.

### 3.2.3 - OBSERVAÇÃO NO LOCAL DO PROBLEMA

Um passo importante na seqüência do processo de análise de falhas é a



observação do problema no local da realização das tarefas de manutenção, no trecho durante a condução do trem e quando possível no local da ocorrência da falha. Se faz necessário então a realização de auditorias nos postos de trabalho e viagens de acompanhamento de trens. Segundo Silva (2002), neste momento as pessoas envolvidas na investigação, deverão observar os seguintes pontos:

**Padronização do Trabalho:** Todos os mantenedores envolvidos no processo devem seguir o mesmo procedimento para a montagem de peças, inspeção, regulagens e testes nas locomotivas durante as intervenções para realização de qualquer tarefa, preventiva ou corretiva. No caso de acompanhamento da locomotiva no trecho, deve-se observar também se o operador segue os procedimentos operacionais para a condução do trem.

**Chec-List:** observar se as informações contidas nos chec-list de inspeções e operação de trabalho são claras, objetivas e suficientes para garantir a perfeita execução da tarefa. Verificar se todos os meios de produção utilizados constam nestes chec-list de instrução de trabalho (modelos, desenho, valores de aperto, condições de manutenção, validade da aferição, etc.) e se estão sendo utilizados corretamente. Esta é uma importante ferramenta para se padronizar o trabalho de todos os envolvidos no processo.

**Informações adicionais:** questionar os envolvidos sobre todos os itens que os atrapalham na execução do seu trabalho, por menores ou estranhos que sejam com alta ou rara frequência.

#### 3.2.4 – ESTRATIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DO PROBLEMA

Terminado a etapa de coleta de dados e observação no local e com base nestes dados obtidos, a equipe de análise de falhas deverá agrupa-los de forma estratificada para análise do impacto das várias partes do problema e identificação dos problemas prioritários por meio da construção de Diagramas de Pareto, apresentado no capítulo 2. Esses diagramas tornam evidente e visual a estratificação e a priorização do problema, permitindo o estabelecimento de metas mais específicas.

### 3.2.5 – META DE CADA PROBLEMA IDENTIFICADO

Após o estudo da fase de estratificação e priorização do problema, é importante traçar metas que se deseja atingir para o problema identificado. É através da meta estabelecida que se poderá medir o sucesso de todo trabalho após a realização de todo o procedimento de análise de falhas apresentado.

### 3.3 – ETAPA 3 – ANÁLISE DE PROCESSO

Na terceira etapa, deverão ser determinadas as causas fundamentais do problema prioritário identificado e associado as metas definidas na etapa anterior.

Uma equipe de pessoas de diversas áreas deverá ser montada para análise do problema, pois quanto mais conhecimento adverso tiver, melhor para o trabalho e deverá seguir as etapas descritas no Fluxo representado pela Figura 3.3.

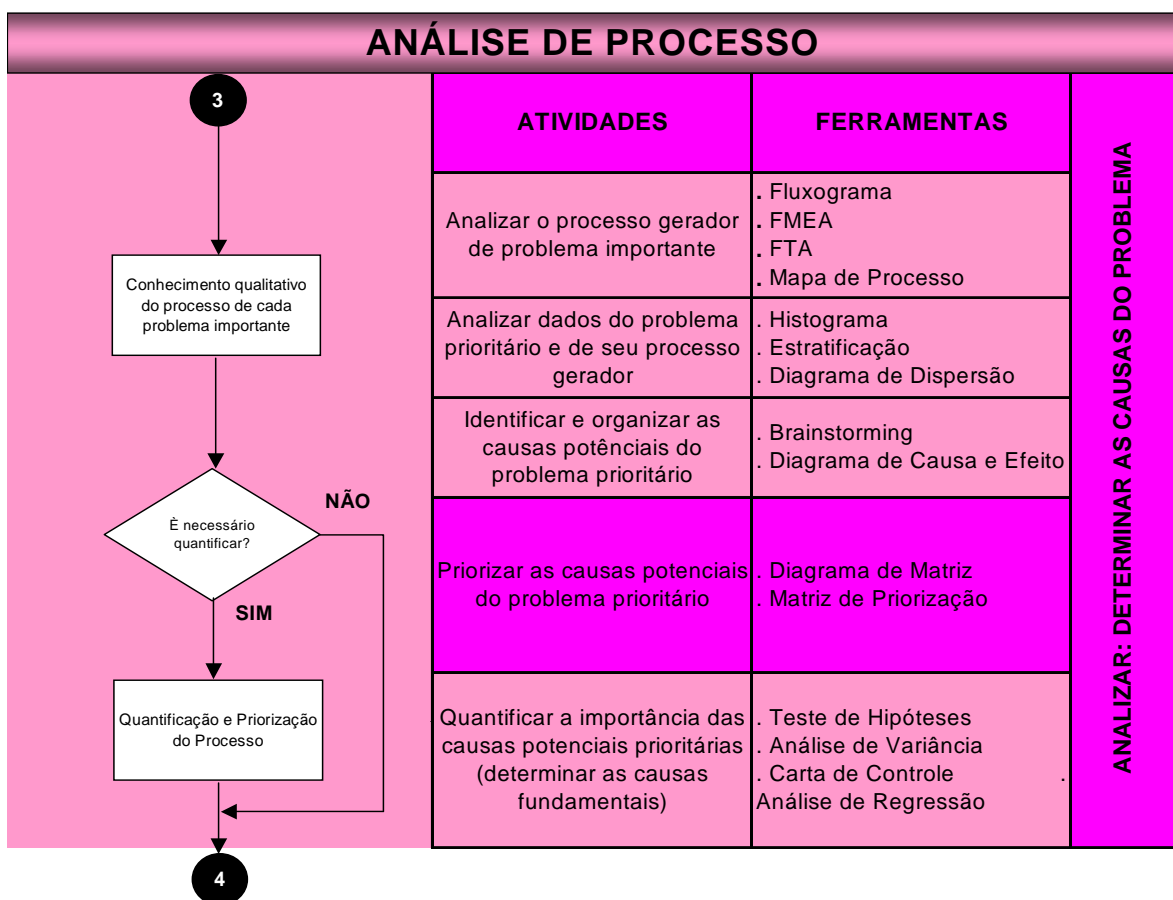


Figura 3.3 – Fluxograma de Análise de Processo

### 3.3.1 – CONHECIMENTO QUALITATIVO DO PROCESSO

Para a descoberta das causas fundamentais, devem ser realizados dois tipos de análise. O primeiro consiste no exame do processo gerador do problema prioritário, para permitir um melhor entendimento do fluxo e a identificação de oportunidades para redução do tempo de ciclo e dos custos do processo. As ferramentas FTA apresentada no capítulo 2, Fluxograma e FMEA são úteis a condução dessa análise.

O segundo passo se refere à análise de dados do problema prioritário e de seu processo gerador. Nessa fase são examinados dados provenientes do processo (principalmente os dados coletados na etapa anterior), com o objetivo de descobrir indicações ou pistas sobre as possíveis causas do problema prioritário. Neste passo, busca-se basicamente, descobrir quais são os fatores que introduzem variações nos resultados associados ao problema e como essas variações se apresentam.

Após a conclusão das atividades de análise do problema prioritário e seu processo gerador, a equipe deve identificar e organizar as causas potenciais do problema. É nesse momento que um Brainstorming com os membros da equipe de análise de falhas e os especialistas convidados a participar do grupo se faz necessário. As informações levantadas deverão ser organizadas para maior facilidade de visualização, por meio do uso de ferramentas como do Diagrama de Causa e Efeito apresentado no capítulo 2. Com a organização do Brainstorming e a construção do Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa), inicia-se a fase de definição das causas que influenciam no problema prioritário identificado.

Ao término da construção do Diagrama de Causa e Efeito (ou outro diagrama equivalente), geralmente é identificado um grande número de causas potenciais para o problema. No entanto, será necessário coletar o máximo de informações para verificar as que realmente, contribuem de modo significativo para a ocorrência do problema. Se as informações colhidas são suficientes para a determinação da causa do problema, deve-se seguir para a etapa 4 do procedimento. Caso contrário, dentro do processo de análise a ser seguido, será necessário priorizar as causas geradoras do problema, conforme o próximo passo a ser seguido.

### 3.3.2 – QUANTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DO PROCESSO

Quando for necessário priorizar a causa geradora do problema, a equipe deverá listar todas as causas possíveis, levantadas no Diagrama de Causa e Efeito, justificando cada uma delas e definindo em consenso cada uma como muito provável ou pouco provável. Isto permite extrair as causas de maior potencial, deixando claro os problemas vitais e os triviais. Neste momento é interessante se basear nos dados levantados no processo de observação e na experiência dos integrantes do grupo.

A seguir, o verdadeiro grau de influência das causas prioritárias deve ser quantificado, ou seja, obter conhecimento quantitativo sobre o grau de importância dessas causas, através de ferramentas como Análise de Regressão, Cartas de Controle e Teste de Hipótese.

Esta fase corresponde, então, à quantificação da importância das causas potenciais prioritárias (determinação das causas mais prováveis) do problema considerado. É importante destacar que as ferramentas utilizadas nesta última fase da etapa da Análise de Processo podem variar e dependem muito do problema e do processo abordados no projeto.

Identificadas e quantificadas as causas do problema passa-se então para a etapa 4 do procedimento proposto.

### 3.4 – ETAPA 4 – ESTABELECIMENTO DO PLANO DE AÇÃO

Na quarta etapa do processo de análise de falhas, inicialmente devem ser geradas idéias sobre soluções potenciais para a eliminação das causas do problema prioritário detectadas na etapa de Análise de Processo. Assim, a equipe deve propor, avaliar e implementar soluções e ações a serem tomadas para o problema identificado, baseando no fluxo representado pela figura 3.4.

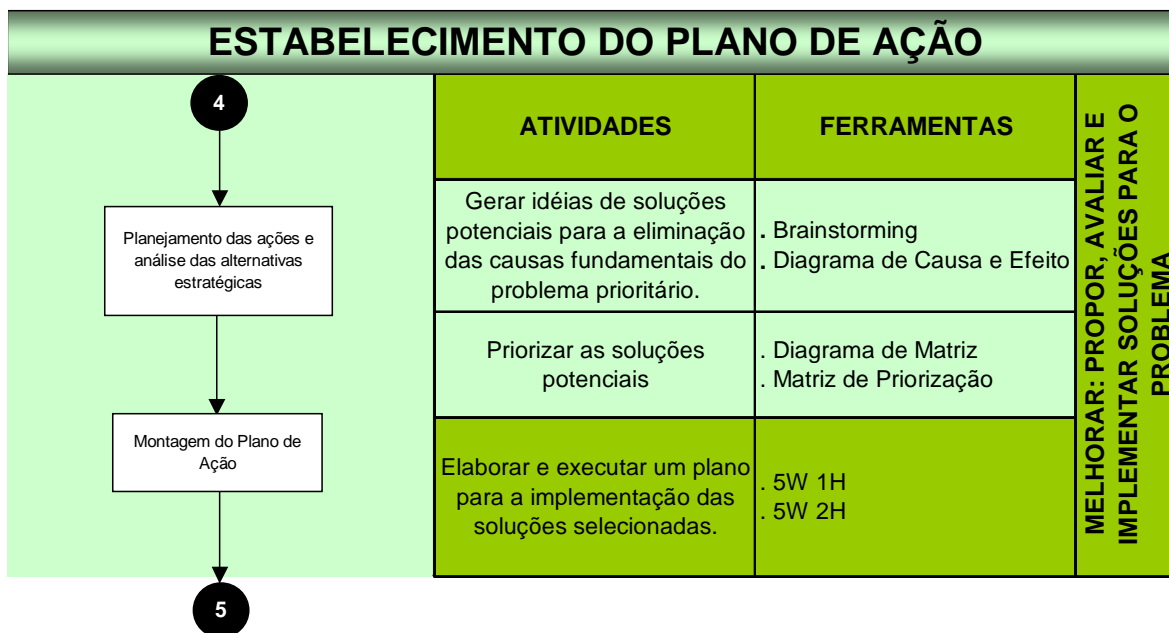


Figura 3.4 – Fluxograma de Estabelecimento do Plano de Ação

### 3.4.1–PLANEJAMENTO DAS AÇÕES E ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS

Neste momento deve ser realizado novamente um Brainstorming de medidas para tomada de ações sobre as causas fundamentais do problema. Durante a sessão do Brainstorming, as seguintes perguntas deverão ser formuladas e respondidas pela equipe:

- . Quais são as idéias sobre as formas para a eliminação das causas fundamentais?

- . Cada uma dessas idéias pode ser transformada em soluções de elevado potencial para implementação?

- . Que soluções levarão ao alcance da meta com menor custo e maior facilidade de execução?

- . Como testar as soluções escolhidas, com o objetivo de se garantir o alcance da meta e a ausência de efeitos correlatos indesejáveis?

As idéias levantadas nesta fase devem ser refinadas e combinadas para darem origem às soluções potenciais para o alcance da meta prioritária. O uso do Diagrama de Causa e Efeito poderá auxiliar a equipe na condução dessa tarefa.

A seguir as soluções potenciais devem ser seqüenciadas em ordem de importância por meio do emprego de uma Matriz de Priorização conforme mostrado na Figura 3.5.

<b>CRITÉRIO DE PRIORIZAÇÃO</b>							
	BAIXO CUSTO	FACILIDADE	RAPIDEZ	ELEVADO IMPACTO SOBRE AS CAUSAS FUNDAMENTAIS	BAIXO POTENCIAL PARA CRIAR NOVOS PROBLEMAS	CONTRIBUIÇÃO PARA SATISFAÇÃO DO CLIENTE	
<b>PESO (5 a 10)</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	
<b>SOLUÇÃO</b>							<b>TOTAL</b>
1	3	3	1	5	5	1	166
2	5	5	5	3	5	0	205
3	3	5	5	5	3	3	208
4	1	5	3	3	5	1	160
5	5	3	1	3	5	3	178
<b>LEGENDA:</b>							
5 - CORRELAÇÃO FORTE 3 - CORRELAÇÃO MODERADA 1 - CORRELAÇÃO FRACA 0 - CORRELAÇÃO AUSENTE							

Figura 3.5 – Matriz de Priorização

### 3.4.2 – MONTAGEM DO PLANO DE AÇÃO

Este passo consiste na elaboração e execução de um plano com medidas simples e de menor custo para a implementação das soluções em larga escala. Nesta fase poderão ser utilizadas como ferramentas de planejamento, o 5W2H ou 5W1H apresentadas no capítulo 2.

### 3.5 – ETAPA 5 – EXECUÇÃO DO PLANO

Nesta etapa se altera todo o processo conforme as modificações propostas. Para que esta seja feita de uma forma efetiva a equipe deve acompanhar cada alteração, garantindo a execução exata conforme definida pelo grupo. Para garantir o sucesso desta etapa, recomenda-se seguir o fluxo representado pela Figura 3.6.

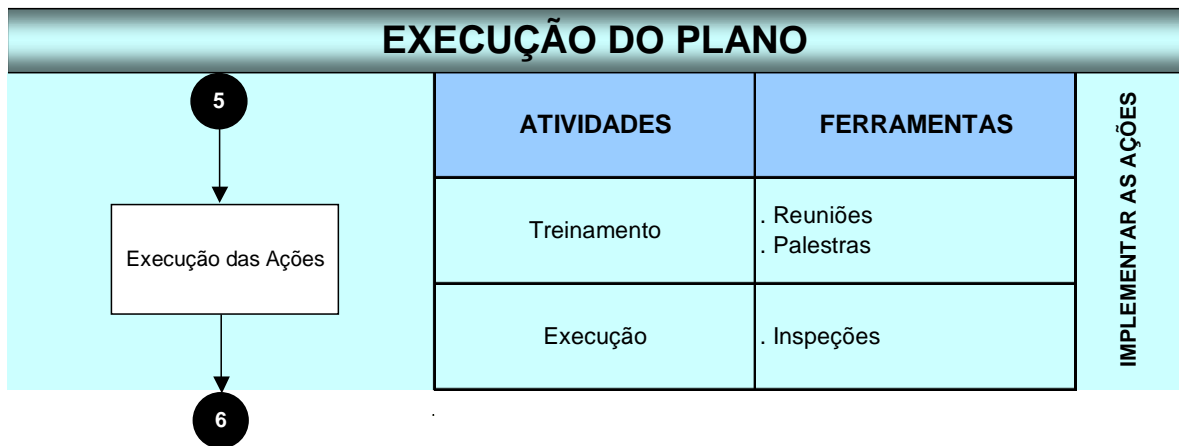


Figura 3.6 – Fluxograma de Execução das Ações

### 3.5.1 - TREINAMENTO

Nesta sub-etapa associada à Execução das Ações, devem-se levantar as atividades que necessitam da cooperação de todos. O plano de ação deve ser divulgado a todos os envolvidos, por meio de reuniões e palestra, deixando claro as tarefas e a razão de cada uma. É extremamente importante que todos entendam e concordem com as medidas propostas.

### 3.5.2 - EXECUÇÃO DA AÇÃO

Durante a execução da ação deve-se verificar fisicamente e no local em que as ações estão sendo efetuadas para garantir que no teste de eficácia das ações saia um resultado transparente. Os prazos acordados devem ser cumpridos, não é permitida grande alteração. É importante que se anotem todas as ações e resultados bons ou ruins obtidos.

## 3.6 – ETAPA 6 – VERIFICAÇÃO DO RESULTADO

A sexta etapa do processo de Análise de Falhas consiste na avaliação do alcance da meta em larga escala. Com esse objetivo, os resultados obtidos após a

implementação das soluções devem ser monitorados para a confirmação de alcance do sucesso.

Esta confirmação deve ser feita por meio da comparação de resultados antes e após a implementação das soluções em larga escala, que permitirão a verificação do alcance da meta. Para isso basta seguir o fluxograma de Verificação do Resultado apresentado na figura 3.7.

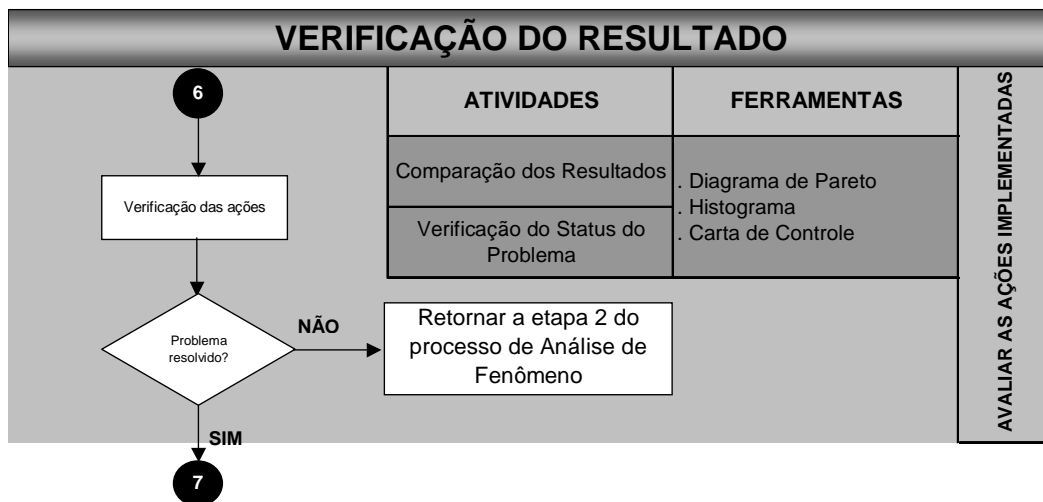


Figura 3.7 – Fluxograma de Verificação do Resultado

### 3.6.1 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

É nesse momento que se devem utilizar os dados coletados antes e após a ação de bloqueio da falha para verificar a efetividade da ação e o grau de redução dos resultados indesejáveis. O Diagrama de Pareto, Histograma e Carta de Controle são ferramentas especialmente úteis nesta fase.

### 3.6.2 - VERIFICAÇÃO DO STATUS DO PROBLEMA

Este momento é delicado, pois o número de envolvidos cresce exponencialmente, exigindo uma maior concentração da equipe de trabalho para garantir que se repita em grande escala as alterações já testadas. É muito importante não permitir modificações no que está dando certo (se o grupo acredita na idéia, deve lutar por ela).



### Problema Resolvido

Depois de resolvido o problema deve ser verificado se a causa fundamental da falha foi efetivamente encontrada e bloqueada.

Quando o resultado da ação não é tão satisfatório quanto o esperado, a equipe deverá certificar-se de que todas as ações planejadas foram implementadas conforme o plano. Se a resposta é desfavorável, a equipe deverá retornar à etapa de Análise do Fenômeno para um maior aprofundamento da análise.

Se o resultado da avaliação for favorável, prossegue-se para a fase 7 do procedimento.

### 3.7 – ETAPA 7 – PADRONIZAÇÃO

Comprovada a eficácia das ações, a sétima fase consiste na padronização das alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas. Nesse sentido, novos Procedimentos Operacionais Padrão devem ser estabelecidos ou os procedimentos antigos devem ser revisados. Para isto, é importante garantir que a informação disponível seja uniforme para todos os envolvidos, inclusive para os que poderão trabalhar futuramente neste processo. Os passos são os sugeridos no fluxo apresentado na figura 3.8.



Figura 3.8 – Fluxograma de Padronização

### 3.7.1 – PADRONIZAÇÃO

Nesta fase, as alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas, devem ser padronizadas através da criação de um novo procedimento ou da alteração nos procedimentos já existentes. Para elaboração de um novo Procedimento Operacional Padrão, é importante deixar claro o porque das atividades incluídas ou das alterações nas atividades já existentes.

### 3.7.2 - TREINAMENTO

É muito importante que os novos procedimentos padrões sejam divulgados para todos os envolvidos, por meio de elaboração de manuais e da realização de palestras, reuniões e treinamento no trabalho (On the Job Training). É fundamental que os padrões sejam claros, com utilização de figuras e símbolos que facilitem o seu entendimento e estejam disponíveis no local e na forma necessários.

### 3.7.3 – ACOMPANHAMENTO

A próxima fase do processo consiste em definir e implementar um plano para monitoramento da performance do processo e do alcance da meta. Esta fase é muito importante para impedir que o problema já resolvido volte a ocorrer, devido, por exemplo, à desobediência aos padrões.

Ferramentas de avaliação como Histograma, Carta de Controle e Auditoria do Uso de Padrões podem ser utilizadas no dia-a-dia, para garantir que os resultados alcançados sejam mantidos.

### 3.8 – ETAPA 8 – CONCLUSÃO

Finalmente, todas as atividades realizadas devem ser recapituladas, para refletir sobre a forma de condução do projeto e também para que sejam levantados os pontos não abordados no trabalho. Esses, por sua vez, servirão para uma possível definição de novos trabalhos. Essa última atividade consiste, então, em sumarizar o que foi aprendido e fazer recomendações para trabalhos futuros.

#### **4- RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A metodologia apresentada só será capaz de promover mudanças com a eliminação ou redução de falhas em locomotivas, se for utilizada continuamente não somente por um grupo de análise de falhas, mas através da participação de toda a estrutura dos setores de manutenção.

Um passo importante para tornar esta metodologia efetiva será com o envolvimento de vários grupos de trabalho, pois quanto mais estes grupos forem expostos e estiverem promovendo soluções para os problemas surgidos, maior será a facilidade de se trabalhar com as ferramentas exigidas pela metodologia proposta. Com base neste raciocínio, uma recomendação é a criação de grupos interpessoais para tratar de sintomas específicos através da correta aplicação do modelo proposto.

Esta atividade deve ser aplicada a pequenos grupos (preferencialmente de 4 a 10 participantes) voluntários, de um mesmo local de trabalho (ou de locais relacionados) com o objetivo promover o crescimento profissional através da participação na solução de problemas, promover o trabalho em equipe e tornar a análise sistemática de falhas como ferramenta necessária e de utilização contínua dentro dos setores de manutenção.

O número de participantes não deve ser uma regra rígida, mas deve-se ter sempre em conta que grupos grandes podem dificultar a condução do trabalho e a participação de todos. É recomendável que os participantes dos grupos sejam de um mesmo local porque assim fica muito mais fácil identificar e procurar resolver problemas que afetam o dia-a-dia do grupo.

A participação nestes grupos interpessoais servirá não somente para desenvolver conhecimentos ligados às ferramentas e a metodologia de análise de falhas como também para descobrir e desenvolver a capacidade das pessoas envolvidas e contribuir para o aprimoramento e desenvolvimento da empresa.

A contribuição para o crescimento profissional dos membros destes grupos e o que a empresa poderá esperar como resultado destes são fatores fundamentais para que de forma voluntária se consiga formar os grupos necessários para

desenvolver o trabalho proposto e, portanto devem ser amplamente difundidos. A seguir alguns destes fatores assim descritos:

- Promove a autoconfiança e a auto-realização;
- É uma das oportunidades de seus integrantes participarem nas decisões da empresa, através da análise e resolução de problemas;
- Melhora o ambiente e condições do ambiente de trabalho;
- Aprimora a prática do trabalho em equipe;
- Melhora o relacionamento humano; as pessoas passam a conhecer melhor os seus colegas de trabalho;
- Permite o aprendizado teórico e prático das ferramentas e desenvolvimento dos conceitos ligados à qualidade;
- Desenvolve capacidade de se expressar em público.

Os integrantes destes grupos serão treinados dentro de cada etapa do modelo proposto com as ferramentas do método PDCA apresentadas neste trabalho, para a correta utilização desta metodologia durante o desenvolvimento da atividade proposta. Este treinamento será desenvolvido através da tradução da metodologia para a sua prática, de forma sistemática, participativa e organizada e a princípio com a não utilização das ferramentas na sua essência total, mas a partir da maior maturidade dos grupos, os mesmos se sentirão mais confiantes para utilização total das ferramentas mais complexas, que acabarão, até por necessidade, por se constituir em tarefas rotineiras.

Finalmente, espera-se que com a implantação da metodologia de análise e a formação dos grupos ocorra uma mudança na cultura, proporcionando uma gestão participativa e o comprometimento das pessoas no trabalho em equipe, colaborando significativamente para a obtenção de ações de contenção e solução final dos problemas. Isto permitirá que a mesma se torne uma prática contínua e efetiva para a solução dos problemas que refletem na qualidade dos serviços prestados dentro dos setores de manutenção de locomotivas.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERREIRA, R. G. P. **Implementação e Análise da Ferramenta da Qualidade Assegurada “Help Line” de uma Indústria Automobilística.** 2003. 44 p. Monografia (Especialização, MBA Gerência de Produção) – Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado, Universidade de Taubaté, Taubaté.

SILVA, M. R. **Análise e Melhoria do Processo Produtivo em uma Empresa Automobilística.** 2002. 71 p. Monografia (Especialização, MBA Gerência Empresarial e Negócios) – Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado, Universidade de Taubaté, Taubaté.

AGUIAR, SILVIO. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Seis Sigma.** Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002. 234 p. : il.

GODOY, M. H. P. C. **Brainstorming – Como Atingir Metas.** Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços, 2004. 26p. : il.

CAMPOS, V.F. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia.** Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002. 278 p.

DIAS, A. **Os Princípios da Boa Gestão.** São Paulo, SP: ed. Montadom & Dias, 1995, Cartilha.

KUME, H. **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade,** São Paulo, SP: Editora Gente, 1993, 241 p.

WERKEMA, M.C.C. **Criando a cultura Seis Sigma.** Nova Lima, MG: Werkema Editora, 2004, 256 p.