

ANDRÉ PORTUGAL VAZ

APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO  
BASEADAS EM RCM

SÃO PAULO

2009

ANDRÉ PORTUGAL VAZ

## APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO BASEADAS EM RCM

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

Orientador:  
Prof. Dr. Gilberto F. M. de Souza

SÃO PAULO

2009

## RESUMO

O trabalho proposto tem como objetivo identificar as melhores ferramentas para análise estatística de falhas ocorridas em um equipamento industrial. Os resultados obtidos por meio das análises, fornecem informações importantes para a definição de ações de manutenções, baseadas em RCM, possibilitando a aplicação das melhores práticas e políticas de manutenção visando atingir a excelência da manufatura.

O caso analisado é o de um laminador de desbaste de chapas de alumínio que é a entrada principal de matérias primas para os processos de laminação de chapas e folhas de alumínio, as quais, após os processamentos, são enviadas a fornos de recozimento e homogeneização, para tratamentos térmicos, podendo sofrer em seguida novos passes de laminação ou serem enviadas para máquinas de corte a fim de receber o acabamento final. Posteriormente são enviadas à área de expedição, para serem embaladas e despachadas para os devidos clientes.

As ações de manutenções sugeridas, tiveram reflexo direto na redução de indisponibilidade, redução de custos de manutenções, aumento da vida operacional do equipamento (medida através do tempo entre falhas), confiabilidade do processo e garantia de qualidade do produto, proporcionando com isto, a maior competitividade para a empresa.

## ABSTRACT

The proposed work aims at identifying the best tools for statistical analysis of failure occurred in an industrial equipment. The results obtained by the analysis provide important information for the definition of maintenance actions based on RCM in order to apply the best practices and maintenance policies. To improve manufacturing plant performance.

The case analyzed involves an aluminum plate rolling mill that is the main entrance of raw materials for the processes of rolling of aluminum plates and aluminum foils which, after processing, are sent to furnaces for annealing and homogenization, to thermal treatment, after those processes the material are sent for rolling mill or cutting machines to get the final finish. Later they are sent to the dispatch area to be packed and shipped to the appropriate customers.

The suggested actions for maintenance, had direct effect in the reduction of unavailability and costs of maintenance. They also increased the operational life of equipment, reliability of process and quality assurance of the product. Those improvements affected the competitiveness for the company.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 2.1 - MODELO GERAL DA ADMINISTRAÇÃO DE PRODUÇÃO.....	15
FIGURA 2.2 - O PAPEL E A CONTRIBUIÇÃO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO.....	18
FIGURA 2.3 - OBJETIVOS APLICADOS A GRUPOS DE INTERESSE. ....	19
FIGURA 2.4 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BAUXITA.....	21
FIGURA 2.5 - TIPOS DE LAMINADORES.....	22
FIGURA 2.6 - PROCESSO DE LAMINAÇÃO A QUENTE. ....	24
FIGURA 2.7 - PROCESSO DE LAMINAÇÃO A FRIO. ....	25
FIGURA 4.1 - POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO.....	36
FIGURA 4.2 - DECISÃO DAS POLÍTICAS DA MANUTENÇÃO. ....	37
FIGURA 4.3 - CUSTOS X NÍVEL DE MANUTENÇÃO.....	41
FIGURA 4.4 - LUCRO X DISPONIBILIDADE.....	42
FIGURA 4.5 - CONFIABILIDADE X CUSTOS.....	52
FIGURA 4.6 - CURVA DA BANHEIRA.....	54
FIGURA 4.7 - CURVAS DAS PROBABILIDADES DE FALHAS.. ....	55
FIGURA 4.8 - INFLUENCIA DO PARAMETRO $\beta$ NA CONFIABILIDADE.....	58
FIGURA 5.1 - OITO TIPOS DE DESPERDÍCIOS INDUSTRIAIS.....	61
FIGURA 5.2 - PRINCIPAIS FERRAMENTAS DO “ <i>LEAN MANUFACTURING</i> ”.....	63
FIGURA 5.3 - OBJETIVOS DO “ <i>SIX SIGMA</i> ”.....	64
FIGURA 5.4 - METODOLOGIA D-M-A-I-C.....	65
FIGURA 5.5 - INICIATIVAS “ <i>LEAN SIX SIGMA</i> ”.....	66
FIGURA 6.1 - PRODUTOS TRANSFORMADOS.....	68
FIGURA 6.2 - PRODUTOS FUNDIDOS.....	69
FIGURA 6.3 - LAMINADOR DESBASTADOR.. ....	72
FIGURA 6.4 - CENTROS DE TRABALHO DA MANUTENÇÃO.....	73
FIGURA 6.5 - POLÍTICAS E ESTRATÉGIAS DA MANUTENÇÃO ATUAL .....	74
FIGURA 6.6 - INDISPONIBILIDADE - META X REAL - 2007_2008 .....	77
FIGURA 6.7 - MTBF 2007_2008.....	78
FIGURA 6.8 - MTTR 2007_2008.....	79
FIGURA 7.1 - BOX PLOT HORAS EM MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	81
FIGURA 7.2 - BOX PLOT HORAS EM MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	81

FIGURA 7.3 - META DE INDISPONIBILIDADE POR MANUTENÇÃO .....	82
FIGURA 7.4 - SUBPROCESSOS DA MANUTENÇÃO. ....	83
FIGURA 7.5 – PROCESSOS DE MAIOR IMPACTO NA INDISPONIBILIDADE POR MANUTENÇÃO.....	84
FIGURA 7.6 – SISTEMA ESPECIALISTA RISK .....	86
FIGURA 7.7 – SISTEMA SAP, MÓDULO PM.....	87
FIGURA 8.1 - TREINAMENTO REALIZADO, PARA ESCLARECIMENTOS DOS MÉTODOS DE APONTAMENTOS DE PARADAS POR MANUTENÇÕES CORRETIVAS POR MEIO DE NOTAS/ORDENS DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÕES. ....	92
FIGURA 8.2 - FLUXO DE ATENDIMENTO DE MANUTENÇÕES CORRETIVAS. ....	93
FIGURA 8.3 - ARMÁRIO DE FERRAMENTAS DE USO COMUM, CAIXAS E CARRINHOS DE FERRAMENTAS DE USO PESSOAL, BANCADAS E ÁREAS DE MANUTENÇÃO PROGRAMADA. ....	94
FIGURA 8.4 - FLUXO DO PROCESSO DE ENVIO DE MATERIAIS PARA CONSERTO EXTERNO E DEFINIÇÃO DA ÁREA DE SEGREGAÇÃO DE MATERIAIS.....	94
FIGURA 8.5 - CONTROLE, INDICAÇÕES E SUGESTÕES DE NECESSIDADES DE COMPRAS DE MATERIAIS, ESTOQUE MÍNIMO E CADASTRO DE LISTA TÉCNICA.....	95
FIGURA 9.1 – CARTA DE CONTROLE I-MR, INDISPONIBILIDADE ANTES E DURANTE AS AÇÕES DE MELHORIAS.....	96

## LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DA ÁREA DE MANUTENÇÃO.....	48
TABELA 7.1 – VARIÁVEIS DE “BAIXO ESFORÇO X ALTO IMPACTO”.....	88
TABELA 7.2 – CORRELAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE MANUTENÇÃO. ....	89
TABELA 7.3 – CORRELAÇÃO ENTRE MTTR E MTTR COM E SEM NECESSIDADES DE UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS. ....	90
TABELA 7.4 – CORRELAÇÃO ENTRE OS DISPOSITIVOS DE MAIORES IMPACTOS EM MANUTENÇÃO CORRETIVA E AS HORAS INDISPONÍVEIS.....	91

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ALSC</b>	Alívio de Serviços de Manutenção
<b>CCMN</b>	Componente do Custo de Manutenção
<b>CG</b>	Custo Global
<b>CMFT</b>	Custo de Manutenção por Faturamento
<b>CMOE</b>	Custo de Mão de Obra Externa
<b>CMRP</b>	Custo de Manutenção em Relação a Produção
<b>CMVD</b>	Custo de Manutenção por Valor de Venda
<b>CMVP</b>	Custo de Manutenção pelo Valor de Reposição
<b>CRMT</b>	Custo Relativo de Material
<b>CRPP</b>	Custo Relativo com Pessoal Próprio
<b>CTTR</b>	Custo de Treinamento
<b>IMSB</b>	Imobilização em Sobressalentes
<b>MTBF / TMEF</b>	Mean Time Between Failure/Tempo Médio Entre Falhas
<b>MTTR / TMPR</b>	Mean Time To Repair/Tempo Médio Para Reparo
<b>NCFM</b>	Não Conformidades de Manutenções
<b>PERC</b>	Progresso nos Esforços de Redução de Custos
<b>RCM</b>	Maintenance Centered of Reliability
<b>SCSM</b>	Sobrecarga de Serviços de Manutenções
<b>TBMP</b>	Trabalho em Manutenção Programada
<b>TMEP</b>	Tempo Médio Entre Manutenções Preventivas
<b>TMMP</b>	Tempo Médio Para Intervenções Preventivas
<b>TMPF</b>	Tempo Médio Para Falha
<b>TXFO</b>	Taxa de Falha Observada
<b>TXRP</b>	Taxa de Reparo
<b>WIP</b>	Work In Progress
<b>MCORRTP</b>	Manutenção Corretiva da Transformação Plástica



## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPÍTULO 1 .....	13
1.1 INTRODUÇÃO .....	13
1.2 OBJETIVO.....	13
1.3 PREMISSAS .....	14
CAPÍTULO 2 .....	15
2 GESTÃO DA MANUFATURA.....	15
2.1 PAPEL ESTRATÉGICO E OBJETIVO DA MANUFATURA .....	16
2.1.1 PAPEL ESTRATÉGICO DA MANUFATURA .....	16
2.1.2 OBJETIVOS DA MANUFATURA .....	18
2.2 PROCESSO DE MANUFATURA .....	20
2.3 PROCESSO DE LAMINAÇÃO DE ALUMÍNIO.....	22
2.3.1 LAMINAÇÃO A QUENTE .....	22
2.3.2 LAMINAÇÃO A FRIO .....	24
CAPÍTULO 3 .....	26
3 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	26
3.1 ASPECTOS FUNDAMENTAIS NA GESTÃO DOS SUPRIMENTOS.....	27
3.2 GERENCIAMENTO DE ESTOQUE .....	28
3.3 CONTROLE DE ESTOQUE.....	29
3.4 CONCEITOS E TÉCNICAS DE CONTROLE.....	29
3.4.1 MÉTODO DE EMPURRAR ESTOQUES .....	29
3.4.2 MÉTODO DE PUXAR ESTOQUES .....	30
3.5 ALIANÇAS ESTRATÉGICAS.....	30
CAPÍTULO 4 .....	33
4 GESTÃO DA MANUTENÇÃO .....	33
4.1 MANUTENÇÃO E QUALIDADE.....	34
4.2 MANUTENÇÃO E PRODUTIVIDADE .....	34
4.3 MANUTENÇÃO E DISPONIBILIDADE.....	35

4.4 POLÍTICAS DA MANUTENÇÃO .....	35
4.4.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	37
4.4.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	38
4.4.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	39
4.5 CUSTOS DA FALTA DE MANUTENÇÃO .....	40
4.6 FUNÇÕES DE APOIO DA MANUTENÇÃO .....	42
4.7 ÍNDICES DA MANUTENÇÃO .....	44
4.7.1 ÍNDICES DE CLASSE MUNDIAL .....	44
4.7.2 ÍNDICES DE GESTÃO DE EQUIPAMENTOS .....	46
4.7.3 ÍNDICES DE GESTÃO DE CUSTOS DA MANUTENÇÃO .....	47
4.7.4 ÍNDICES DE GESTÃO DA MÃO DE OBRA DA MANUTENÇÃO .....	50
4.8 BENEFÍCIOS DA MANUTENÇÃO .....	50
4.9 MCC – MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE .....	51
4.9.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA – DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL .....	56
4.9.2 CUSTOS E TEMPO ÓTIMO PARA MANUTENÇÕES .....	59
CAPÍTULO 5 .....	61
5 LEAN SIX SIGMA .....	61
5.1 LEAN MANUFACTURING .....	61
5.1.1 FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING .....	63
5.2 SIX SIGMA .....	63
5.2.1 METODOLOGIA SIX SIGMA .....	65
5.3 LEAN SIX SIGMA .....	66
CAPÍTULO 6 .....	67
6 ESTUDO DE CASO .....	67
6.1 A EMPRESA .....	67
6.2 PRODUTOS .....	68
6.2.1 PRODUTOS TRANSFORMADOS .....	68
6.2.2 PRODUTOS FUNDIDOS .....	68
6.3 SEGMENTOS .....	69
6.4 O PROCESSO .....	70
6.5 O ATIVO .....	71
6.6 O DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO .....	72
6.6.1 FUNÇÕES DA MANUTENÇÃO .....	72
6.6.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO .....	73

6.6.3 POLÍTICAS E ESTRATÉGIAS DA MANUTENÇÃO .....	74
6.6.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	74
6.6.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	75
6.6.6 MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	76
6.6.7 MELHORIAS DE MANUTENÇÃO .....	76
6.6.8 CUSTOS DA MANUTENÇÃO .....	76
6.6.9 METAS DE INDISPONIBILIDADE .....	77
6.6.10 ÍNDICES MTBF - MTTR .....	78
CAPÍTULO 7 .....	80
7. PROJETO PROPOSTO .....	80
7.1 DEFINIÇÕES .....	80
7.1.1 DEFINIÇÃO DA META DE INDISPONIBILIDADE .....	80
7.1.2 PROJEÇÃO DE GANHOS FINANCEIROS .....	82
7.2 MEDIÇÕES .....	83
7.2.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO .....	83
7.2.2 MAPA DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	84
7.2.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA O PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	84
7.2.4 MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO PARA O PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	85
7.2.5 MATRIZ ESFORÇO E IMPACTO PARA O PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	85
7.2.6 METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS .....	86
7.3 ANÁLISES .....	88
7.3.1 PLANO DE AÇÕES “VER E AGIR” PARA O PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	88
7.3.2 DEFINIÇÃO DOS DADOS A SEREM COLETADOS PARA O PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	88
7.3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	89
CAPÍTULO 8 .....	92
8 MELHORIAS DO PROCESSO PROPOSTO .....	92
8.1 MELHORIAS SUGERIDAS E REALIZADAS POR MEIO DO PLANO DE AÇÕES “VER E AGIR” .....	92
CAPÍTULO 9 .....	96

9 RESULTADOS OBTIDOS .....	96
CAPÍTULO 10 .....	98
10 CONCLUSÃO .....	98
10.1 CONTRIBUIÇÕES .....	99
10.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	100

## CAPÍTULO 1

### 1.1 INTRODUÇÃO

É de grande interesse de muitas empresas e até mesmo de profissionais das mais diversas áreas a questão do desempenho dos processos e equipamentos que constituem uma organização. A relevância do assunto pode ser alinhavada pela gestão dos processos produtivos, no desempenho da manutenção, na utilização das políticas e na apuração dos custos das atividades.

Com um cenário de forte competitividade, é notória a busca por uma condição de produção mais elevada com os mesmos equipamentos e máquinas. Tendo esta premissa como foco do negócio, a manutenção passa por um processo inverso, ou seja, deixa de ser geradora de custos e passa a exercer uma função estratégica dentro das grandes companhias industriais. Sendo assim, torna-se imprescindível o uso de técnicas avançadas de manutenção que possam proporcionar controle e segurança ao processo produtivo, gerando retornos tangíveis às empresas, como a diminuição dos custos de manutenção, aumento da capacidade produtiva, maiores disponibilidades dos equipamentos e também ganhos intangíveis como a motivação das equipes de trabalho.

### 1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é demonstrar a importância e aplicar as melhores práticas de manutenção baseadas em RCM, com foco na redução da indisponibilidade do equipamento, redução de custos de manutenções, aumento da vida operacional do equipamento, aumento na confiabilidade do processo, segurança e a garantia de qualidade do produto.

### 1.3 PREMISSAS

Devido à complexidade do equipamento, analisou-se somente os registros de ocorrências de falhas do período de janeiro à junho de 2008 e por meio dos dados obtidos, considerou-se apenas os dispositivos mais críticos para o processo, ou seja, aqueles que comprometem a qualidade do produto e que impactam na indisponibilidade e segurança do equipamento.

## CAPÍTULO 2

### 2 GESTÃO DA MANUFATURA

A busca incessante do lucro pelas empresas, focada em uma análise simplista de redução de custos e aumento de produção, pode desviar a companhia do real caminho para sua sobrevivência no mercado, onde a via para manter-se e ganhar novos mercados está na qualidade e na produtividade. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2008), a administração da manufatura trata das maneiras pelas quais as organizações produzem bens e serviços, como mostra a Figura 2.1.

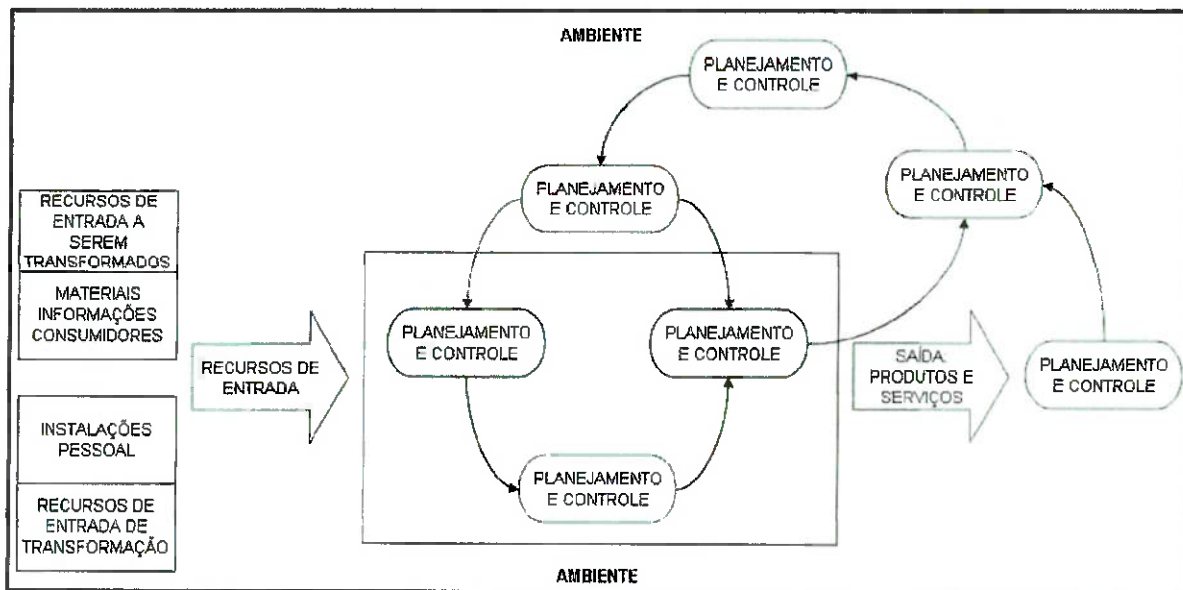


FIGURA 2.1 - MODELO GERAL DA ADMINISTRAÇÃO DE PRODUÇÃO. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008, p. 63)

A busca da qualidade e da produtividade passa por diversas questões, como as políticas de gestão da qualidade, a análise do melhor sistema de produção, o treinamento, a manutenção da produção e outros fatores estratégicos.

## 2.1 PAPEL ESTRATÉGICO E OBJETIVO DA MANUFATURA

Se qualquer departamento de produção deseja entender sua contribuição para a organização de que faz parte, deve-se conhecer que papel se espera que ele desempenhe e quais os objetivos de desempenho específicos utilizados pela empresa, para avaliar sua contribuição e suas aspirações estratégicas. Sem a apreciação de seu papel dentro da empresa, as pessoas que dirigem a produção nunca podem estar seguras de que, realmente, estão contribuindo para o sucesso da empresa em longo prazo (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

### 2.1.1 PAPEL ESTRATÉGICO DA MANUFATURA

Um dos papéis da produção é a implementação da estratégia empresarial. A maioria das empresas possui algum tipo de estratégia, mas é a produção que a coloca em prática, afinal, não se pode tocar uma estratégia, não se pode vê-la, tudo que se pode ver é como a produção se comporta na prática. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

O outro papel da produção é desenvolver seus recursos para que forneçam as condições necessárias para permitir que a organização atinja seus objetivos estratégicos. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

E o terceiro papel da produção na empresa é impulsionar a estratégia, dando-lhe vantagem competitiva a longo prazo. Produtos malfeitos, serviço relapso, entrega lenta, promessas não cumpridas, pouca escolha de produtos ou serviços ou um custo de produção muito elevado afundarão qualquer empresa a longo prazo. Uma produção que esteja oferecendo vantagem no curto e no longo prazos está impulsionando a estratégia da empresa ao ser uma importante guardiã da competitividade. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

Slack, Chambers e Johnston (2008) relatam que os Professores Hayes e Wheelwright, da Harvard University, com contribuições posteriores do Professor Chase, da University of Southern Califórnia, desenvolveram o modelo de avaliação



da função produção, de qualquer tipo de empresa, conhecido como “Modelo de quatro estágios”, como apresenta a Figura 2.2 e pode ser utilizado como ferramenta para controle e acompanhamento da contribuição da produção em relação à estratégia da empresa.

Os quatro estágios, conforme os autores em referências, são:

- ✓ **ESTÁGIO 1 – NEUTRALIDADE INTERNA:** Este é o nível mais fraco da contribuição da função produção. As demais funções consideram que ela, potencialmente, só pode manter-se neutra ou prejudicar a eficácia competitiva da organização. A função produção mantém-se voltada para dentro e, no máximo, reage às mudanças dos ambientes interno e externo, contribuindo pouco para o sucesso competitivo.
- ✓ **ESTÁGIO 2 – NEUTRALIDADE EXTERNA:** A primeira etapa de rompimento do estágio 1 é a função produção começar a comparar-se com empresas ou organizações similares. Isso pode não conduzi-la imediatamente à “primeira divisão” de empresas do mercado, mas, pelo menos, pode levá-la a comparar seu desempenho e prática aos das concorrentes e a tentar ser “apropriada” ao adotar delas a “melhor prática”.
- ✓ **ESTÁGIO 3 – APOIO INTERNO:** Provavelmente, a produção no estágio 3 atingiu a “primeira divisão” em seu mercado. Pode não ser melhor do que as empresas concorrentes em todos os aspectos de desempenho, mas está junto com as melhores. Ainda assim, a produção no estágio 3 aspira a ser, clara e certamente, a melhor do mercado. Neste estágio a produção está tentando dar “apoio interno” ao fornecer uma estratégia crível.
- ✓ **ESTÁGIO 4 – APOIO EXTERNO:** A diferença entre os estágios 3 e 4 é sutil, embora muito importante. Uma empresa no estágio 4 vê a função produção como provedora da base para seu sucesso competitivo. Ela prevê as prováveis mudanças nos mercados e na oferta de insumos e desenvolve capacidades que serão exigidas para competir nas

condições futuras de mercado. Nesse estágio a produção é criativa, pró ativa, inovadora e capaz de adaptar-se conforme as mudanças de mercado, mantendo-se “um passo à frente” dos concorrentes na maneira de criar produtos, serviços e organizar suas operações.

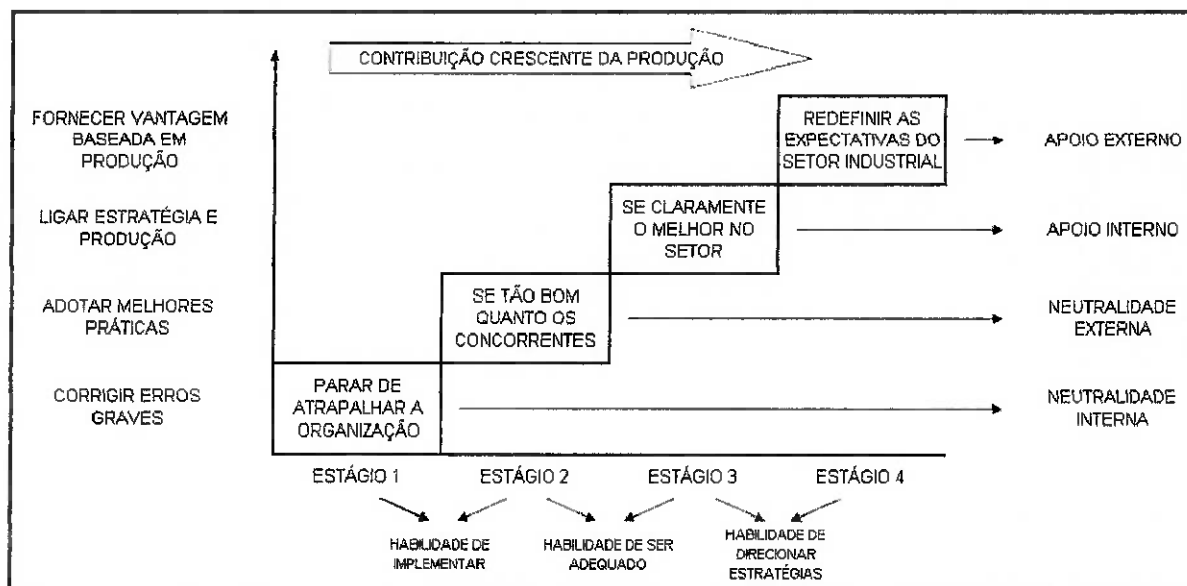


FIGURA 2.2 - O PAPEL E A CONTRIBUIÇÃO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008, p. 68)

## 2.1.2 OBJETIVOS DA MANUFATURA

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2008, p. 68), no nível estratégico a classificação mais útil dos objetivos de desempenho da produção que qualquer operação possa perseguir pode ser obtida indentificando-se os *stakeholders* da operação. Os *stakeholders* são as pessoas ou grupos de pessoas que possuem interesse na operação, e que podem ser influenciadas por ou influenciar as atividades da operação produtiva.

Alguns *stakeholders* são internos, como, por exemplo, os empregados da operação. Outros são externos, como a sociedade ou grupos comunitários, ou ainda, os acionistas da empresa. Alguns possuem um relacionamento comercial direto com a empresa, como, por exemplo, os fornecedores da produção e os consumidores que irão receber os produtos ou serviços.

A Figura 2.3, ilustra alguns dos principais grupos de *stakeholders* junto com alguns dos aspectos do desempenho da operação produtiva em que eles terão interesse.

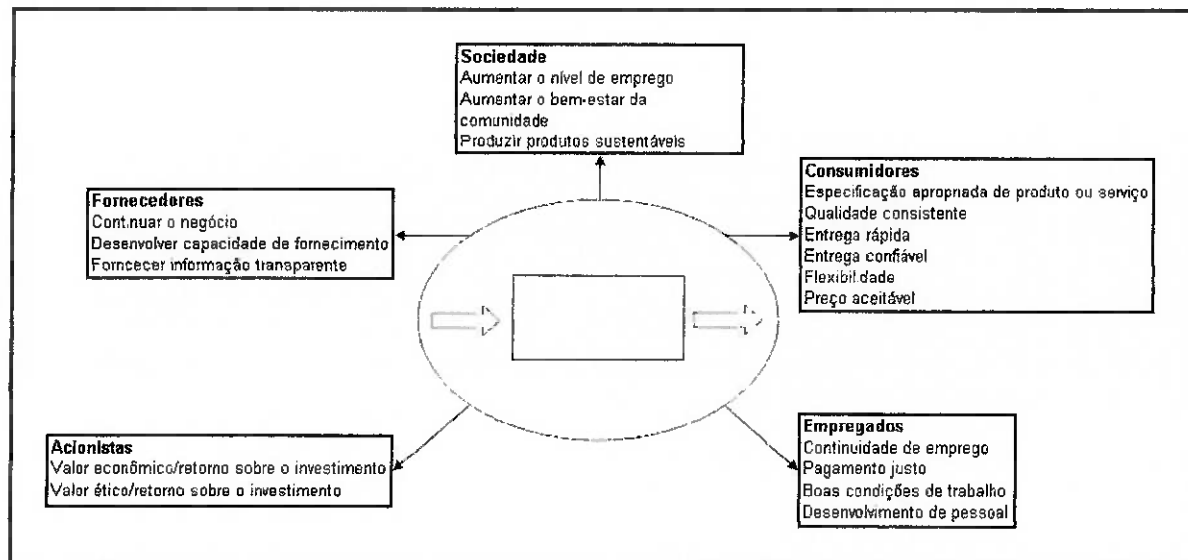


FIGURA 2.3 - OBJETIVOS APLICADOS A GRUPOS DE INTERESSE. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008, p. 69)

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2008) os objetivos de uma empresa, com relação à manufatura, devem estar voltados à satisfação dos requisitos de seus clientes e estes devem estar contidos nos processos decisórios da produção. Com isso, pode-se considerar cinco objetivos básicos para a satisfação de seus clientes, ou seja, fazer certo, as coisas certas, no tempo certo, com flexibilidade e menor custo. Estes objetivos são:

- ✓ **OBJETIVO QUALIDADE:** Significa fazer certo as coisas, porém as coisas que a produção precisa fazer certo variam de acordo com o tipo de operação (coisas diferentes em operações diferentes). Qualidade reduz custos e aumenta a confiabilidade.
- ✓ **OBJETIVO RAPIDEZ:** Significa quanto tempo os consumidores precisam esperar para receber seus produtos ou serviços. O principal benefício da rapidez de entrega dos bens e serviços para os consumidores é que

ela enriquece a oferta. Rapidez reduz estoques e reduz os riscos de decisões precipitadas.

- ✓ **OBJETIVO CONFIABILIDADE:** Significa fazer as coisas em tempo para os consumidores receberem seus bens ou serviços prometidos. Confiabilidade economiza tempo, dinheiro e proporciona estabilidade.
- ✓ **OBJETIVO FLEXIBILIDADE:** Significa capacidade de mudar a operação, ou seja, alterar o que se faz, quando se faz ou quando se faz alguma operação. Pode ser por meio de diferentes tipos de produtos / serviços, variedade ou compostos de produtos / serviços, quantidades ou volumes diferentes de produtos / serviços e tempo de entrega diferentes. Flexibilidade agiliza a resposta, economiza tempo e mantém a confiabilidade.
- ✓ **OBJETIVO CUSTO:** Significa que quanto menor o custo de produzir seus bens e serviços, menor pode ser o preço a seus consumidores. Nos custos dos bens e serviços estão inclusos funcionários (salários), instalações, materiais e impostos. Todos os demais objetivos de uma empresa afetam os custos envolvidos nos bens e serviços da mesma.

## 2.2 PROCESSO DE MANUFATURA

Processos são atividades fundamentais que as organizações usam para realizar tarefas e atingir suas metas. Um processo é qualquer atividade ou conjunto de atividades que parte de um ou mais insumos, transforma-os e lhes agrega valor, criando um ou mais produtos e/ou serviços para os clientes.

Essas atividades podem ser divididas em subprocessos, os quais, por sua vez, podem ser desmembrados em um número ainda maior de subprocessos.

Existem também, muitos processos não relacionados à manufatura em uma fábrica, como o processamentos de pedidos, o acerto de compromissos de entrega com os clientes e o controle de estoques.

Ao selecionarem técnicas apropriadas e desenvolver estratégias de operações consistentes, os gerentes podem projetar e operar processos para proporcionar às empresas uma vantagem competitiva.

Podemos citar como exemplo de processo, a produção e laminação de alumínio.

A Companhia Brasileira de Alumínio (<http://www.aluminiocba.com.br>, 2008) descreve que o alumínio é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre. A disponibilidade de bauxita, o minério bruto do qual é obtido o alumínio, é praticamente inesgotável.

A bauxita é composta principalmente de óxido de alumínio, além de sílica, óxidos de ferro e titânio, como apresenta a Figura 2.4.

Em média, são necessárias 4 toneladas de bauxita para se obter 1 tonelada de alumínio.

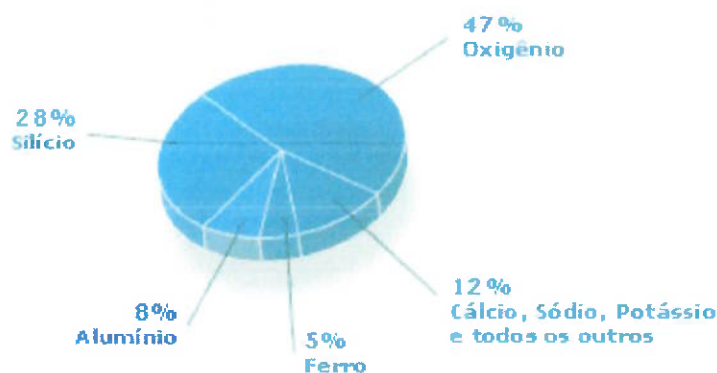


FIGURA 2.4 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BAUXITA. (<http://www.aluminiocba.com.br>, 2008)

Após a sua extração, a bauxita é trabalhada através de inúmeros processos, até a transformação do alumínio em produtos para o mercado.

## 2.3 PROCESSO DE LAMINAÇÃO DE ALUMÍNIO

É um processo de transformação mecânica que consiste na redução da seção transversal por compressão do metal, por meio da passagem entre dois cilindros de aço com eixos paralelos que giram em torno de si mesmos, como mostra a Figura 2.5. Esta seção transversal é retangular e refere-se a produtos laminados planos de alumínio, compreendendo desde chapas grossas, com espessuras de seis milímetros até folhas com espessura de seis micra. Existem dois processos tradicionais de laminação de alumínio: laminação a quente e laminação a frio. (<http://www.abal.org.br>, 2008).

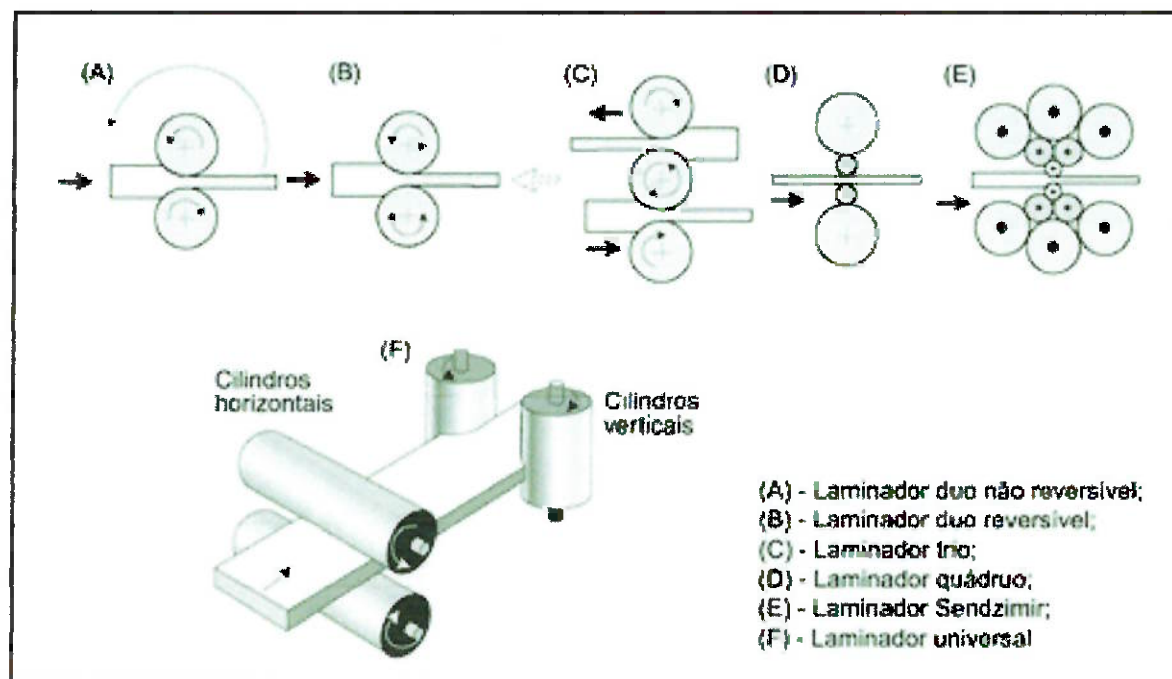


FIGURA 2.5 - TIPOS DE LAMINADORES. (<http://www.abal.org.br>, 2008)

### 2.3.1 LAMINAÇÃO A QUENTE

Segunda a Associação Brasileira do Alumínio (2008) a laminação a quente promove reduções da seção transversal com o metal a uma temperatura mínima de aproximadamente 350°C (igual à temperatura de recristalização do alumínio). A

ductilidade do metal a temperaturas desta ordem é máxima e, nesse processo ocorre à recristalização dinâmica na deformação plástica. O processo transcorre da seguinte forma.

Uma placa de alumínio, utilizada como matéria-prima inicial para laminação a quente, cujo peso varia entre 10 e 15 toneladas, é produzida na refusão, por meio de fundição semicontínua, em molde de seção transversal retangular. Este tipo de fundição assegura a solidificação rápida e estrutura metalúrgica homogênea para a placa de alumínio.

A placa pode sofrer uma usinagem superficial, ou faceamento, para remoção das camadas de óxido de alumínio, provenientes dos grãos colunares, ou seja, o primeiro material solidificado após refusão e também das impurezas provenientes da fundição. Posteriormente, a placa é aquecida até tornar-se semiplástica.

A laminação a quente se processa em laminadores reversíveis duplos, sendo somente dois cilindros de trabalho ou quádruplos, sendo dois cilindros de trabalho e dois de apoio ou encosto.

O material laminado é deslocado, a cada passada, por entre os cilindros, sendo que a abertura dos mesmos define a espessura do passe. A redução da espessura por passe é de aproximadamente 50% e depende da dureza da liga que está sendo laminada. No último passe de laminação, o material apresenta-se com espessura ao redor de seis milímetros, sendo enrolado ou cortado em chapas planas, constituindo-se na matéria-prima para o processo de laminação a frio.

Uma unidade de laminação a quente, como mostra a Figura 2.6, contém: laminador, refusão ou unidade de fundição de placas, fornos de pré-aquecimento para placas, tratamentos térmicos de homogeneização (distribuição mais homogênea dos elementos micro constituintes químico-metalúrgicos), tesouras rotativas e guilhotinas para cortes laterais e longitudinais do material laminado, serras para cortes das extremidades e faceadeira para usinagem das superfícies.



FIGURA 2.6 - PROCESSO DE LAMINAÇÃO A QUENTE. (<http://www.abal.org.br>, 2008)

### 2.3.2 LAMINAÇÃO A FRIO

De acordo com a Associação Brasileira do Alumínio (2008) a laminação a frio realiza-se a temperaturas bem inferiores às de recristalização do alumínio. A matéria-prima é proveniente da laminação a quente. A laminação a frio é executada, geralmente, em laminadores quádruplos, reversíveis ou não, como mostra a Figuras 2.7. O número de passes depende da espessura inicial da matéria-prima, da espessura final, da liga e da têmpera do produto desejado. Os laminadores estão dimensionados para reduções de seções entre 30% e 70% por passe, dependendo, também, das características do material em questão. Os laminadores mais sofisticados possuem sistemas computadorizados de controle de espessura e de planicidade. Na laminação a frio utilizam-se dois recursos: tensões avante ou tensões a ré, quando há a disponibilidade de reversão.

Ambas aliviam o esforço de compressão exercido pelos cilindros de trabalho ou aumentam a capacidade de redução por passe. Estes recursos são também responsáveis pela redução da espessura no caso de laminação de folhas finas, em que os cilindros de trabalho estão em contato e praticamente sem abertura perceptível.

A deformação a frio confere encruamento ao alumínio, aumentando os limites de resistência à tração e ao escoamento, com diminuição do alongamento. Esse procedimento produz um metal com bom acabamento superficial e preciso controle dimensional.



Os produtos laminados a frio mais finos, como folhas de alumínio, com espessura de até cinco micra, são produzidos em laminadores específicos, que concebem o processo de laminação de folhas dupladas com lubrificação entre elas.

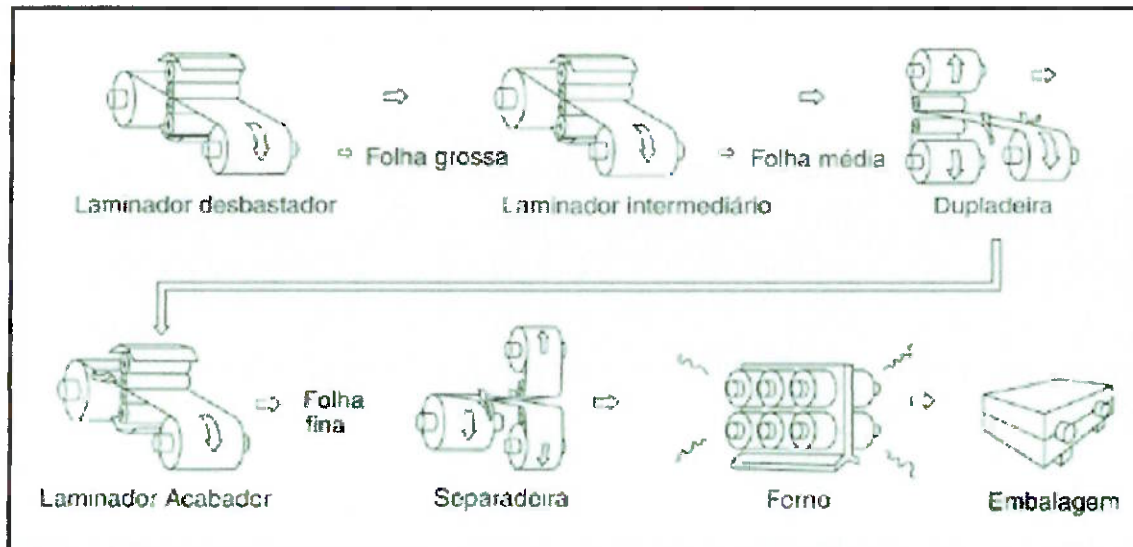


FIGURA 2.7 - PROCESSO DE LAMINAÇÃO A FRIO. (<http://www.abal.org.br>, 2008)

Outro processo atualmente muito utilizado é o de laminação contínua que elimina a etapa de laminação a quente. O alumínio é solidificado entre dois cilindros refrigerados internamente por água, que giram em torno de seus eixos, produzindo uma chapa com seção retangular e espessura aproximada de seis milímetros. Posteriormente, esta chapa é enrolada, obtendo-se assim um produto similar àquele obtido por laminação a quente. Porém, este produto apresentará uma estrutura bruta de fusão bastante refinada, dada à alta eficiência do refinador de grão utilizado no vazamento.

## CAPÍTULO 3

### 3 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

As técnicas de logística surgem como técnica militar, tendo seu conceito aprofundado durante a Segunda Guerra Mundial (1939 a 1945). Nesse período, os combates nem sempre estavam próximos das civilizações, ou seja, ocorriam em áreas distantes dos locais de onde os suprimentos eram fornecidos e exigiam grandes deslocamentos. Devido a estes deslocamentos, o transporte dos suprimentos necessários para os combates era primordial.

Durante as décadas que se seguiram, juntamente com o amadurecimento do processo de globalização, o conceito de logística começou a sair da esfera militar para assumir um caráter empresarial. Entretanto, com o passar dos anos, os mercados ficaram globalizados e dinâmicos e os clientes cada vez mais exigentes. Para satisfazê-los, proliferam cada vez mais as linhas e modelos de produtos com ciclos de vida bem mais curtos.

Simchi-Levi, Kaminky e Simchi-Levi (p.27, 2003) afirmam que a gestão da cadeia de suprimentos é um conjunto de abordagens utilizadas para integrar eficientemente fornecedores, fabricantes, depósitos e armazéns, de forma que a mercadoria seja produzida e distribuída na quantidade certa, para a localização certa e no tempo certo, de forma a minimizar os custos globais do sistema ao mesmo tempo em que atinge o nível de serviço desejado.

Sob a perspectiva de uma única operação, a gestão da cadeia de suprimentos pode ser vista como administração das operações que formam o lado do suprimento e das que formam o lado da demanda.

- ✓ **NO LADO DO SUPRIMENTO:** A gestão de compra e suprimento é o termo bem aceito para a função que lida com a interface da operação com os mercados de suprimento

- ✓ **NO LADO DA DEMANDA:** A da distribuição física é também um termo bem aceito para a gestão da atividade de suprimento imediato aos consumidores. Logística é uma extensão da gestão de distribuição física e geralmente refere-se á gestão do fluxo de materiais e informações de um negócio, passando pelo canal de distribuição até o consumidor final.
- ✓ **GESTÃO DE MATERIAIS:** É um termo mais limitado do que gestão da cadeia e refere-se à gestão do fluxo de materiais e informações através da cadeia de suprimento imediata, incluindo compra, gestão de estoque, gestão de lojas, planejamento e controle da produção e gestão da distribuição física.

### 3.1 ASPECTOS FUNDAMENTAIS NA GESTÃO DOS SUPRIMENTOS

Simchi-Levi, Kaminky e Simchi-Levi (p.34, 2003) descrevem que os aspectos fundamentais na gestão dos suprimentos incluem diversas atividades da empresa, desde o nível estratégico, passando pelo tático, até o nível operacional.

- ✓ **NÍVEL ESTRATÉGICO:** Lida com decisões que apresentam efeitos longos e duradouros sobre a empresa. Incluem decisões quanto ao número, à localização e a capacidade dos depósitos e das plantas de produção, e ao fluxo de materiais da rede logística.
- ✓ **NÍVEL TÁTICO:** Inclui decisões que são normalmente atualizadas em algum período, entre uma vez a cada trimestre ou uma vez a cada ano. Estas incluem decisões de produção e de compras, políticas de estoques e estratégias de transporte, incluindo a frequência com que os clientes são visitados.

- ✓ **NÍVEL OPERACIONAL:** Se refere às decisões do dia-a-dia, tais como sequenciamento, *lead times*, roteamento e carregamento do caminhão.

### 3.2 GERENCIAMENTO DE ESTOQUE

Simchi-Levi, Kaminky e Simchi-Levi (p.63, 2003) afirmam que o gerenciamento de estoque e a necessidade de coordenação das decisões de estoque e das políticas de transporte se tornaram evidentes há muito tempo. Infelizmente, gerenciar estoques em cadeias de suprimentos complexas é geralmente uma tarefa muito difícil e pode ter um impacto significativo no nível de serviço ao cliente e nos custos globais da cadeia de suprimentos. Isso, em muitos casos, implica a existência de estoques na cadeia de suprimentos de diversas maneiras:

- ✓ ***Estoques de matérias-primas;***
- ✓ ***Estoques em processo (WIP);***
- ✓ ***Estoques de produtos acabados;***

Simchi-Levi, Kaminky e Simchi-Levi (p.63, 2003) descrevem que cada um destes itens necessita de seu próprio mecanismo de controle de estoque. A dificuldade em determinar esses mecanismos é que as estratégias eficazes de produção, distribuição e controle de estoques, que reduzem os custos globais do sistema e melhoram os níveis de serviços, devem levar em consideração as interações dos diversos níveis da cadeia de suprimentos. Embora a determinação desses mecanismos de controle de estoque possa ser desafiadora, os benefícios podem ser enormes.

### 3.3 CONTROLE DE ESTOQUE

Balou (p. 204, 2007) cita que devemos sempre ter o produto de que você necessita, mas nunca podemos ser pegos com algum estoque. É uma frase que descreve bem o dilema da gestão e controle de estoques.

A armazenagem de mercadoria prevendo seu uso futuro exige investimento por parte da organização. O ideal seria a perfeita sincronização entre oferta e demanda, de maneira a tornar a manutenção de estoques desnecessária, conforme apresenta o sistema "*just-in-time*". Entretanto, em muitos casos é impossível conhecer exatamente a demanda futura e como nem sempre os suprimentos estão disponíveis a qualquer momento, deve-se acumular estoque para assegurar a disponibilidade de mercadorias e minimizar os custos totais de produção e distribuição. (Balou, 2007).

### 3.4 CONCEITOS E TÉCNICAS DE CONTROLE

#### 3.4.1 MÉTODO DE EMPURRAR ESTOQUES

De acordo com Balou (p. 218, 2007), um método popular de gestão de inventário, especialmente quando há mais de um depósito no sistema de distribuição, é alocar estoques aos armazéns conforme a necessidade esperada nos mesmos. Este enfoque é particularmente vantajoso quando os lotes econômicos de produção ou compra são maiores que as necessidades de curto prazo dos depósitos. As questões básicas que o método deve responder são: quanto estoque deve ser enviado para cada depósito? Como alocar as sobras do balanço entre oferta (produção) e demanda entre os diversos armazéns?

### 3.4.2 MÉTODO DE PUXAR ESTOQUES

Balou (p. 219, 2007) afirma que pode-se manter controle mais apurado dos estoques se cada local de armazenagem for tratado separadamente dos outros. Apenas o estoque necessário para atender a demanda daquele ponto precisa ser mantido. Assim, as quantidades mantidas podem ser menores no método de puxar estoques do que no método de empurrar. Entretanto, para sistemas com múltiplos depósitos, os pedidos de reposição dos armazéns individuais podem ser emitidos a qualquer momento, sem levar em conta possíveis efeitos dos tamanhos de lote ou de sequenciação dos pedidos na eficiência da produção ou do transporte.

- ✓ **ESTOQUE PARA DEMANDA:** A idéia básica é manter os níveis de inventário proporcionais à sua demanda, isto não é conveniente, pois os estoques mantêm-se proporcionais à demanda mesmo quando esta cresce. Além disso, a forma com que o tempo de ressuprimento e o erro de previsão foram estimados não é particularmente precisa.
- ✓ **PONTO DE REPOSIÇÃO:** Conhecido também como método do estoque mínimo, objetiva manter investimento ótimo em estoques, ou seja, caso o estoque esteja muito elevado, os custos de sua manutenção serão excessivos. Caso esteja muito baixo, podem-se perder vendas ou ocasionar freqüentes paradas na produção.

### 3.5 ALIANÇAS ESTRATÉGICAS

Simchi-Levi, Kaminky e Simchi-Levi (p.140, 2003) afirmam que atualmente, um dos paradoxos nos negócios é o fato de que, ao mesmo tempo em que práticas complexas estão se tornando essenciais para as empresas sobreviverem e prosperarem, os recursos administrativos e financeiros necessários para implementar essas práticas são cada vez mais escassos. Esta é uma razão pela

qual não se pode ser sempre eficaz no desempenho de todas estas funções de negócios internamente. Frequentemente, uma empresa pode considerar eficaz a utilização de outras empresas com recursos especiais e conhecimento técnico para desempenhar tais funções.

Mesmo que uma empresa tenha recursos disponíveis para desempenhar uma tarefa específica, outra empresa na cadeia pode, algumas vezes, estar melhor adaptada para desempenhar tal tarefa simplesmente porque sua localização relativa na cadeia lhe dá melhores condições.

Evidentemente, não é suficiente saber que deveria desempenhar uma função específica na cadeia, ou seja, algumas etapas devem ser ultrapassadas para que a função seja executada pela empresa apropriada. Como em qualquer função, existem quatro maneiras básicas para uma empresa assegurar que a função logística do negócio seja executada.

- ✓ **ATIVIDADES INTERNAS:** Uma empresa pode desempenhar a atividade utilizando recursos de expertise internos, se estiverem disponíveis. Se essa atividade for uma das forças essenciais da empresa, pode ser este o melhor caminho.
- ✓ **AQUISIÇÕES:** Se a empresa não tiver a expertise e os recursos especializados, poderá adquirir outra empresa que os tenha, o que certamente dará ao adquirente o controle total sobre a maneira como a função será executada, porém algumas inconveniências podem ocorrer.
- ✓ **TRANSAÇÕES DE MERCADO:** Muitas transações de negócios são desse tipo. Uma empresa precisa de um serviço ou item específico, tal como a entrega de uma carga, a manutenção de um veículo ou o projeto e a instalação de software de gerenciamento da logística, e então compra ou arrenda o item ou serviço. Naturalmente, as metas e estratégias do fornecedor podem não coincidir com as do comprador.
- ✓ **ALIANÇAS ESTRATÉGICAS:** Geralmente são parcerias multifacetadas, orientadas por metas de longo prazo, nas quais tanto os riscos como

as recompensas são compartilhadas. Em muitos casos, os problemas da aquisição total podem ser evitados e, ao mesmo tempo as metas comuns podem comprometer muito mais recursos do que no caso das transações de mercado.



## CAPÍTULO 4

### 4 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

De acordo com Ferreira (1995), a manutenção é definida como “as medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa ou de uma situação” ou ainda como “os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular de e permanente de motores e máquinas”.

Nagao (1998) relata que a manutenção é uma área fundamental para o sucesso das organizações que possuem uma base fortemente industrial e deve ser encarada como uma função estratégica na obtenção dos resultados da organização. Com isso, deve estar direcionada ao suporte do gerenciamento e à solução de problemas apresentados na produção, lançando a empresa em patamares competitivos de qualidade e produtividade.

O autor cita inúmeros relatos de problemas de manutenção, os quais propiciam acidentes graves e colocam em risco o meio ambiente, o ser humano e a integridade da instalação industrial, portanto é válido inferir que o impacto de uma manutenção inadequada e ineficiente, pelo aumento crescente dos custos e das paralisações, pode influir na rentabilidade do negócio e na sobrevivência da própria organização.

A função manutenção é uma fonte de custos cara e complexa e como tal deve ser muito bem administrada. Deve ser entendida como uma excelente ferramenta para propiciar à área operacional o cumprimento das metas de produção. (KELLY; HARRIS, 1980).

Com isso a manutenção pode ser considerada como uma combinação de ações conduzidas para substituir, revisar ou modificar componentes ou grupos identificáveis de componentes de um equipamento, para que este opere dentro de uma disponibilidade especificada em um intervalo de tempo também especificado. (ROSA, 2006).

Segundo Rosa (2006) Em uma organização industrial a função manutenção e operação estão inter-relacionadas e não é possível, muito menos desejável,

considerar cada uma isoladamente. Esforços para reduzir custos de qualquer uma destas funções podem facilmente aumentar os custos de outra.

É importante que ambas sejam planejadas em uma base unificada com o objetivo de obter o menor custo global. Devido a estes fatores, a manutenção vem ocupando uma posição de maior destaque dentro do organograma das organizações produtoras de bens e serviços.

## 4.1 MANUTENÇÃO E QUALIDADE

Quando se fala em produção, por meio de máquinas e equipamentos, com qualquer nível de automação, a qualidade do produto final é determinada, entre outros fatores, pelo desempenho do equipamento / máquina que o fabrica, ou seja, a deterioração das condições ótimas do equipamento leva a desvios no processo e a queda de qualidade. (MARCORIN; LIMA, 2003).

A qualidade da função manutenção pode evitar a deterioração das funções operacionais dos equipamentos, especialmente aquelas que levam à falhas ocultas, que resultam na incapacidade do processo. Apenas uma manutenção adequada pode garantir que o processo não perderá sua capacidade devido a desvios provocados por problemas no equipamento. (PINTO; XAVIER, 2001).

## 4.2 MANUTENÇÃO E PRODUTIVIDADE

De forma mais evidente do que a qualidade, a produtividade também depende do desempenho dos equipamentos / máquinas e pode ser ainda mais afetada quando a falta de manutenção ou a manutenção ineficaz causam aumento dos tempos de produção pela redução do desempenho, mesmo não havendo uma parada efetiva do equipamento. Essa condição leva a empresa a buscar a origem da queda de produção em outros fatores, como ferramental, materiais e até operadores, elevando os custos operacionais.

Pode-se dizer, portanto, que uma política inadequada de manutenção traz custos adicionais relacionados à falta de produtividade, podendo proporcionar perdas mensuráveis e não mensuráveis, como o desgaste da imagem da empresa e a perda de contratos de fornecimento. (PINTO; XAVIER, 2001)

#### 4.3 MANUTENÇÃO E DISPONIBILIDADE

A redução do desempenho do equipamento, que traz a diminuição da qualidade e da produtividade, pode ser evitada com políticas adequadas de manutenção que garantam a eficiência do equipamento. A falta dessas políticas, além da redução da capacidade dos processos, acarreta parada efetiva do equipamento, reduzindo a sua disponibilidade. A disponibilidade dos equipamentos depende da confiabilidade e da manutenibilidade por eles apresentadas. (MARCORIN; LIMA, 2003).

Apesar de os valores de confiabilidade e manutenibilidade serem, por definição, fatores intrínsecos do equipamento e dependerem da concepção de seu projeto, eles são afetados por outros fatores, como treinamento dos mantenedores, disponibilidade de peças, limpeza e condição geral do equipamento. Uma política adequada de manutenção deve, então, manter a capacidade e a disponibilidade da máquina, evitando quebras (aumento de confiabilidade) e criando condições de uma intervenção corretiva rápida e eficaz, quando a falha ocorrer (aumento da manutenibilidade). (MARCORIN; LIMA, 2003).

#### 4.4 POLÍTICAS DA MANUTENÇÃO

Segundo Rosa (2006), as políticas da manutenção de uma empresa de produção industrial são circunstanciais por variáveis relacionadas com custos, segurança dos equipamentos, instalações, produto e pessoas que operam e intervêm nos mesmos, como apresenta a Figura 4.1. A durabilidade e a

disponibilidade dos ativos são também variáveis que impactam na administração das políticas e dos recursos da manutenção.

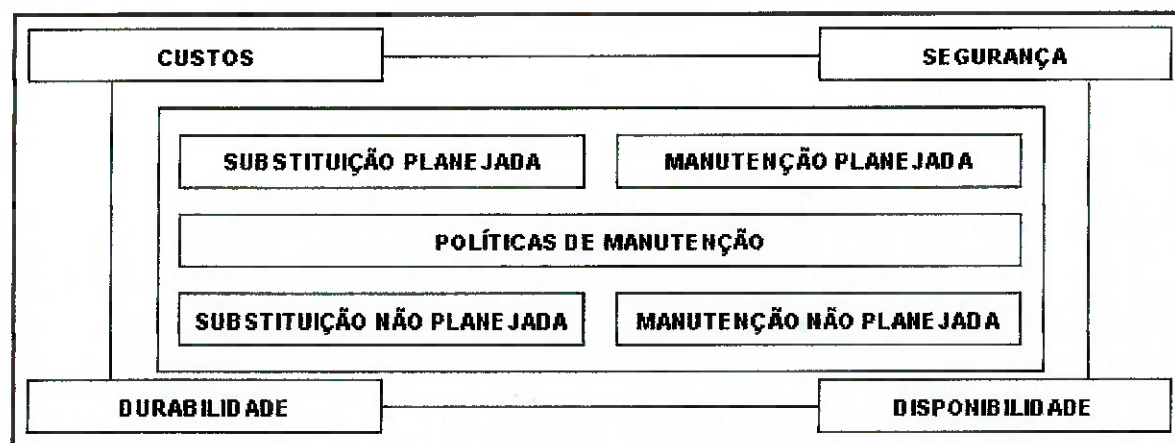


FIGURA 4.1 - POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO. (ROSA, 2006, p. 4)

A decisão entre estas alternativas, como mostra a Figura 4.2, será considerada como parte integrante da estratégia global da empresa, e por esta razão, é influenciada por fatores externos e internos. Os externos são apresentados pelas obsolescências dos equipamentos, custo do capital investido e diversificação do mercado. Os fatores internos podem ser considerados como o custo da indisponibilidade dos equipamentos e o custo dos recursos de manutenção.

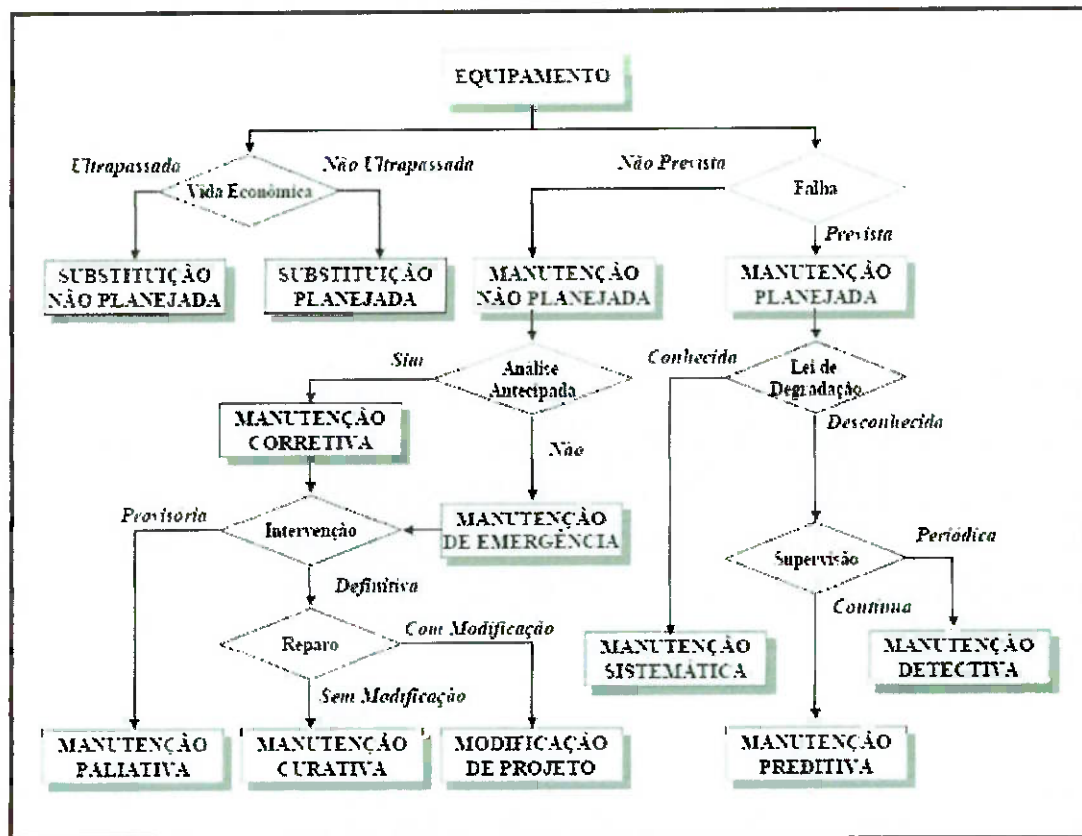


FIGURA 4.2 - DECISÃO DAS POLÍTICAS DA MANUTENÇÃO. (ROSA, 2006, p. 83)

A análise do impacto de cada um destes fatores nos custos globais de manutenção, acaba determinando a estratégia indicada para cada equipamento tendo em vista a obtenção de um custo global mínimo.

#### 4.4.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Marcorin e Lima (p.38, 2003) afirmam que embora possa parecer ausência de uma política de manutenção, a manutenção corretiva é uma alternativa. O problema dessa política não está em fazer intervenções corretivas, mas em que sua aplicação isolada requer enormes estoques de peças para suportar as sucessivas quebras, tornando o trabalho imprevisível e, portanto, sem um plano capaz de equacionar os custos.

Entretanto, os autores citam que levando-se em consideração a importância do equipamento no processo, o seu custo e as consequências da falha, pode-se

chegar à conclusão de que qualquer outra opção que não a corretiva pode significar custos excessivos, ou seja, a manutenção corretiva é a melhor opção quando os custos da indisponibilidade são menores do que os custos necessários para evitar a falha, condição tipicamente encontrada em equipamentos sem influência no processo produtivo.

A manutenção corretiva é caracterizada por duas alternativas, segundo Gallimore e Penlesky (1988):

- ✓ **MANUTENÇÃO NÃO PLANEJADA:** Utilizar o equipamento até o momento que este falhe e então repará-lo.
- ✓ **SUBSTITUIÇÃO NÃO PLANEJADA:** Utilizar o equipamento e/ou dispositivos que o compõem até o momento em que este falhe irreversivelmente ou não e então repará-lo.

#### 4.4.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Marcorin e Lima (p.39, 2003) descrevem que a manutenção preventiva é muito abrangente e deve significar um conjunto de ações que visam prevenir a quebra. A manutenção preventiva está baseada em intervenções periódicas geralmente programadas segundo a frequência definida pelos fabricantes dos equipamentos. Essa política, em muitos casos, leva à desperdícios, pois não considera a condição real do equipamento.

O simples fato de a manutenção preventiva reduzir o risco de paradas não programadas devido a falhas no equipamento já a coloca como uma opção melhor do que a manutenção corretiva em máquinas ligadas diretamente ao processo e é importante ressaltar que ela possui alguns pontos a serem considerados. (MARCORIN; LIMA, 2003).

O primeiro é o fato de que a troca de um item por tempo de uso apenas pode ser considerada naqueles que sofrem desgaste, outro ponto, mesmo nos itens que

sofrem desgaste, é a imprevisibilidade, ou seja, o ritmo de desgaste pode não ser uniforme e está sujeito a muitas variáveis.

Da mesma forma que é possível trocar uma peça ainda com muito tempo de vida, pode ocorrer falha antes do tempo previsto. Essa imprevisibilidade requer estoques de peças de reposição, elevando os custos relativos.

Além do estoque elevado para cobrir a imprevisibilidade das falhas, a manutenção preventiva apresenta o inconveniente de intervenções muitas vezes desnecessárias, que reduzem a produtividade e elevam o custo operacional total. No entanto, esse tipo de manutenção pode ser a melhor alternativa para equipamentos e/ou peças que apresentam desgaste em ritmo constante e que representam um custo baixo, em comparação com o custo da falha, podendo-se prever estoques adequados e seguros.

A manutenção preventiva é caracterizada por duas alternativas, segundo Gallimore e Penlesky (1988):

- ✓ **MANUTENÇÃO PLANEJADA:** Efetuar manutenções regulares, planejadas cuidadosamente, juntamente com as exigências da produção de forma a prevenir a ocorrência de falhas que prejudiquem o andamento do plano de produção.
- ✓ **SUBSTITUIÇÃO PLANEJADA:** Utilizar o equipamento e/ou componentes que o compõem e substituí-lo antes que o custo de sua conservação se torne mais importante que o benéfico por ele propiciado.

#### 4.4.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Segundo Marcorin e Lima (p.39, 2003) a manutenção preditiva caracteriza-se pela medição e análise de variáveis da máquina que possam prognosticar uma eventual falha. Com isso, a equipe de manutenção pode se programar para a intervenção e aquisição de peças (custo da manutenção), reduzindo gastos com

estoque e evitando paradas desnecessárias da linha de produção (custo da indisponibilidade).

Os autores afirmam também que por ser uma manutenção de acompanhamento, a preditiva exige uma mão-de-obra mais qualificada para o trabalho e alguns aparelhos ou instrumentos de medição. Seu aparente alto custo é plenamente recompensado por seus resultados, situando-se mais próximo do ponto ótimo da relação custo-benefício em equipamentos cuja parada traz grandes prejuízos ao processo e em que o custo do estoque de equipamento / peça também é elevado.

#### 4.5 CUSTOS DA FALTA DE MANUTENÇÃO

O que foi exposto até agora mostra alguns pontos em que a falta de uma política de manutenção gera custos. Entretanto, os custos gerados pela função manutenção são apenas a ponta de um *iceberg*. (MIRSHAWA; OLMEDO, 1993). Essa ponta visível corresponde aos custos com mão-de-obra, ferramentas e instrumentos, material aplicado nos reparos, custo com subcontratação e outros referentes à instalação ocupada pela equipe de manutenção. Abaixo dessa parte visível do *iceberg*, estão os maiores custos, invisíveis, que são os decorrentes da indisponibilidade do equipamento. (MARCORIN; LIMA, 2003).

O custo da indisponibilidade concentra-se naqueles decorrentes da perda de produção, da não-qualidade dos produtos, da recomposição da produção e das penalidades comerciais, com possíveis conseqüências sobre a imagem da empresa. (MIRSHAWA; OLMEDO, 1993). O custo da indisponibilidade também está ligado diretamente à deterioração dos equipamentos como conseqüência da falta de manutenção. A relação entre custo de manutenção, custo da indisponibilidade e produtividade mostra que a melhor relação custo-benefício é a manutenção tratada de forma preventiva, em vez de situações de descontrole do processo produtivo pela falta de manutenção. (MARCORIN; LIMA, 2003).

Tomando a manutenção como premissa para a redução dos custos da produção, deve-se definir a melhor política a ser adotada. Essa análise pode ser



observada na Figura 4.3, que ilustra a relação entre o custo com manutenção preventiva e o custo da falha.

Entre os custos decorrentes da falha estão, basicamente, as peças e a mão-de-obra necessárias ao reparo e principalmente o custo da indisponibilidade do equipamento. A Figura 4.3 mostra também que investimentos crescentes em manutenção preventiva reduzem os custos decorrentes das falhas e, em consequência, diminuem o custo total da manutenção, em que se somam os custos de manutenção preventiva com os custos de falha. Entretanto, mostra também que, a partir do ponto ótimo em investimento com manutenção preventiva, mais investimentos trazem poucos benefícios para a redução dos custos da falha e acabam elevando o custo total. (MARCORIN; LIMA, 2003).

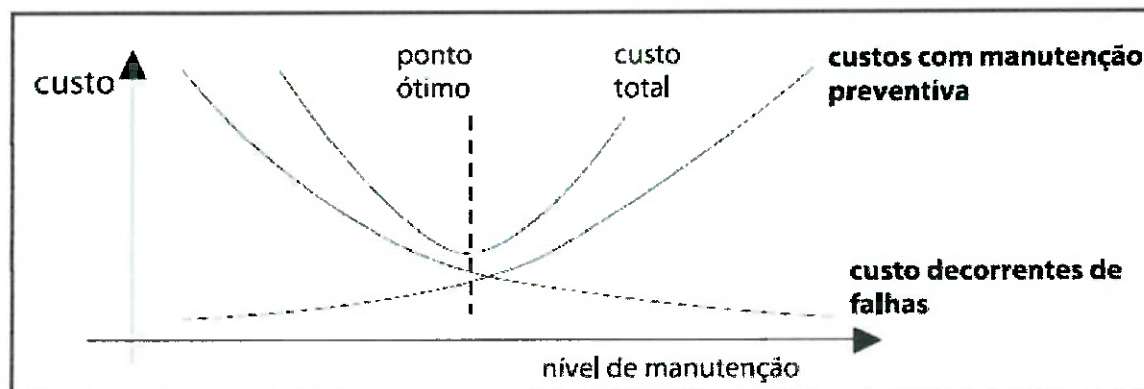


FIGURA 4.3 - CUSTOS X NÍVEL DE MANUTENÇÃO. (MARCORIN; LIMA, 2003, p. 38)

Marcorin e Lima (p.39, 2003) afirmam que é muito importante observar, na busca do ponto ótimo, que a política de manutenção a ser adotada deve levar em consideração aspectos como a importância do equipamento para o processo, o custo do equipamento e de sua reposição, as consequências da falha do equipamento no processo, o ritmo de produção e outros fatores que indicam que a política de manutenção não pode ser a mesma para todos os equipamentos, mas deve ser diferenciada para cada um deles, na busca do ponto ótimo entre disponibilidade e custo.

A Figura 4.4 mostra que a busca por falha zero (100% de disponibilidade) requer gastos cada vez maiores com manutenção, o que acarreta uma conseqüente redução do lucro da operação. Encontrar o ponto ótimo de disponibilidade, em que o

custo da manutenção proporciona um nível de disponibilidade capaz de gerar máximo lucro à operação, é o grande desafio na gestão da manutenção.

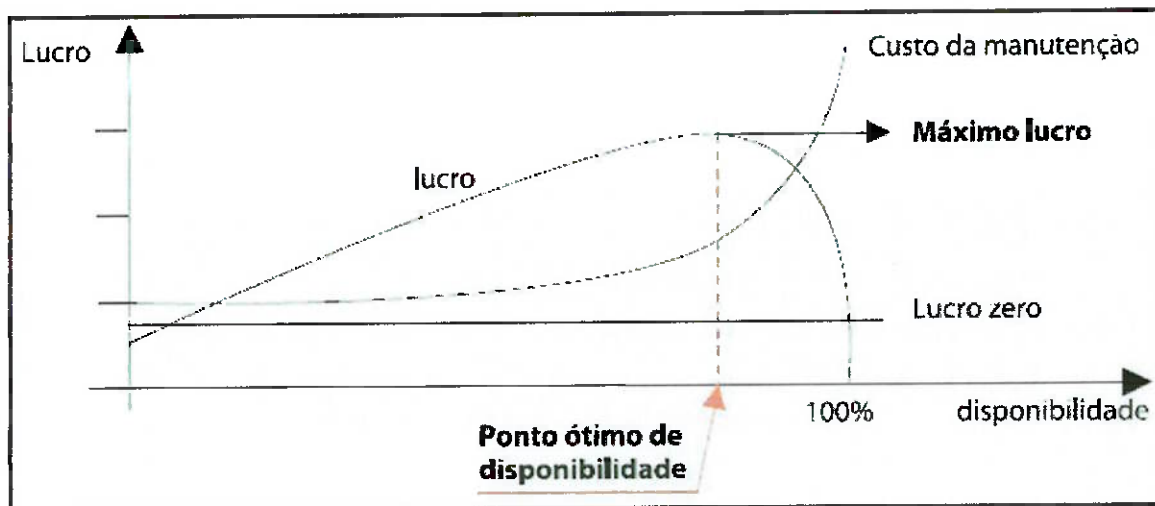


FIGURA 4.4 - LUCRO X DISPONIBILIDADE. (MARCORIN; LIMA, 2003, p. 38)

## 4.6 FUNÇÕES DE APOIO DA MANUTENÇÃO

Segundo Xenos (2004) para permitir o gerenciamento eficiente da manutenção, devemos colocar em prática, juntamente com os métodos de manutenção, algumas funções de apoio importantes. O objetivo e conteúdo de cada uma destas funções serão resumidos abaixo.

- ✓ **TRATAMENTO DE FALHAS:** Estas são as atividades de remoção dos sintomas das falhas e identificação de suas causas fundamentais para estabelecer contramedidas adequadas. Inclui também o registro e análise dos dados sobre as falhas dos equipamentos, o que permite identificar de forma objetiva os tipos de falhas mais frequentes e em que equipamentos ocorrem.
- ✓ **PADRONIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO:** É a utilização dos procedimentos e padrões técnicos e gerenciais relacionados com as atividades de manutenção, incluindo os manuais de manutenção, catálogos de

peças, padrões de inspeção e procedimentos de teste dos equipamentos.

- ✓ **PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO:** Pode ser entendido como as ações de preparação dos serviços de manutenção e que definem quando as ações serão executadas. Envolve a distribuição dos serviços em um determinado período, vem como a previsão de mão-de-obra, materiais e ferramentas necessárias.
- ✓ **PEÇAS RESERVAS E ALMOXARIFADO:** O objetivo desta função é o de adquirir, armazenar e controlar as peças de reposição e materiais de consumo dos equipamentos, conforme suas necessidades de manutenção. Esta é uma das funções de apoio mais críticas e que pode dificultar a execução da manutenção se não for gerenciada com eficiência.
- ✓ **ORÇAMENTO DA MANUTENÇÃO:** Tem por objetivo distribuir e controlar os recursos financeiros alocados ao departamento de manutenção com base no plano de manutenção para os próximos períodos. O orçamento da manutenção compreende basicamente os custos com a mão-de-obra, serviços terceirizados e materiais tais como peças de reposição e materiais de consumo para os equipamentos.
- ✓ **EDUCAÇÃO E TREINAMENTO:** É o conjunto de atividades de transferência e prática do conhecimento que visa a formar pessoal capacitado a desempenhar funções dentro do departamento de manutenção. Quando for o caso, pode incluir também o treinamento de operadores para realizarem algumas tarefas de manutenção preventiva no dia-a-dia da produção. Com um treinamento inadequado, a manutenção pode acabar introduzindo falhas nos equipamentos, ao invés de preveni-las.

## 4.7 ÍNDICES DA MANUTENÇÃO

### 4.7.1 ÍNDICES DE CLASSE MUNDIAL

Os parâmetros e os elementos de desempenho representam um conjunto de informações necessárias para que os gerentes administrem o sistema organizacional de uma forma adequada. Estas informações funcionam como instrumentos, cujos mostradores são representados pelos indicadores específicos e devem ser capazes de sinalizar se o sistema organizacional está sendo confiável, veloz, flexível, eficaz, eficiente e produtivo.

Segundo Tavares (1999) chamam-se índices de classe mundial aqueles que são utilizados segundo a mesma expressão em todos os países. Dos seis índices de classe mundial, quatro se referem à análise da gestão de equipamentos e dois se referem à gestão de custos, de acordo com as seguintes relações:

- ✓ **MTBF (Mean Time Between Failure) / TMEF (Tempo Médio Entre Falhas):** Indicador que representa o tempo médio entre a ocorrência de uma falha e a próxima, representa também o tempo de funcionamento da máquina ou equipamento diante das necessidades de produção até a próxima falha.

$$TMEF = \frac{TEMPO.DE.OPERAC\tilde{A}O}{N\acute{U}MERO.DE.FALHAS}$$

- ✓ **MTTR (Mean Time To Repair) / TMPR (Tempo Médio Para Reparo):** Esse indicador nos aponta o tempo que a equipe de manutenção demanda para reparar e disponibilizar a máquina ou equipamento para o sistema produtivo. Nesse período estão todas as ações envolvidas no reparo, sejam elas da equipe de compras, de laboratório ou qualquer outra equipe de trabalho.

$$TMPR = \frac{TEMPO.DE.MANUTENÇÃO}{NÚMERO.DE.FALHAS}$$

- ✓ **DISPONIBILIDADE:** A disponibilidade de um item representa o percentual do tempo em que ficou á disposição do órgão de operação para desempenhar sua atividade. Esse índice é de grande importância para a gestão de manutenção, pois, através dele, pode ser feita uma análise seletiva dos equipamentos cujo comportamento operacional está aquém de padrões aceitáveis.

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \times 100$$

- ✓ **TMPF (Tempo Médio Para Falha):** Esse índice deve ser usado para itens que são substituídos após a ocorrência de uma falha, ou seja, não são reparados e portanto não possuem tempo para reparo. É importante observar a diferença conceitual em relação ao MTBF / TMEF. A diferença é que, neste caso, o equipamento em questão teve de ser substituído. Através da análise destes dados, pode-se definir intervenções sistemáticas para a substituição do equipamento antes da ocorrência da falha.

$$TMPF = \frac{\sum TEMPO.DE.OPERACÃO}{NÚMERO.DE.SUBSTITUIÇÕES.DO.ITEM}$$

- ✓ **CMFT (Custo de Manutenção por Faturamento):** Esse índice representa a relação entre o custo total de manutenção (CTNM) e o faturamento da empresa (FTEP) no período considerado.

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} \times 100$$

- ✓ **CMVP (Custo de Manutenção pelo Valor de Reposição):** Esse índice deve ser utilizado para itens mais importantes da empresa, que afetam o faturamento, a qualidade dos produtos e/ou serviços, a segurança ou

o meio ambiente. Esse índice representa a relação entre o custo total acumulado na manutenção de um determinado equipamento e o valor de compra desse equipamento novo (valor de reposição).

$$CMVP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} \times 100$$

#### 4.7.2 ÍNDICES DE GESTÃO DE EQUIPAMENTOS

Segundo Tavares (1999) os índices ou indicadores de equipamentos, além dos índices apresentados como classe mundial, que podem auxiliar a avaliação do critério de intervenção e do processo de gestão são:

✓ **TMEP (Tempo Médio Entre Manutenções Preventivas):**

$$TMEP = \frac{TEMPO.TOTAL.DISPONÍVEL}{NÚMERO.DE.MANUTENÇÕES.PREVENTIVAS}$$

✓ **TMMP (Tempo Médio Para Intervenções Preventivas):**

$$TMMP = \frac{\sum TEMPO.DE.INTERVENÇÕES.PREVENTIVAS}{NÚMERO.DE.INTERVENÇÕES.PREVENTIVAS}$$

✓ **TXFO (Taxa de Falha Observada):**

$$TXFO = \frac{NÚMERO.DE.ITENS.COM.FALHA}{\sum TEMPO.ACUMULADO.DURANTE.OBSERVAÇÃO}$$

✓ **TXRP (Taxa de Reparo):**

$$TXRP = \frac{NÚMERO.DE.ITENS.COM.FALHA}{\sum TEMPO.DE.INTERVENÇÕES.CORRETIVAS}$$

✓ **NCFM (Não Conformidades de Manutenções):**

$$NCFM = \frac{\sum MANUTENÇÕES.PREVISTAS - \sum MANUTENÇÕES.EXECUTADAS}{\sum MANUTENÇÕES.PREVISTAS} \times 100$$

✓ **SCSM (Sobrecarga de Serviços de Manutenções):**

$$SCSM = \frac{\sum HORAS.SERVIÇOS.EXECUTADOS - \sum HORAS.SERVIÇOS.PREVISTOS}{\sum HORAS.SERVIÇOS.PREVISTOS} \times 100$$

✓ **ALSC (Alívio de Serviços de Manutenção):**

$$ALSC = \frac{\sum HORAS.SERVIÇOS.PREVISTOS - \sum HORAS.SERVIÇOS.EXECUTADOS}{\sum HORAS.SERVIÇOS.PREVISTOS} \times 100$$

### 4.7.3 ÍNDICES DE GESTÃO DE CUSTOS DA MANUTENÇÃO

Conceitualmente, os índices de gestão financeira da manutenção, devem abranger cinco tópicos, cada um composto de três parcelas, como mostra a Tabela 4.1. (TAVARES, 1999).

TABELA 4.1 - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DA ÁREA DE MANUTENÇÃO. (TAVARES, 1999).

COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DA ÁREA DE MANUTENÇÃO		
PESSOAL	DIRETOS	SALÁRIOS E COMISSÕES
	INDIRETOS	ENCARGOS SOCIAIS E BENEFÍCIOS (TRANSPORTE, ALIMENTAÇÃO, AUXÍLIO MÉDICO, AUXÍLIO ODONTOLÓGICO, HABITAÇÃO, RECREAÇÃO, ESPORTES, AUXÍLIO DE CAPACITAÇÃO, ETC)
	ADMINISTRATIVOS	RATEIO DE GASTOS DAS ÁREAS DE RECURSOS HUMANOS E CAPACITAÇÃO, EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE EMPREGADOS DO ÓRGÃO DE MANUTENÇÃO
MATERIAL	DIRETOS	CUSTO DE REPOSIÇÃO DE MATERIAL
	INDIRETOS	CAPITAL IMOBILIZADO, CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA, ARMAZENAGEM (INSTALAÇÕES), ÁGUA E PESSOAL DO ALMOXARIFADO
	ADMINISTRATIVOS	RATEIO DOS GASTOS DAS ÁREAS DE COMPRA E ADMINISTRAÇÃO DE MATERIAL EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OCUPAÇÃO DO PESSOAL PARA ATENDIMENTO À ÁREA DE MANUTENÇÃO
CONTRATAÇÃO	DIRETOS	CUSTOS DOS CONTRATOS (PERMANENTES E EVENTUAIS)
	INDIRETOS	UTILIDADES E SERVIÇOS UTILIZADOS POR TERCEIROS E CUSTEADOS PELA EMPRESA (TRANSPORTE, ALIMENTAÇÃO, INSTALAÇÕES, ETC)
	ADMINISTRATIVOS	RATEIO DOS GASTOS DAS ÁREAS DE ADMINISTRAÇÃO DE CONTRATOS, FINANCEIRA E CONTÁBIL EM FUNÇÃO DO ENVOLVIMENTO COM OS CONTRATOS DA ÁREA DE MANUTENÇÃO
DEPRECIAÇÃO	DIRETOS	CUSTO DE REPOSIÇÃO
	INDIRETOS	CAPITAL IMOBILIZADO
	ADMINISTRATIVOS	RATEIO DOS GASTOS DAS ÁREAS DE CONTABILIDADE, CONTROLE DE PATRIMÔNIO E COMPRA NO LEVANTAMENTO, ACOMPANHAMENTO E AQUISIÇÃO DE MÁQUINAS E FERRAMENTAS PARA A ÁREA DE MANUTENÇÃO
PERDA DE FATURAMENTO	DIRETOS	PERDA DE PRODUÇÃO
	INDIRETOS	PERDA DE MATÉRIA PRIMA, PERDA DE QUALIDADE, DEVOLUÇÃO, PROCESSOS
	ADMINISTRATIVOS	RATEIO DOS GASTOS DAS ÁREAS DE CONTROLE DE QUALIDADE, VENDAS, MARKETING E JURÍDICA EM FUNÇÃO DO ENVOLVIMENTO DEVIDO À MANUTENÇÃO

Tavares (1999) descreve que além dos dois índices de custos, apresentados como classe mundial, destacam os índices apresentados a seguir:

✓ **CCMN (Componente do Custo de Manutenção):**

$$CCMN = \frac{CUSTO.TOTAL.DA.MANUTENÇÃO}{CUSTO.TOTAL.DA.PRODUÇÃO} \times 100$$

✓ **PERC (Progresso nos Esforços de Redução de Custos):**

$$PERC = \frac{TRABALHO.EM.MANUTENÇÃO.PROGRAMADA}{TRABALHO.EM.MANUTENÇÃO.PROGRAMADA.ANTERIOR}$$

✓ **CRPP (Custo Relativo com Pessoal Próprio):**

$$CRPP = \frac{\sum GASTOS.COM.MÃO.DE.OBRA.PRÓPRIA}{CUSTO.TOTAL.DA.AREA.DE.MANUTENÇÃO} \times 100$$



✓ **CRMT (Custo Relativo de Material):**

$$CRMT = \frac{\sum GASTOS.COM.MATERIAL}{CUSTO.TOTAL.DA.AREA.DE.MANUTENÇÃO} \times 100$$

✓ **CMOE (Custo de Mão de Obra Externa):**

$$CMOE = \frac{\sum GASTOS.TOTAIS.DE.MÃO.DE.OBRA.EXTERNA}{\sum GASTOS.TOTAIS.DE.MÃO.DE.EXTERNA + MÃO.DE.OBRA.INTERNA} \times 100$$

✓ **CMRP (Custo de Manutenção em Relação a Produção):**

$$CMRP = \frac{CUSTO.TOTAL.DE.MANUTENÇÃO}{PRODUÇÃO.TOTAL.NO.PERÍODO} \times 100$$

✓ **CTTR (Custo de Treinamento):**

$$CTTR = \frac{\sum CUSTO.TREINAMENTO.PESSOAL.MANUTENÇÃO}{CUSTO.TOTAL.DE.MANUTENÇÃO} \times 100$$

✓ **IMSB (Imobilização em Sobressalentes):**

$$IMSB = \frac{\sum CAPITAL.IMOBILIZADO.EM.SOBRESSALENTES}{\sum CAPITAL.INVESTIDO.EM.EQUIPAMENTO} \times 100$$

✓ **CMVD (Custo de Manutenção por Valor de Venda):**

$$CMVD = \frac{\sum CUSTO.TOTAL.DE.MANUTENÇÃO.ACUMULADO.DO.ITEM}{VALOR.DE.VENDA.DO.ITEM} \times 100$$

✓ **CG (Custo Global):**

$$CG = VALOR.DE.REPOSIÇÃO - (VALOR.DE.VENDA + CUSTO.TOTAL.MANUTENÇÃO)$$

#### 4.7.4 ÍNDICES DE GESTÃO DA MÃO DE OBRA DA MANUTENÇÃO

Segundo Tavares (1999) todos os mecanismos de controle de mão-de-obra devem ser orientados no sentido de se obter o maior aproveitamento dos recursos humanos disponíveis como um todo, bem como propiciar ao pessoal mais segurança e satisfação no desempenho de suas atribuições.

O autor descreve também como os índices de gerência de equipamentos e de gerência de custos, os resultados produzidos devem ser sucintos e objetivos para facilitar a análise que nunca deve ser omitida.

Dentre os índices de manutenção que se referem à mão-de-obra destaca-se (TAVARES, 1999):

✓ ***TBMP (Trabalho em Manutenção Programada):***

$$TBMP = \frac{\sum HOMEM.HORA.GASTO.EM.MANUTENÇÃO.PROGRAMADA}{HOMEM.HORA.DISPONÍVEL} \times 100$$

#### 4.8 BENEFÍCIOS DA MANUTENÇÃO

Os benefícios de uma manutenção bem gerenciada podem ser:

- ✓ ***Segurança melhorada:*** Instalações bem mantidas têm pouca probabilidade de se comportar de forma não previsível ou não padronizada.
- ✓ ***Confiabilidade aumentada:*** Baixa frequência de falhas conduz a menores interrupções das atividades normais de produção.
- ✓ ***Qualidade maior:*** Instalações bem cuidadas têm pouca possibilidade de afetar a qualidade do produto, por ocasião de sua fabricação.

- ✓ **Custos de operações mais baixos:** Os processos funcionam de forma mais eficiente quando recebem manutenção forma sistemática.
- ✓ **Tempo de vida mais longo:** Cuidados regulares, limpeza e lubrificação podem prolongar a vida efetiva dos ativos.
- ✓ **Valor final mais alto:** Ativos bem conservados recebem melhores preços no mercado de segunda mão.

## 4.9 MCC – MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

Pinto e Xavier (2001) alegam que confiabilidade é a probabilidade de um equipamento cumprir sua missão sob dadas condições operacionais, em um intervalo de tempo estabelecido. Assim:

- A confiabilidade é a probabilidade estatística de não ocorrer falhas, de um determinado tipo, para certa missão com um nível dado de confiança.
- Cumprir a missão é o mesmo que realizar o serviço esperado.
- Condições operacionais dadas são aquelas as quais o equipamento está submetido. Um mesmo ativo funcionando em condições operacionais diferentes apresentará confiabilidade distintas.
- O período de tempo estabelecido para que o equipamento cumpra a sua missão é fundamental, uma vez que a confiabilidade varia com o tempo.

Para os autores todo ativo é projetado segundo a função básica que irá desempenhar e nestas condições é possível reconhecer dois tipos de desempenho relacionado com o ativo. O primeiro é o desempenho inerente que o equipamento é capaz de fornecer. O segundo é o desempenho requerido que se quer obter do ativo. O trabalho básico da manutenção é restaurar o desempenho inerente do equipamento. Assim, quando um dado ativo não apresenta o desempenho previsto, o termo falha é utilizado para caracterizar essa situação.

Portanto, quanto maior o número de falhas, menor a confiabilidade do equipamento. Quanto maior a confiabilidade, os resultados para o usuário do ativo também serão melhores. Entretanto, o lado financeiro da confiabilidade precisa ser levado em consideração. A Figura 4.5 mostra os custos de manutenção e de produção como dependentes da confiabilidade. (PINTO; XAVIER, 2001).

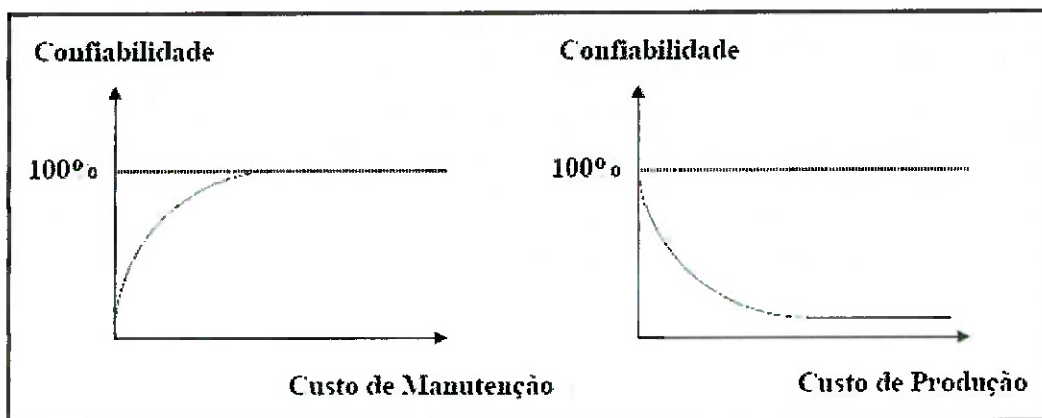


FIGURA 4.5 - CONFIABILIDADE X CUSTOS. (PINTO; XAVIER, 2001)

Pinto e Xavier (2001) acrescentam que a confiabilidade de um equipamento e seus componentes pode ser expressa pela seguinte equação:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

onde:

- ✓  $R(t)$  = Probabilidade de sobrevivência ou confiabilidade;
- ✓  $F(t)$  = Função densidade de probabilidade de falha;
- ✓  $t$  = Tempo previsto de operação;

A taxa de falhas e a confiabilidade são diferentes formas para medir falhas. Na verdade medem a tendência de uma produção, ou parte dela, de incorrer falha. A taxa de falha mede a frequência da ocorrência da falha e a confiabilidade, a probabilidade de uma falha ocorrer. Assim a taxa de falhas ( $\lambda$ ) pode ser definida a partir da porcentagem do número total de produtos testados, ou como o número total de falhas ocorridas em um dado tempo de operação. (ROSA, 2006).

$$\lambda = \frac{NÚMERO.DE.FALHAS}{NÚMERO.TOTAL.DE.PRODUTOS.TESTADOS} \times 100$$

OU

$$\lambda = \frac{NÚMERO.DE.FALHAS}{TEMPO.TOTAL.DE.OPERACÃO}$$

Uma medida alternativa de falhas, através do tempo médio do bom funcionamento do equipamento, conhecido com TMEF (Tempo Médio Entre Falhas) é o recíproco da taxa de falhas, com mostra a expressão:

$$TMEF = \frac{1}{\lambda} = \frac{TEMPO.DE.OPERACÃO}{NÚMERO.DE.FALHAS}$$

Segundo Rosa (2006) pelo que se pode observar, o TMEF sinaliza a frequência de falhas no ativo. Quanto maior o TMEF, tanto menor será a taxa de falhas e, por conseguinte, maior também será a confiabilidade do equipamento, ou seja, a confiabilidade mede a habilidade de desempenho de um ativo em funcionar da forma como se espera deles, ao longo do tempo. Os componentes de um ativo são tão interdependentes e, nestas condições, uma pane em um componente individual pode causar a falha de todo o sistema. Assim, a confiabilidade do equipamento é dependente da confiabilidade dos componentes e será tanto menor quanto maior for o número de seus componentes interdependentes.

Pinto e Xavier (2001) descrevem que a maioria dos componentes de um ativo tem probabilidades de falhas diferentes em diferentes etapas de sua vida útil. A curva que descreve a probabilidade em função do tempo é denominada de curva característica de vida de equipamentos ou de curva da banheira, tendo em vista a sua forma com mostra a Figura 4.6.

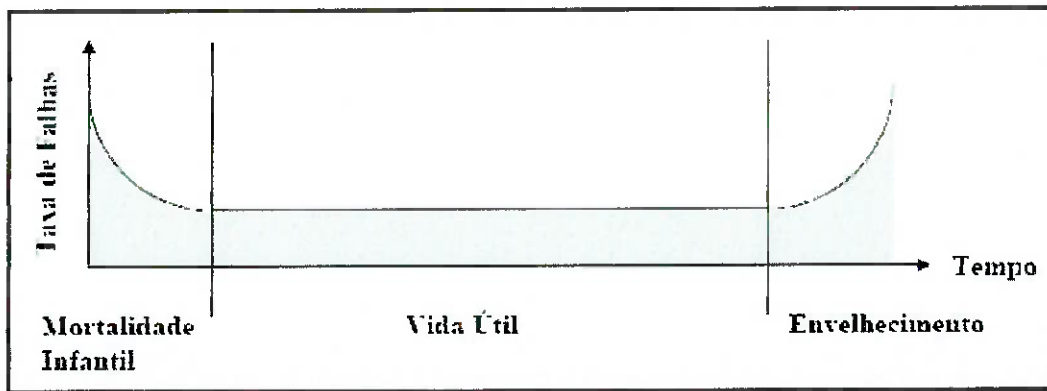


FIGURA 4.6 - CURVA DA BANHEIRA. (PINTO; XAVIER, 2001).

Segundo Pinto e Xavier (2001) a curva da banheira apresenta três períodos distintos:

- ✓ **MORTALIDADE INFANTIL:** Há grande incidência de falhas causadas por componentes com defeitos de fabricação, deficiências de projeto ou oriundas de deficiências de instalação.
- ✓ **VIDA ÚTIL:** Quando a taxa de falhas normalmente é baixa, razoavelmente constante ao longo do tempo e causada por fatores aleatórios normais. Isto é, a ocorrência de falhas é decorrente de fatores menos controláveis, como fadiga ou corrosão acelerada, fruto das interações dos materiais com o meio.
- ✓ **ENVELHECIMENTO:** Há um aumento sensível na taxa de falhas, decorrente do desgaste natural e será tanto maior quanto mais o tempo passar.

Os autores afirmam que esta curva foi considerada por muito tempo, como padrão do comportamento de equipamento e sistemas. Entretanto em função da evolução dos estudos sobre confiabilidade e avanços da própria MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade), foram adotados seis diferentes curvas para caracterizar a vida dos equipamentos. Tais curvas são apresentadas na Figura 4.7.

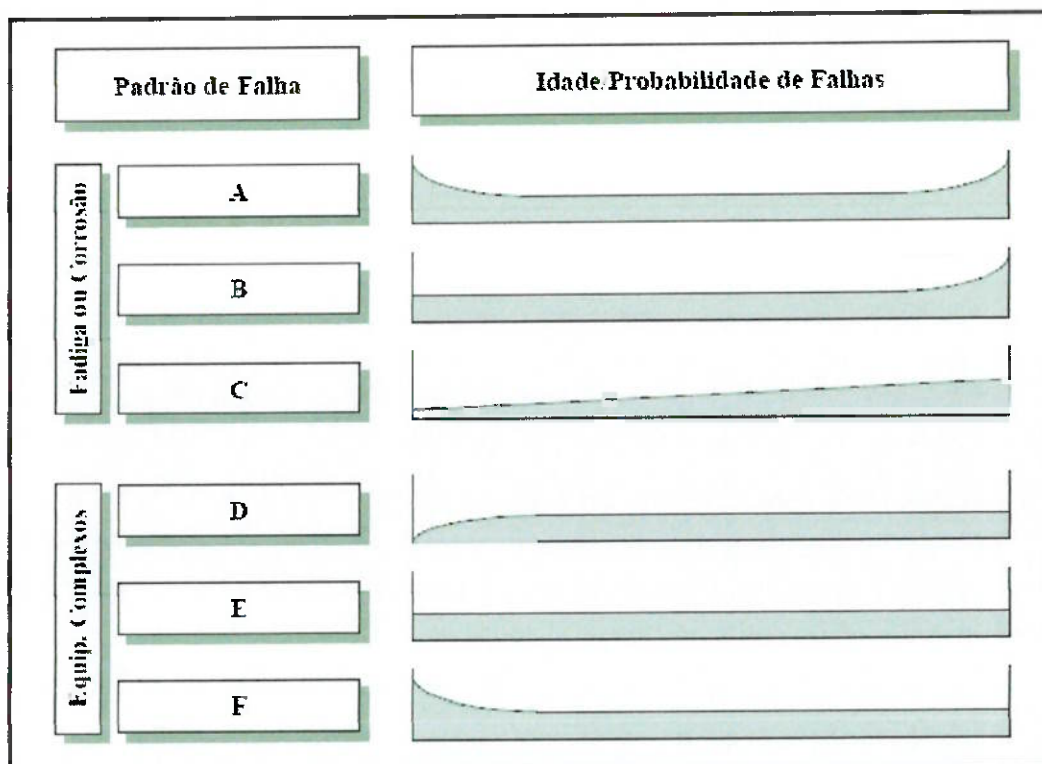


FIGURA 4.7 - CURVAS DAS PROBABILIDADES DE FALHAS. (PINTO; XAVIER, 2001).

Rosa (2006) descreve que a análise das curvas indica que:

- O padrão A é o da curva da banheira. Há uma elevada ocorrência de falhas no início da operação do ativo (mortalidade infantil ou falhas de início de funcionamento), seguida de uma frequência de falha constante e um aumento da probabilidade de falha devido ao envelhecimento ou desgaste do equipamento.
- O padrão B apresenta probabilidade constante de falha seguida de uma zona de desgaste no final da vida útil do equipamento.
- O padrão C tem um aumento gradual e lento na taxa de falhas e não há uma idade definida ou claramente identificada para o desgaste.
- O padrão D indica uma baixa probabilidade de falha no início de operação do equipamento, seguida de um rápido acréscimo até atingir um patamar de taxa de falhas constante.
- O padrão E indica probabilidade de falha constante em qualquer idade do equipamento.

- O padrão F apresenta alta mortalidade infantil para o início da operação, para cair em uma situação de probabilidade de falha constante para as outras idades.

Os padrões A, B e C representam falhas típicas por fadiga ou corrosão, enquanto que os padrões D, E e F representam falhas típicas de ativos complexos, tais como equipamentos hidráulicos e eletrônicos. (Rosa, 2006)

#### 4.9.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA – DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL

O modelo de Weibull é amplamente utilizado para descrever o tempo de vida de sistemas formados por vários componentes cuja falha ocorre quando um primeiro componente falhar, ou ainda como uma corrente que falha como um todo se um de seus elos falharem.

Outro motivo pela preferência por este modelo em aplicações práticas, é o fato da distribuição de Weibull ser bastante flexível na descrição de processos aleatórios e permitir grande variedade de formas, sendo que todas apresentam uma propriedade básica, que é a função de taxa de falha monotônica, podendo ser decrescente, constante ou crescente, sendo a única distribuição de probabilidade, dentre as analisadas, que pode ser utilizada na descrição de processos que correspondem aos três períodos da curva da banheira.

Gondim e Duarte (2005) afirmam que as principais equações que caracterizam a distribuição de Weibull são:

A função de densidade da distribuição de Weibull é dada por:

$$f(t) = \beta \eta^{-\beta} (t - t_0) \cdot \exp \left[ - \left( \frac{t - t_0}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$



A variância da distribuição é dada por:

$$\sigma^2 = \eta^2 \cdot \left[ \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \left[ \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]^2 \right]$$

A probabilidade de um item falhar em um intervalo de tem t é dada por:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^\beta\right]$$

Tanto o parâmetro de forma  $\beta$  como o de escala  $\eta$  são positivos, contudo  $\eta$  apresenta a mesma unidade de t, enquanto o  $\beta$  não tem unidade.

Pinto e Xavier (2001) alegam que a representação gráfica da distribuição Weibull para valores de  $\beta < 1$  a função densidade de probabilidade é decrescente para um aumento da magnitude de t, para valores de  $\beta = 1$  a distribuição de Weibull é a própria distribuição exponencial e para valores de  $\beta > 1$  a curva da função densidade de probabilidade apresenta picos bem definidos. Para valores de  $\beta = 3,44$  a distribuição de Weibull aproxima-se da distribuição normal (mediana=média).

A função confiabilidade é dada por:

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp\left[-\left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^\beta\right]$$

Onde, para as equações apresentadas na distribuição de Weibull são:

$t_0$  = Vida mínima, intervalo de tempo que o equipamento não apresenta falhas

$\eta$  = Vida característica, intervalo de tempo ente  $t_0$  e t no qual ocorrem 63,2% das falhas.

$\beta$  = Fatos de forma, indica a forma da curva e as características das falhas.

A Figura 4.8, mostra a influência do parâmetro  $\beta$  na confiabilidade de um equipamento, em função do tempo.

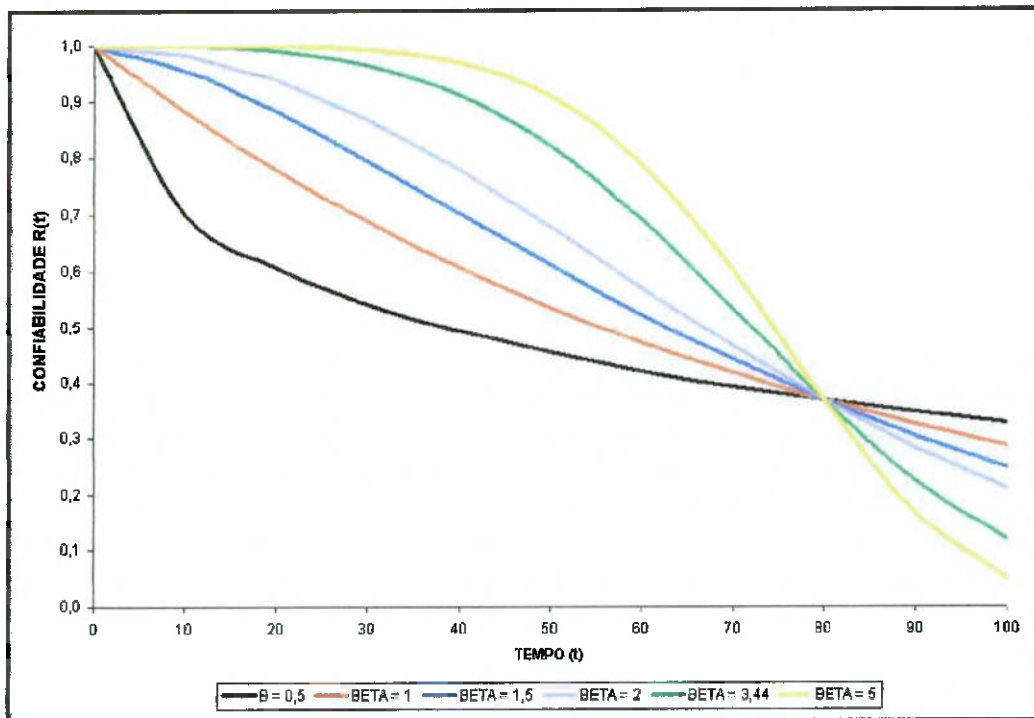


FIGURA 4.8 - INFLUENCIA DO PARAMETRO  $\beta$  NA CONFIABILIDADE. (RODRIGUES, 2006).

Segundo Pinto e Xavier (2001) teoricamente,  $\beta$  pode assumir valores entre zero até infinito, mas na prática é pouco provável encontrar valores menores que 0,2 ou maiores que 10.

Os autores descrevem também que o parâmetro  $\beta$ , quando aplicado à confiabilidade dos componentes de um ativo, pode representar as possíveis causas pelas qual o equipamento está falhando, ou seja.

- ✓  $\beta < 1$ : Tem-se falhas do tipo início de funcionamento do ativo, falhas do tipo mortalidade infantil e/ou falhas prematuras.
- ✓  $\beta = 1$ : Tem-se falhas do tipo aleatórias, ou falhas que não dependem do tempo de uso da máquina e/ou do processo de trabalho, para ocorrerem.
- ✓  $\beta > 1$ : Tem-se falhas que dependem do tempo de uso da máquina, falhas do tipo fim de vida econômica, fim de vida útil, obsolescência.

- ✓  **$1,5 < \beta < 2,5$** : Tem-se falhas por fenômeno de fadiga.
- ✓  **$3 < \beta < 4$** : Tem-se falhas por desgaste, de corrosão ou de ultrapassagem de um patamar de deformação plástica.
- ✓  **$1,0 < \beta < 4$** : Implica em desgaste prematuro e estas falhas ocorrem dentro da vida projetada e muitas vezes ocorrem surpresas desagradáveis, e mecanicamente as falhas que caem nesta classe são: fadiga em baixos ciclos, a maior parte das falhas de mancais, erosão e corrosão. Nestes casos a revisão ou substituição de peças deve ser feita onde à chance de falha for tal que a troca seja efetiva em custo. Se o risco da falha produzir condições de risco grave, a substituição deve ser feita mais cedo.
- ✓  **$\beta > 4$** : Implica em idade avançada ou fim de vida, com desgaste rápido a partir de certo ponto ou tempo de uso, onde a falha típica é por corrosão, por fadiga, por variação e/ou perda das propriedades físicas e/ou químicas dos materiais, material com revestimento de cerâmica, erosão e/ou fratura sem deformação plástica prévia.

Quanto maior for  $\beta$ , mais rápida será a falha dos componentes e consequentemente do ativo. Se  $\beta$  tender a infinito tem-se todas as quebras ou falhas em um intervalo de tempo que tende a zero. Isto quer dizer que em um dado momento tem-se todas as máquinas trabalhando bem, e em um pequeno instante a mais todas terão falhado. (PINTO; XAVIER, 2001).

#### 4.9.2 CUSTOS E TEMPO ÓTIMO PARA MANUTENÇÕES

Uma vez aplicado o estudo estatístico, por meio da distribuição de Weibul, para análise da confiabilidade do processo, é possível estimar o tempo ótimo para

realização das manutenções e com os menores custos possíveis, utilizando-se os parâmetros  $\beta$  e  $\eta$ .

Mas para isso, devemos conhecer também os custos reais para a execução das manutenções preventivas e corretivas, que podem ser obtidas pelos seguintes fatores (SELLITO; BORCHARD; ARAÚJO, 2002):

- Manutenção corretiva = Custo do item (Mão de obra + Materiais) + Perda de produção =  $C_e + C_{pp} = C_{em}$
  - Manutenção preventiva = Custo do item (Mão de obra + Materiais) =  $C_e$
- ✓ **Estratégia 1:** Trabalhar até a falha e efetuar manutenção corretiva.

$$C_1 = \frac{C_{em}}{MTBF}, \text{ onde MTBF é o MTBF do item.}$$

- ✓ **Estratégia 2:** Trabalhar até o tempo ótimo de preventiva.

$$C_2 = \frac{(C_e + C_{pp} \cdot (1 - R(T_p)))}{MTBF_{T_p}}; MTBF_{T_p} \text{ considera troca do item em } T_p.$$

Com isso:

- Se não existir  $T_p$  tal que  $\frac{C_2 \cdot (T_p)}{C_1} < 1$ , a estratégia 1 prevalece.
- Se existir  $T_p$  tal que  $\frac{C_2 \cdot (T_p)}{C_1} < 1$ , a estratégia 2 prevalece.

Portanto:

$$\text{Se, } \frac{C_2}{C_1} < \frac{1}{2} \left[ 1 - \left( \frac{\sigma}{MTBF - t_0} \right)^2 \right], \text{ existe } T_p \text{ calculado por: } T_p = t_0 + \eta \cdot \left[ \frac{C_2}{C_1} \cdot \left( \frac{1}{\beta - 1} \right) \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

## CAPÍTULO 5

## 5 LEAN SIX SIGMA

## 5.1 LEAN MANUFACTURING

É uma filosofia de gestão focada na redução dos oito tipos de desperdícios (superprodução, transporte, estoques, esperas, processamento, reparos, movimentação, intelectual). Eliminando esses desperdícios, a qualidade melhora e o tempo e custo de produção diminuem. As ferramentas "*lean*" incluem processos contínuos de análise (kaizen), produção "pull" (no sentido de kanban) e elementos / processos à prova de falhas (Poka-Yoke).

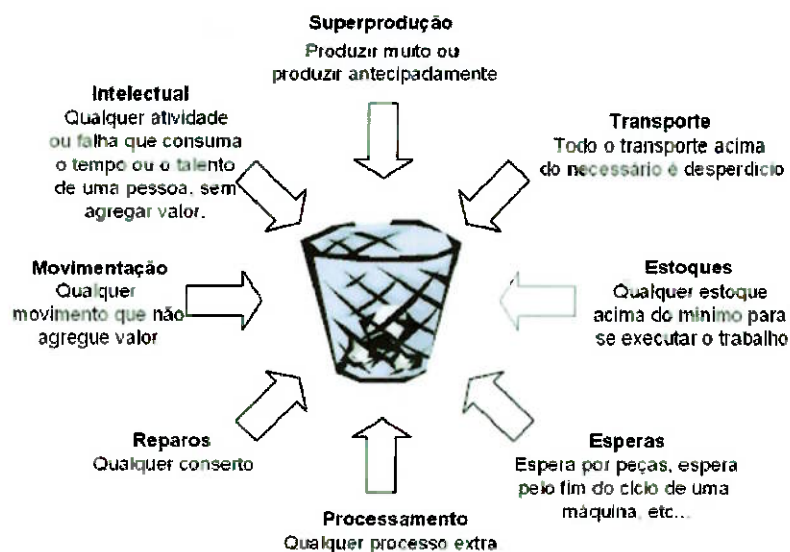


FIGURA 5.1 - OITO TIPOS DE DESPERDÍCIOS INDUSTRIAIS. (SETA DESENVOLVIMENTO GERENCIAL, 2008)

Os consultores da empresa Seta Desenvolvimento Gerencial (2008) mencionam que os pontos-chave do lean manufacturing são:

- ✓ **Qualidade total imediata:** Ir em busca do "zero defeito", e detecção e solução dos problemas em sua origem.
- ✓ **Minimização do desperdício:** Eliminação de todas as atividades que não têm valor agregado e redes de segurança, otimização do uso dos recursos escassos (capital, pessoas e espaço).
- ✓ **Melhoria contínua:** Redução de custos, melhoria da qualidade, aumento da produtividade e compartilhamento da informação.
- ✓ **Processos "pull":** Os produtos são puxados pelo cliente final, e não empurrados para o fim da cadeia de produção.
- ✓ **Flexibilidade:** Produzir rapidamente diferentes lotes de grande variedade de produtos, sem comprometer a eficiência devido a volumes menores de produção.
- ✓ **Construção e manutenção de uma relação à longo prazo:** Com os fornecedores tomando acordos para compartilhar o risco, os custos e a informação.

"Lean manufacturing" é basicamente tudo o que concerne à obtenção dos materiais corretos no local correto, na quantidade correta, minimizando o desperdício, sendo flexível e estando aberto a mudanças.

### 5.1.1 FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING

Quando as ferramentas trabalharem integradas umas com as outras, teremos um sistema, com apresenta a Figura 5.2. Quando o sistema for praticado e defendido por todas as pessoas da organização teremos uma cultura. (SETA DESENVOLVIMENTO GERENCIAL, 2008).

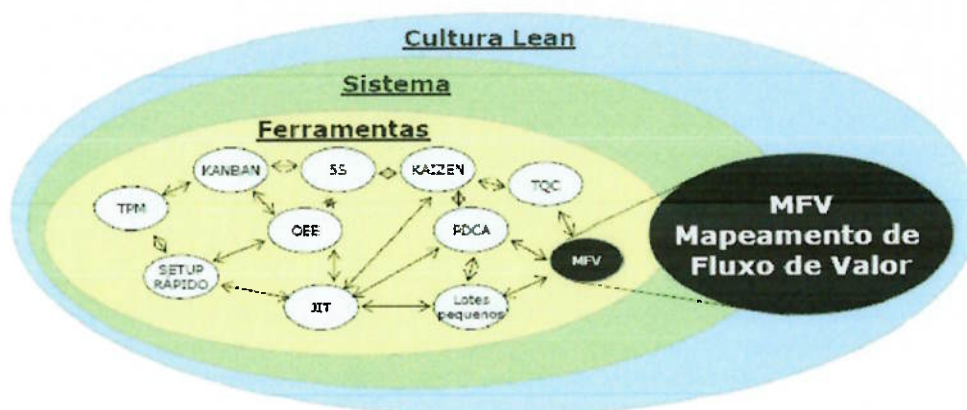


FIGURA 5.2 - PRINCIPAIS FERRAMENTAS DO "LEAN MANUFACTURING". (SETA DESENVOLVIMENTO GERENCIAL, 2008)

## 5.2 SIX SIGMA

O princípio fundamental do "Six Sigma" é o de reduzir de forma contínua a variação nos processos, eliminando defeitos ou falhas nos produtos e serviços.

A qualidade não é vista pelo "Six Sigma" na sua forma tradicional, isto é, a simples conformidade com normas e requisitos da organização. Ele a define como o valor agregado por um amplo esforço de produção com a finalidade de atingir objetivos definidos na estratégia organizacional.

Este nível de qualidade, conforme a metodologia "Six Sigma" somente é possível com o estudo do comportamento dos processos, como mostra a Figura 5.3.

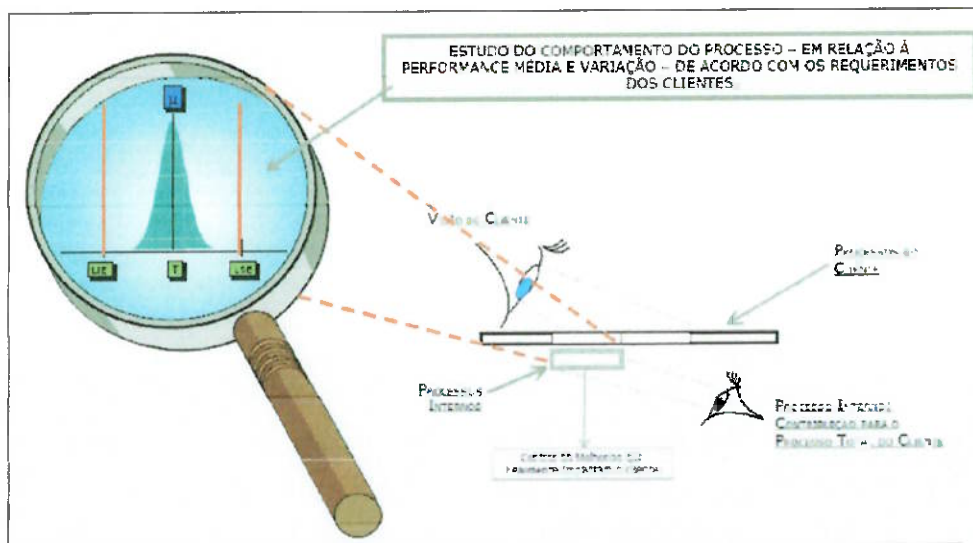


FIGURA 5.3 - OBJETIVOS DO "SIX SIGMA". (SETA DESENVOLVIMENTO GERENCIAL, 2008)

Os programas "Six Sigma" é visto como uma prática de gestão voltada para melhorar a lucratividade de qualquer empresa, independentemente do seu porte. Atualmente, o Seis Sigma tem a finalidade de aumentar a participação de mercado, reduzir custos e otimizar as operações da empresa que o utiliza.

O "Six Sigma" contempla características de outros modelos de qualidade, tais como (SETA DESENVOLVIMENTO GERENCIAL, 2008):

- ✓ Ênfase no controle da qualidade;
- ✓ Análise e solução de problemas;
- ✓ Uso sistemático de ferramentas estatísticas;
- ✓ Utilização do DMAIC (define-measure-analyse-improve-control) e do PDCA (plan-do-check-action);

O diferencial do "Six Sigma" está na forma de aplicação estruturada dessas ferramentas e procedimentos e na sua integração com as metas e os objetivos da organização como um todo, fazendo com que a participação e o comprometimento de todos os níveis e funções da organização se tornem um fator-chave para o êxito de sua implantação. Também atuam como fatores-chave o compromisso da alta administração, uma atitude pró-ativa dos envolvidos no programa, e sistematização na busca da satisfação das necessidades e dos objetivos dos clientes e da própria organização.



Além disso, o “*Six Sigma*” prioriza a escolha do pessoal que irá se envolver na implantação e aplicação do programa de forma criteriosa, além do treinamento e da formação das equipes para a seleção, implementação, condução e avaliação dos resultados obtidos com os projetos executados, que são a base de sustentação do programa.

### 5.2.1 METODOLOGIA SIX SIGMA

Os consultores da empresa Seta Desenvolvimento Gerencial (2008) descrevem que a metodologia D-E-M-A-I-C, utilizada nos programas “Six Sigma”, constitui-se na aplicação estruturada, como mostra a Figura 5.4, das fases de Definição, Medição, Análise, Melhoria e Controle, voltas para os processos e/ou produtos, os quais se desejam melhorar.

<i>Definição</i>	1. Qual processo será melhorado ?
<i>Medição</i>	2. Qual é frequência dos defeitos ?
<i>Análise</i>	3. Quando e onde ocorrem os defeitos ?
<i>Melhoria</i>	4. Como podemos corrigir o processo ?
<i>Controle</i>	5. Como podemos manter o processo correto ?

FIGURA 5.4 - METODOLOGIA D-M-A-I-C. (SETA DESENVOLVIMENTO GERENCIAL, 2008).

### 5.3 LEAN SIX SIGMA

Duas iniciativas com ferramentas e metodologias que se completam perfeitamente, as quais podem e devem ser combinadas para uma melhor análise do processo.

A Figura 5.5 apresenta de forma resumida o escopo, o objetivo e as etapas das metodologias “*Lean Manufacturing*” e “*Six Sigma*” e quando associadas em uma só metodologia, “*Lean Six Sigma*”, podem fornecer análises profundas com ferramentas avançadas, dos processos envolvidos, em curto prazo, com ações simples, eliminando os desperdícios, com impactos financeiros (redução de custos) e com etapas de implantação muito bem estruturadas



FIGURA 5.5 - INICIATIVAS “*LEAN SIX SIGMA*”. (SETA DESENVOLVIMENTO GERENCIAL, 2008).

## CAPÍTULO 6

### 6 ESTUDO DE CASO

O presente capítulo mostra os aspectos relevantes do tema do trabalho proposto. Apresenta a empresa que possibilitou o estudo de caso, os dados dos componentes do ativo a ser analisado, as análises dos dados obtidos e as sugestões de ações, para implementação projeto proposto.

#### 6.1 A EMPRESA

Desde a inauguração de sua fábrica em 4 de junho de 1995, a Companhia Alumil (nome fictício) trilha uma trajetória de sucesso, marcada pelo pioneirismo, inovações tecnológicas e responsabilidade sócio-ambiental. Apresentando, ao longo de mais de 50 anos, um crescimento médio anual de 10%, é a segunda maior produtora brasileira do metal, com 475 mil toneladas/ano de alumínio primário.

Posicionada entre as maiores empresas mundiais do setor, é a maior planta do mundo a operar de forma totalmente verticalizada, realizando, num mesmo local, desde o processamento da bauxita até a fabricação de produtos (lingotes, tarugos, vergalhões, placas, bobinas, chapas, folhas, perfis, telhas e cabos).

Seus produtos são sinônimos de qualidade nos mercados nacional e internacional. Todos possuem, desde 1997, o certificado internacional de qualidade ISO 9001.

Além de ter uma forte atuação no mercado interno nos segmentos de construção civil, fios e cabos para transmissão de energia elétrica, embalagens, bens de consumo e transportes, a empresa destina cerca de 40% de sua produção para o mercado externo, principalmente para a América do Norte.

Dentre os diferenciais está a autogeração de energia elétrica, um dos principais e mais caros insumos empregados na fabricação de alumínio. Enquanto

ela produz, no mínimo, 60% da energia elétrica que consome, por meio de suas 18 usinas hidrelétricas, a média mundial do setor é de 28%. Outro destaque é a auto-suficiência em bauxita, minério a partir do qual o alumínio é produzido.

## 6.2 PRODUTOS

### 6.2.1 PRODUTOS TRANSFORMADOS

A unidade de transformação ou de produtos transformados, combina aplicações das mais sofisticadas e avançadas tecnologias e equipamentos de última geração. Nessa unidade são produzidos cabos, chapas e bobinas, folhas de alumínio, extrudados e telhas, como apresenta a Figura 6.1.



FIGURA 6.1 - PRODUTOS TRANSFORMADOS. (<http://www.aluminiocba.com.br>, 2008).

### 6.2.2 PRODUTOS FUNDIDOS

A unidade de fundição produz, diariamente, em torno de 1,3 mil toneladas, em uma média mensal de 40 mil toneladas. Dentre as matérias primas utilizadas estão o

alumínio primário, proveniente das salas de redução, e o material de retorno de processo (sucatas de processo), como mostra a Figura 6.2.



FIGURA 6.2 - PRODUTOS FUNDIDOS. (<http://www.aluminiocba.com.br>, 2008).

### 6.3 SEGMENTOS

Embora muitas vezes não percebamos, o alumínio está presente em grande parte dos materiais que utilizamos em nosso cotidiano. É por ser um metal durável, leve, resistente à corrosão, bom condutor térmico e elétrico, enfim, por ser extremamente versátil que podemos facilmente encontrar sua aplicação em diversos setores da indústria, que vão desde a fabricação de portas e janelas, embalagens, pisos e carrocerias de ônibus até a confecção de cabos para transmissão de energia elétrica.

A empresa tem atuado fortemente na melhoria da qualidade de seus produtos e por isso o alumínio está cada vez mais presente na vida das pessoas.

- ✓ **TRANSPORTES:** O alumínio traz leveza e boa aparência aos transportes. De bicicletas a caminhões, o alumínio confere maior qualidade e maior durabilidade a veículos de todos os portes.

- ✓ **EMBALAGENS:** Garantia total de integridade aos produtos embalados e controle rigoroso de qualidade estão entre os fatores que levam fabricantes de embalagens a escolher o alumínio da empresa.
- ✓ **ELETRECIDADE:** Os cabos estão espalhados pelo Brasil e pelo mundo, numa rede de milhares de quilômetros, levando energia a lares e empresas, com qualidade e eficiência.
- ✓ **CONSTRUÇÃO CIVIL:** Assistência técnica permanente e qualidade que vai do minério ao atendimento, são os diferenciais que a empresa oferece para colocar seu projeto um passo à frente da concorrência.
- ✓ **BENS DE CONSUMO:** A empresa está cada vez mais próxima das pessoas. É muito provável que, neste momento, haja pelo menos um objeto próximo a você, construído com alumínio da empresa.

## 6.4 O PROCESSO

O processo, o qual o ativo a ser estudado compõe, refere-se à laminação a frio, onde se iniciam as preparações de chapas e folhas de alumínio, produzidas a partir de bobinas caster, provenientes do processo de fundição. Estas preparações são realizadas por meio de um laminador desbastador, onde as bobinas de alumínio são processadas a fim de adquirir as propriedades mecânicas necessárias para os demais processos, como a redução de espessura e as resistências mecânicas necessárias.

Geralmente as espessuras das bobinas, na entrada do laminador, provenientes do processo caster, iniciam-se com aproximadamente seis milímetros e podem ser reduzidas, por meio do laminador desbastador, com passes de redução de até cinquenta por cento da espessura de entrada, podendo chegar à espessura de setenta e cinco micras e com os mais variados tipos de ligas, compondo suas resistências mecânicas.

Os itens mais importantes para controle de qualidade dos produtos, na saída do laminador, referem-se à planicidade, espessura, largura, arranhados, manchas e trincas. Estes itens dependem do bom funcionamento dos diversos grupos de dispositivos e componentes do laminador.

## 6.5 O ATIVO

Como já mencionado, o ativo a ser analisado é de um laminador desbastador, o qual é composto por grupos de dispositivos e/ou componentes, que em conjunto formam o processo de laminação e preparação de chapas e folhas de alumínio, como mostra a Figura 6.3. Estes grupos de dispositivos são compostos por:

- ✓ **ESTAÇÃO DE PREPARAÇÃO:** É formado por um conjunto de equipamentos e dispositivos, que tem por finalidade a preparação inicial das bobinas, para sejam introduzidas no laminador.
- ✓ **ENTRADA:** Composto por equipamentos e dispositivos a fim de posicionar, desbobinar e introduzir as bobinas, processadas ou não pelo laminador.
- ✓ **GAIOLA:** É constituída por equipamentos e dispositivos que proporcionam as características mecânicas necessárias para o produto.
- ✓ **SAÍDA:** Composto por equipamentos e dispositivos a fim de posicionar, bobinar e retirar as bobinas processadas pelo laminador.
- ✓ **AUXILIARES:** Composto por unidades hidráulicas, unidades pneumáticas, sistema anti-incêndio, esteiras de transporte (*conveyor*) e sistemas de controle, as quais proporcionam os acionamentos dos dispositivos e garantem a segurança do equipamento.



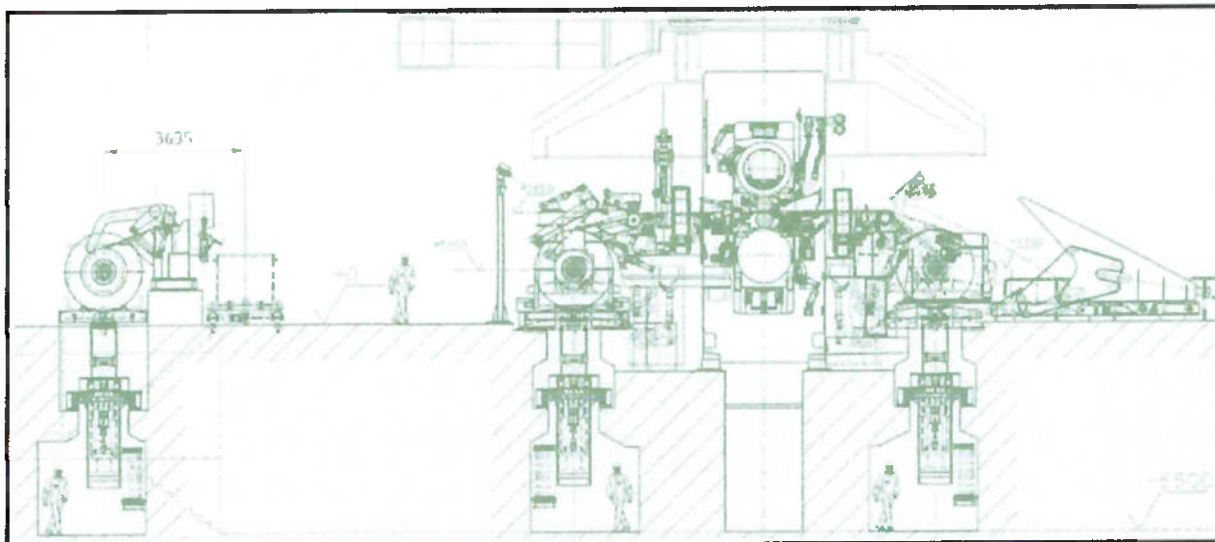


FIGURA 6.3 - LAMINADOR DESBASTADOR. (COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMÍNIO, 2006).

## 6.6 O DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO

O departamento de manutenção pode ser definido como a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida, ou seja, realizar tudo que for necessário para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado e em um nível de desempenho exigido, podendo também propiciar melhorias nos ativos e processos de manufatura a fim de aumentar a competitividade da empresa.

### 6.6.1 FUNÇÕES DA MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção possuem um escopo muito abrangente e para que se possa atuar com tal abrangência existem divisões no departamento a fim de distribuir as diversas responsabilidades e gerencia-las de maneira a promover diferentes estratégias para as mesmas.



Cada divisão, conhecida como centros de trabalho, como mostra a Figura 6.4, deve fornecer apoio às demais, como auxílio no tratamento de falhas dos equipamentos, padronizações das manutenções, planejamentos das manutenções, gestão de peças reservas e almoxarifado, orçamentos e gestão de custos da manutenção, treinamento, definição de metas e estratégias, controle de utilização de recursos de materiais e mão de obra, atualização do sistema de informações e sistema corporativo (SAP – Módulo PM), apoio às área de segurança do trabalho, saúde e meio ambiente, gestão de contratos e terceirização de manutenções, apoio às expansões industriais, especificações de componentes e dispositivos para manutenção e manufatura, melhorias de processos e equipamentos, etc.

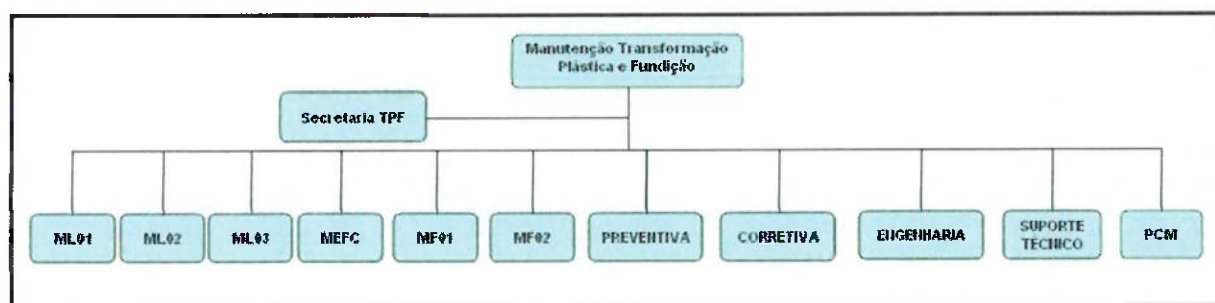


FIGURA 6.4 - CENTROS DE TRABALHO DA MANUTENÇÃO.

## 6.6.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A gestão das atividades de manutenção dar-se-á por relatórios gerenciais, os quais são gerados e armazenados por meio de um sistema de informações, de forma a facilitar a avaliação das atividades, metas, índices, custos, recursos materiais e mão de obra, segurança e desempenho. Por meio deste sistema de informações é possível também obter dados e relatórios das mais diversas áreas da empresa, como segurança industrial, qualidade, processo, planejamento de produção e manufatura.

Estes relatórios são formados por tabelas, índices e gráficos específicos, a fim de possibilitar o fácil entendimento aos diversos níveis gerenciais.

### 6.6.3 POLÍTICAS E ESTRATÉGIAS DA MANUTENÇÃO

O departamento de manutenção tem como estratégia a gestão à vista, ou seja, exposição de relatórios em quadros de avisos, alocados nas áreas produtivas contendo os valores das metas e os índices de gestão do departamento de manutenção. Todas as informações disponíveis nestes quadros têm como base as políticas de manutenção, como mostra a Figura 6.5.

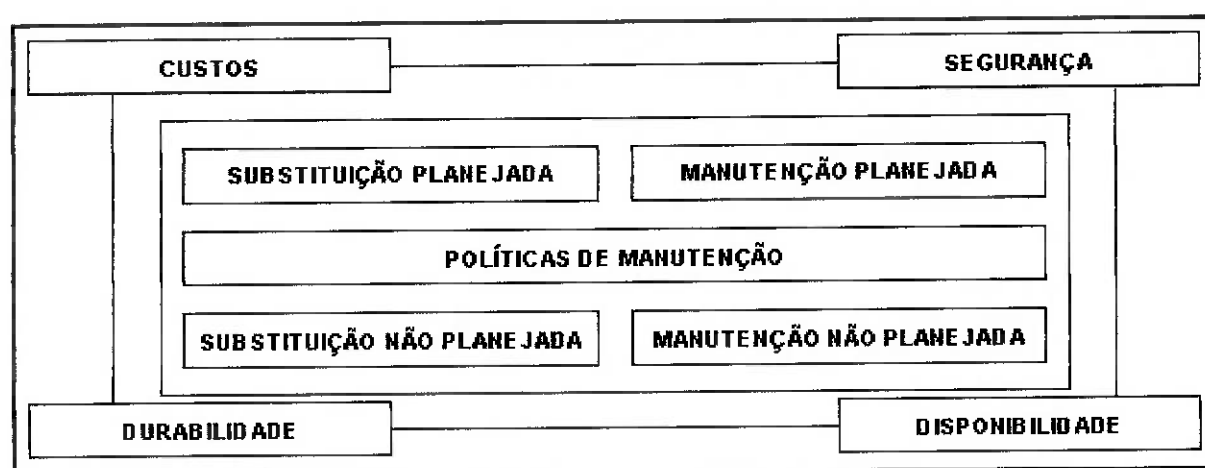


FIGURA 6.5 - POLÍTICAS E ESTRATÉGIAS DA MANUTENÇÃO ATUAL

Como se nota, os itens de maiores impactos e que são utilizados como pilares são a gestão de custos, segurança, disponibilidade e durabilidade.

### 6.6.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

As manutenções preventivas são realizadas com periodicidades pré-estabelecidas e baseadas no tempo e são realizadas por uma equipe específica para este tipo de manutenção.

Devido ao equipamento estar em atividade há apenas dois anos, os planos de manutenções preventivas foram elaborados conforme recomendações do fabricante e também conforme experiências obtidas ao longo dos anos com outros tipos de ativos da mesma categoria.

Estes tipos de manutenções são realizadas por meio de ordens de manutenções, geradas por meio do software de gestão de manutenção, SAP R3 / Módulo PM, conhecidas como PL01 (ordem planejada para manutenção preventiva), e originam-se do departamento de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM).

#### 6.6.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA

As manutenções preditivas são realizadas apenas nos itens nos quais é impossível a realização de termografia, análises de óleos e análises de vibração, porém apenas nos dispositivos considerados críticos para os equipamentos, ou seja, aqueles que podem gerar maiores tempos de paradas e altos custos de manutenção.

Devido à equipe de manutenção não possuir conhecimento suficiente sobre as mais diversas técnicas de preditiva, optou-se pela contratação de uma empresa especializada neste tipo de manutenção. Com isso as inspeções e análises são realizadas com periodicidades pré-estabelecidas e caso algum tipo de falha seja identificado, são emitidos relatórios demonstrando a falha em potencial e as possíveis ações para correção da mesma. As correções das falhas em potencial são realizadas por uma equipe de manutenção, alocada na área na qual foi identificada a falha.

Estes tipos de manutenções são realizadas por meio de notas e ordens de manutenções, geradas por meio do software de gestão de manutenção, SAP R3 / Módulo PM, conhecidas como M4 (nota para correção de falha potencial) e RT01 (rotação de inspeção), e originam-se do departamento de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM).

### 6.6.6 MANUTENÇÃO CORRETIVA

As manutenções corretivas são realizadas conforme as necessidades do equipamento, produção e processo e são realizadas por uma equipe, denominada de plantão, a qual atua em revezamentos de três turnos de oito horas de trabalho.

Estes tipos de manutenções são realizadas por meio de notas e ordens de manutenções, geradas por meio do software de gestão de manutenção, SAP R3 / Módulo PM, conhecidas como M3 (nota de manutenção corretiva) e LO01 (ordem de manutenção corretiva), e originam-se da equipe de manutenção corretiva.

### 6.6.7 MELHORIAS DE MANUTENÇÃO

As melhorias de manutenção são realizadas conforme análises e observações, provenientes dos departamentos de manutenção, produção e processo e são executadas por uma equipe de manutenção, alocada na área à qual pertence o ativo e/ou processo a ser melhorado.

Estes tipos de manutenções são realizadas por meio de notas e ordens de manutenções, conhecidas como M1 (nota de melhorias de manutenção) e PL01 (ordem de melhoria de manutenção), e originam-se das mais diversas áreas da empresa.

### 6.6.8 CUSTOS DA MANUTENÇÃO

A gestão de custos da manutenção inicia com a elaboração do orçamento de todos os custos previstos para compra de peças e materiais utilizados nos ativos, materiais utilizados pela manutenção (epi's, materiais de limpeza, escritório, combustíveis, etc) , salários e benefícios, treinamentos, etc.

E durante o período de utilização dos recursos orçados a gestão é realizada por meio de índices e placares de resultados, os quais apresentam as relações dos itens orçados versus realizados e são diferenciados por centros de custos e tipos de contas.

### 6.6.9 METAS DE INDISPONIBILIDADE

A meta de indisponibilidade é definida conforme planejamento estratégico, elaborado durante o período anterior (ano anterior) e tomam-se por base as necessidades de manutenções identificadas neste período.

Devido o equipamento estar em operação há pouco tempo (dois anos) e não existir banco de informações suficientes para análises preliminares e também o pouco conhecimento sobre a funcionalidade do equipamento e seu tempo de vida, a meta de indisponibilidade foi definida para o período de 2007 e para o primeiro semestre de 2008, como mostra a Figura 6.6.

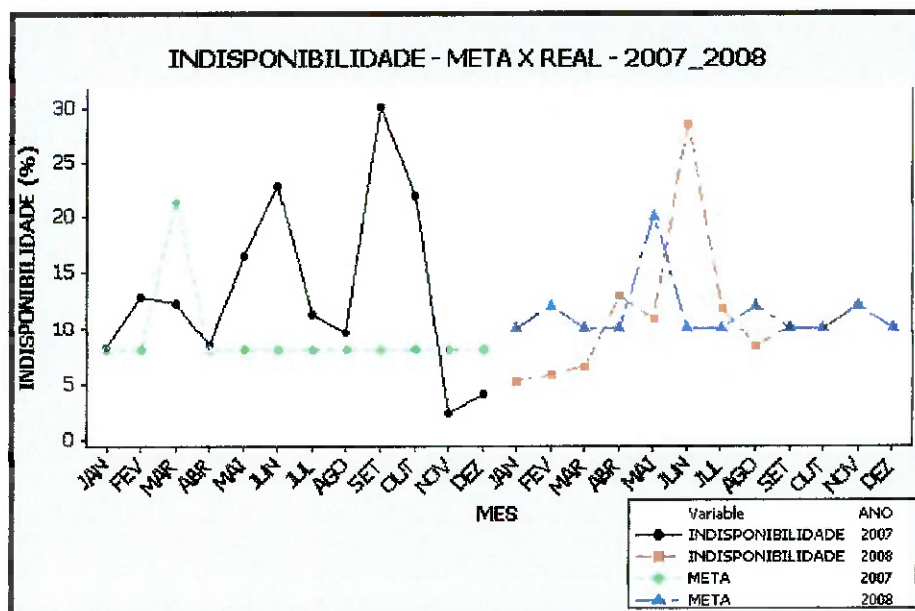


FIGURA 6.6 - INDISPONIBILIDADE - META X REAL - 2007\_2008

### 6.6.10 ÍNDICES MTBF - MTTR

Como já mencionado, devido o equipamento estar em operação há pouco tempo, aproximadamente dois anos, pode-se observar nas Figuras 6.7 e 6.8 os índices MTBF e MTTR do período de 2007 e primeiro semestre de 2008.

O índice de MTBF do mês de dezembro de 2007 possui um valor superior aos demais meses devido ao baixo nível de utilização do equipamento, ou seja, as falhas no equipamento somente ocorrem e/ou são apontadas quando o mesmo está em operação e devido à sazonalidade, o equipamento, neste período, foi utilizado em um intervalo muito pequeno, resultando em um índice de MTBF superior aos demais períodos.

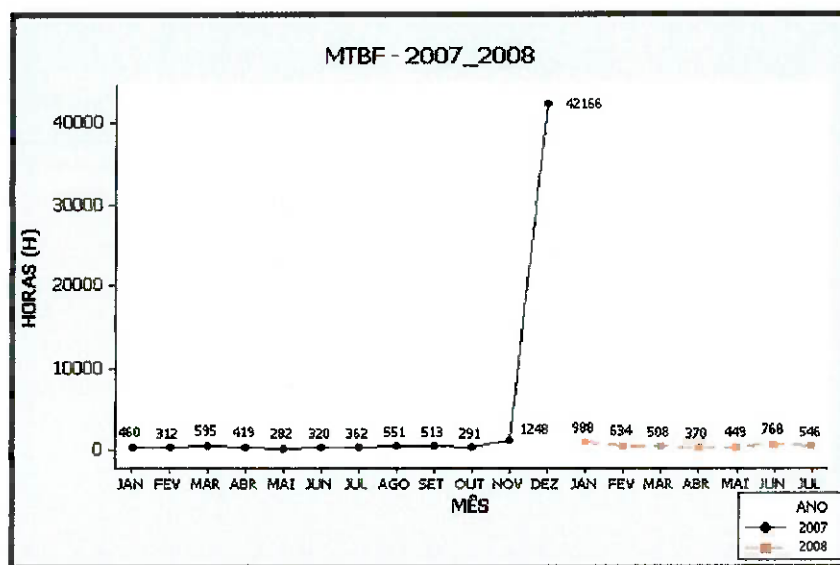


FIGURA 6.7 - MTBF 2007\_2008

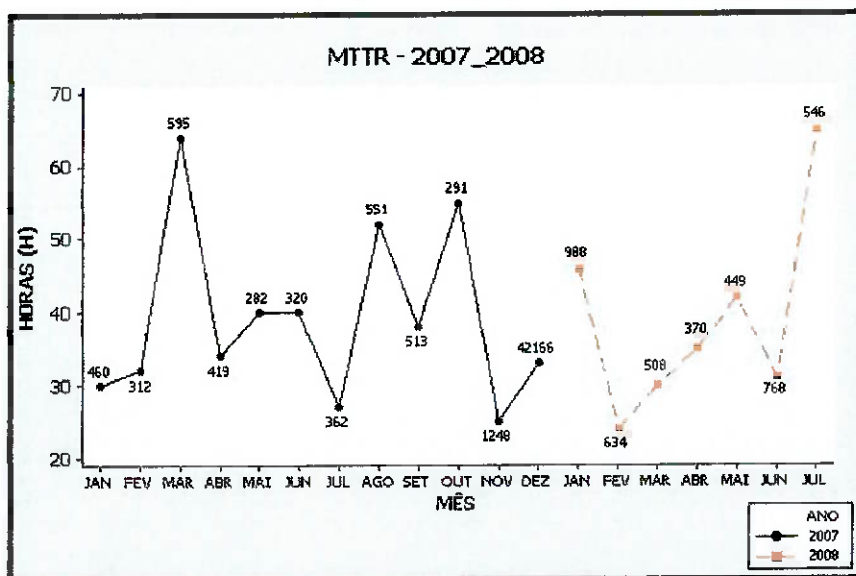


FIGURA 6.8 - MTTR 2007\_2008

## CAPÍTULO 7

### 7. PROJETO PROPOSTO

O presente capítulo apresenta a aplicação dos métodos e ferramentas da metodologia “*Lean Six Sigma*”, baseados nas recomendações e sugestões dos consultores da empresa Seta Desenvolvimento Gerencial (2008), que segue um padrão de elaboração de projetos e estudos de casos, conforme Anexo 11.

#### 7.1 DEFINIÇÕES

##### 7.1.1 DEFINIÇÃO DA META DE INDISPONIBILIDADE

Com base nos apontamentos de tempos para execução dos itens de manutenções preventivas, constatamos que os itens que necessitam de maior tempo para execução são três, e que em média cada um deles necessita de doze horas para ser executado. Como a periodicidade dos mesmos é de três meses, isso implica na execução de pelo menos um destes itens no mês, ou seja, necessita-se de doze horas para executar uma manutenção preventiva por mês, como mostra a Figura 7.1.



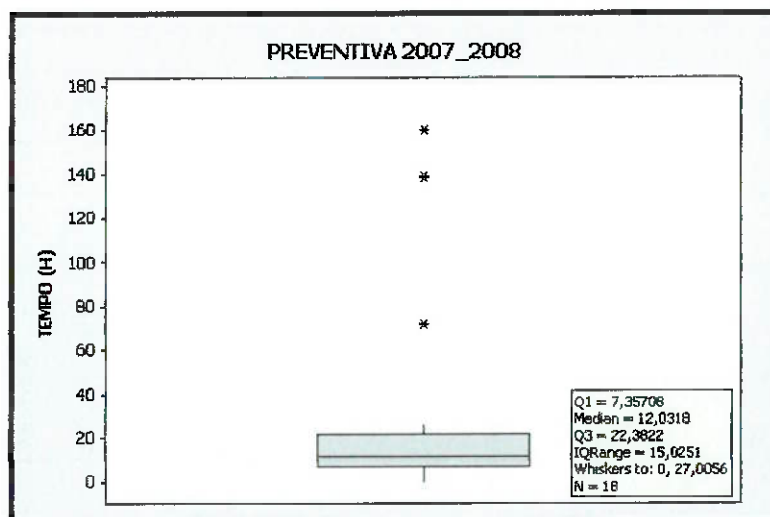


FIGURA 7.1 - BOX PLOT HORAS EM MANUTENÇÃO PREVENTIVA

O plano de manutenção preditiva, mostra que para atender as necessidades de medição e análise de vibração dos redutores principais é necessário que o equipamento esteja disponível para a manutenção durante duas horas, com frequência quinzenal, ou seja, quatro horas para executar as manutenções preditivas, por mês.

Baseado na análise estatística dos tempos em reparo, ou seja, tempos do equipamento parado por manutenção corretiva, como apresenta a Figura 7.2, sugerimos utilizar o valor do primeiro quartil, trinta e duas horas, como o ideal por paradas por manutenção corretiva.

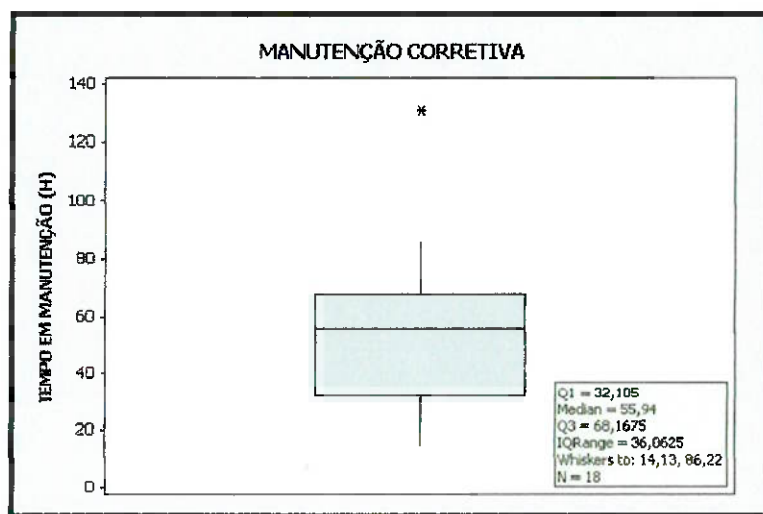


FIGURA 7.2 - BOX PLOT HORAS EM MANUTENÇÃO CORRETIVA

Somando-se os tempos para manutenções preventivas, preditivas e corretivas podemos obter novas metas de indisponibilidade por manutenção, como mostra a Figura 7.3.

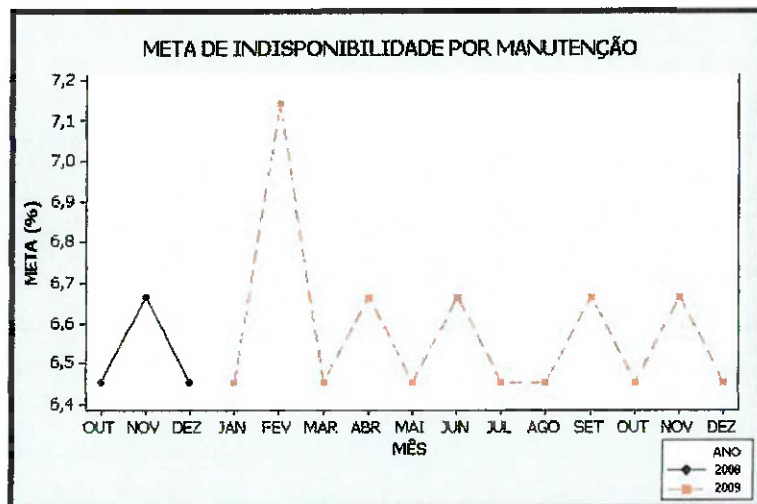


FIGURA 7.3 - META DE INDISPONIBILIDADE POR MANUTENÇÃO

### 7.1.2 PROJEÇÃO DE GANHOS FINANCEIROS

Para as sugestões de melhorias nos processos de manutenções, para o equipamento sugerido, o cumprimento das ações propostas poderá proporcionar uma redução nos custos de manutenções, tais como, consumo de recurso de mão de obra, consumo de materiais de apoio e ferramentas, serviços contratados, peças de reposição e também o aumento na disponibilidade do equipamento, e que quando somados, estes ganhos financeiros podem ser de até R\$ 2.140.000,00 por ano.

## 7.2 MEDIÇÕES

### 7.2.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO

Uma vez definida a meta do projeto, ao qual se desejou aplicar as sugestões de melhorias, coletou-se os dados do processo em questão a fim e estratificar os itens que tem maiores impactos sobre o mesmo, ou seja, utilizando como base a metodologia “*LEAN SIX SIGMA – DMAIC*”, devemos identificar quais são os processos e/ou subprocessos, as saídas dos processos e/ou subprocessos e listar as potenciais fontes de variações (potenciais X's) que impactam nos mesmos e que consequentemente causam as variações em suas saídas.

Como podemos observar na Figura 7.4, os subprocessos da manutenção conhecidos também como políticas da manutenção impactam diretamente com os resultados do projeto de melhorias propostas. Com isso, para identificação das entradas de cada subprocesso, mapeou-se de forma independente a fim de analisar e sugerir melhorias, para que se possa aplicar as sugestões, baseadas em “*RCM*”.



FIGURA 7.4 - SUBPROCESSOS DA MANUTENÇÃO. (Adaptado de: ROSA, 2006, p. 83).

Entretanto, como pode-se observar na Figura 7.5, o subprocesso da manutenção conhecido como manutenção corretiva, proporciona maior indisponibilidade ao equipamento e com isso decidiu-se iniciar, as análises e sugestões de melhorias, por este subprocesso.

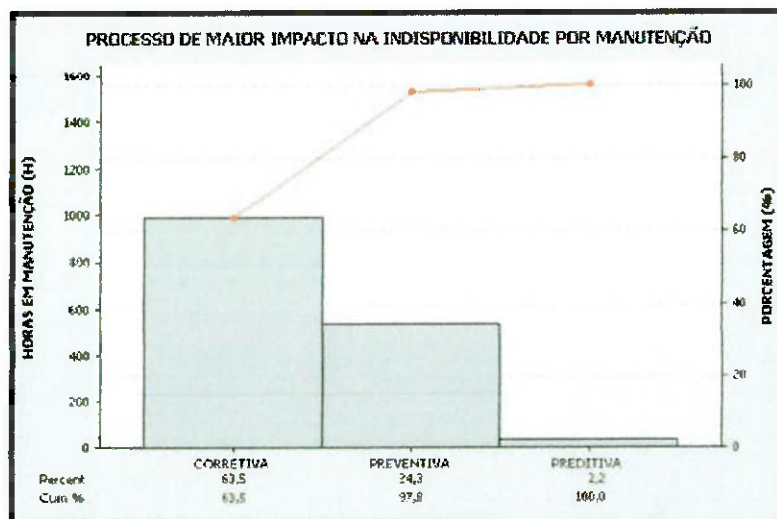


FIGURA 7.5 – PROCESSOS DE MAIOR IMPACTO NA INDISPONIBILIDADE POR MANUTENÇÃO.

### 7.2.2 MAPA DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

O Anexo 1 apresenta o mapa do processo real, de execução de manutenções corretivas e demonstra a complexidade e as dificuldades de se executar este tipo de manutenção, a qual demanda disponibilidade de mão de obra, materiais e equipamento parado, ou seja, equipamento sem produzir, consumindo materiais, mão de obra, insumos de utilidades (ar, água, energia elétrica, etc), ocupando espaço físico, etc.

### 7.2.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA O PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

Por meio do mapa do processo de manutenção corretiva, identificou se as etapas que impactam no mesmo e as potenciais fontes de variação (potenciais X's), como mostra o Diagrama de Ishikawa, Anexo 2.

## 7.2.4 MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO PARA O PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

Após a elaboração do Diagrama de Ishikawa, elaborou-se a Matriz de Priorização, a fim de classificar as potenciais fontes de variação (potenciais X's) de acordo com as importâncias e impactos, como mostra o Anexo 3.

## 7.2.5 MATRIZ ESFORÇO E IMPACTO PARA O PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

Com o auxílio da Matriz de Priorização, onde já se conhece as potenciais fontes de variação (potenciais X's) e com os impactos já validados, elaborou-se a Matriz Esforço e Impacto, a fim de avaliar os esforços para levantamento dos dados e para implementação dos planos de ações, para uma possível eliminação dos desvios e variações encontrados, como mostra o Anexo 4.

Por meio desta matriz, definiu-se os itens a serem desenvolvidos no primeiro momento, ou seja, para que tenhamos o resultado esperado, dentro das metas e sugestões propostas e em curto prazo, deve-se desenvolver apenas os itens que possuem as relações de “BAIXO ESFORÇO X BAIXO IMPACTO” e “BAIXO ESFORÇO X ALTO IMPACTO”.

Os itens definidos como “BAIXO ESFORÇO X BAIXO IMPACTO”, normalmente são itens os quais as equipes selecionadas para execução dos projetos, conhecem suas causas raízes e portanto com o desenvolvimento de planos de ações que não necessitam de muitas análises, conhecidos na metodologia “*LEAN SIX SIGMA*” como plano de ações “*VER E AGIR*”, pode-se minimizar e/ou eliminar seus efeitos nos processos, equipamentos e dispositivos em análise.

Já os itens definidos como “BAIXO ESFORÇO X ALTO IMPACTO”, necessitam de análises mais detalhadas, como por exemplo, os custos de manutenções, os tempos para reparos, os recursos consumidos, levantamento de dados das variáveis que impactam em cada subprocesso e tudo o que se refere e

pode impactar. Devido a esta complexidade, torna-se necessária a definição clara e exata dos tipos de dados a serem analisados e coletados, para que se utilize as ferramentas corretas para as definições dos planos de ações a serem realizados.

## 7.2.6 METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

Os dados a serem analisados serão coletados do sistema SAP, módulo PM, o qual é abastecido com as informações da utilização dos recursos utilizados para as manutenções, por meio dos colaboradores, técnicos e engenheiros do departamento de manutenção.

Portanto, tratou-se os dados do processo de manutenção corretiva, os quais são apontados pela equipe de manutenção corretiva, conhecida como plantão, por meio das notas do tipo M3 e ordens do tipo LO01, geradas por meio do software de gestão de manutenção, SAP R3 / Módulo PM e que estão cadastradas o centro de trabalho MCORRTP. Os colaboradores, técnicos e engenheiros apontam as paradas de manutenções com seus devidos detalhes, baseados nos apontamentos do sistema especialista para PCP, utilizado pela equipe de operação, conhecido como RISK, como mostra a Figura 7.6.

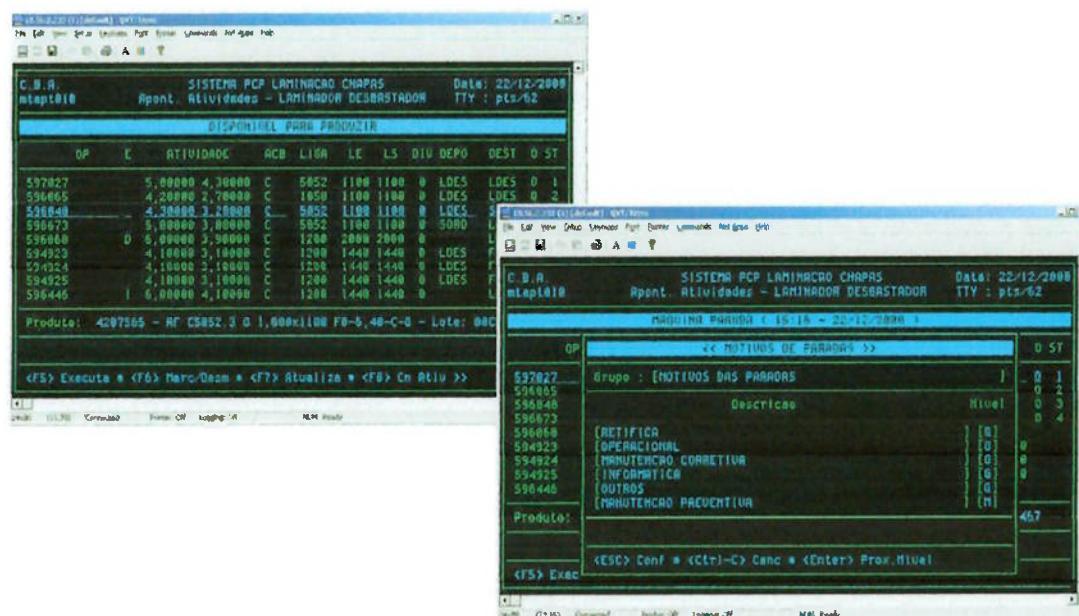


FIGURA 7.6 – SISTEMA ESPECIALISTA RISK



A Figura 7.7 apresenta a migração dos dados do sistema SAP para planilhas (Excel), com as informações dos apontamentos e detalhamentos das ocorrências de manutenções, tais como: Número da nota de manutenção, número da ordem de manutenção, data da falha, hora do início da falha, hora do fim da falha, data da elaboração da ordem de manutenção, tempo para reparo, descrição da falha, parte do equipamento que falhou, ações de correções, responsável pelo reparo, etc.

Os dados apresentados nos relatórios podem ser selecionados por meio de filtros de seleção, os quais possuem aproximadamente 50 (cinquenta) informações diferenciadas e podem se especificar para cada tipo de equipamento, processo e usuário dos sistemas. Com isso, para cada tipo de análise, utiliza-se somente as informações necessárias para as mesmas.

Ordem	Data	Hora	Descrição
10000001	01.08.2008	01:00:00	0.02 VERIFICAR VAZIAMENTO NA GUSA
10000002	01.08.2008	02:00:00	0.03 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000003	01.08.2008	03:00:00	0.04 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000004	01.08.2008	04:00:00	0.05 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000005	01.08.2008	05:00:00	0.06 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000006	01.08.2008	06:00:00	0.07 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000007	01.08.2008	07:00:00	0.08 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000008	01.08.2008	08:00:00	0.09 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000009	01.08.2008	09:00:00	0.10 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000010	01.08.2008	10:00:00	0.11 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000011	01.08.2008	11:00:00	0.12 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000012	01.08.2008	12:00:00	0.13 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000013	01.08.2008	13:00:00	0.14 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000014	01.08.2008	14:00:00	0.15 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000015	01.08.2008	15:00:00	0.16 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000016	01.08.2008	16:00:00	0.17 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000017	01.08.2008	17:00:00	0.18 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000018	01.08.2008	18:00:00	0.19 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000019	01.08.2008	19:00:00	0.20 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000020	01.08.2008	20:00:00	0.21 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000021	01.08.2008	21:00:00	0.22 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000022	01.08.2008	22:00:00	0.23 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000023	01.08.2008	23:00:00	0.24 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000024	01.08.2008	00:00:00	0.25 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000025	01.08.2008	01:00:00	0.26 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000026	01.08.2008	02:00:00	0.27 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000027	01.08.2008	03:00:00	0.28 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000028	01.08.2008	04:00:00	0.29 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000029	01.08.2008	05:00:00	0.30 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000030	01.08.2008	06:00:00	0.31 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000031	01.08.2008	07:00:00	0.32 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000032	01.08.2008	08:00:00	0.33 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000033	01.08.2008	09:00:00	0.34 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000034	01.08.2008	10:00:00	0.35 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000035	01.08.2008	11:00:00	0.36 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000036	01.08.2008	12:00:00	0.37 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000037	01.08.2008	13:00:00	0.38 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000038	01.08.2008	14:00:00	0.39 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000039	01.08.2008	15:00:00	0.40 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000040	01.08.2008	16:00:00	0.41 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000041	01.08.2008	17:00:00	0.42 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000042	01.08.2008	18:00:00	0.43 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000043	01.08.2008	19:00:00	0.44 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000044	01.08.2008	20:00:00	0.45 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000045	01.08.2008	21:00:00	0.46 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000046	01.08.2008	22:00:00	0.47 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000047	01.08.2008	23:00:00	0.48 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000048	01.08.2008	00:00:00	0.49 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000049	01.08.2008	01:00:00	0.50 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000050	01.08.2008	02:00:00	0.51 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000051	01.08.2008	03:00:00	0.52 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000052	01.08.2008	04:00:00	0.53 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000053	01.08.2008	05:00:00	0.54 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000054	01.08.2008	06:00:00	0.55 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000055	01.08.2008	07:00:00	0.56 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000056	01.08.2008	08:00:00	0.57 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000057	01.08.2008	09:00:00	0.58 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000058	01.08.2008	10:00:00	0.59 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000059	01.08.2008	11:00:00	0.60 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000060	01.08.2008	12:00:00	0.61 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000061	01.08.2008	13:00:00	0.62 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000062	01.08.2008	14:00:00	0.63 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000063	01.08.2008	15:00:00	0.64 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000064	01.08.2008	16:00:00	0.65 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000065	01.08.2008	17:00:00	0.66 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000066	01.08.2008	18:00:00	0.67 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000067	01.08.2008	19:00:00	0.68 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000068	01.08.2008	20:00:00	0.69 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000069	01.08.2008	21:00:00	0.70 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000070	01.08.2008	22:00:00	0.71 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000071	01.08.2008	23:00:00	0.72 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000072	01.08.2008	00:00:00	0.73 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000073	01.08.2008	01:00:00	0.74 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000074	01.08.2008	02:00:00	0.75 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000075	01.08.2008	03:00:00	0.76 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000076	01.08.2008	04:00:00	0.77 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000077	01.08.2008	05:00:00	0.78 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000078	01.08.2008	06:00:00	0.79 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000079	01.08.2008	07:00:00	0.80 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000080	01.08.2008	08:00:00	0.81 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000081	01.08.2008	09:00:00	0.82 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000082	01.08.2008	10:00:00	0.83 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000083	01.08.2008	11:00:00	0.84 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000084	01.08.2008	12:00:00	0.85 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000085	01.08.2008	13:00:00	0.86 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000086	01.08.2008	14:00:00	0.87 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000087	01.08.2008	15:00:00	0.88 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000088	01.08.2008	16:00:00	0.89 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000089	01.08.2008	17:00:00	0.90 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000090	01.08.2008	18:00:00	0.91 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000091	01.08.2008	19:00:00	0.92 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000092	01.08.2008	20:00:00	0.93 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000093	01.08.2008	21:00:00	0.94 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000094	01.08.2008	22:00:00	0.95 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000095	01.08.2008	23:00:00	0.96 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000096	01.08.2008	00:00:00	0.97 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000097	01.08.2008	01:00:00	0.98 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000098	01.08.2008	02:00:00	0.99 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA
10000099	01.08.2008	03:00:00	1.00 CARRO DE BOMBAS ENTRADA ABANDONADA

FIGURA 7.7 – SISTEMA SAP, MÓDULO PM.

## 7.3 ANÁLISES

### 7.3.1 PLANO DE AÇÕES “VER E AGIR” PARA O PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

O plano de ações “VER E AGIR”, para o processo de manutenção corretiva, refere-se ao tratamento das variáveis que não tem grande impacto no processo, não necessitam de grandes esforços para implementação e que podem ser realizados à curto prazo, como mostra o Anexo 5.

### 7.3.2 DEFINIÇÃO DOS DADOS A SEREM COLETADOS PARA O PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

Os dados a serem utilizados para análise das variáveis de “BAIXO ESFORÇO X ALTO IMPACTO”, devem ser coletados de fontes seguras a fim de fornecer informações exatas e precisas para que os resultados obtidos não sejam distorcidos e devem conter toda e qualquer informação necessária para evidenciar as possíveis causas das deficiências dos processos atuais, como mostra a Tabela 7.1.

TABELA 7.1 – VARIÁVEIS DE “BAIXO ESFORÇO X ALTO IMPACTO”.

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	DADOS A SEREM COLETADOS
X1	DEFICIÊNCIA DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO	X1.1 HORAS EM MANUTENÇÃO PREVENTIVA
		X1.2 HORAS EM MANUTENÇÃO PREDITIVA
		X1.3 HORAS EM INSPEÇÃO
X12	COLABORADOR NÃO POSSUI FERRAMENTAS	X12.1 QUANTIDADE DE FERRAMENTAS POR COLABORADOR
		X12.2 TIPOS DE FERRAMENTAS POR COLABORADOR
X13	DIFICULDADE DE ACESSO ÀS FERRAMENTAS DE USO COMUM	X13.1 TEMPO MÉDIO PARA ACESSO ÀS FERRAMENTAS DE USO COMUM
X25	DIFICULDADE, POR PARTE DA MANUTENÇÃO, PARA CONSULTA DE ESTOQUES NO SAP E REQUISITAR MATERIAIS	X25.1 TEMPO MÉDIO PARA REPARO COM NECESSIDADES DE MATERIAIS
		X25.2 TEMPO MÉDIO PARA REPARO SEM NECESSIDADES DE MATERIAIS
X26	FALTA DE PEÇAS ESTRATÉGICAS NO ARMÁRIO LOCAL	X26.1 MATERIAIS MAIS REQUISITADOS PARA REPAROS
		X26.2 MATERIAIS CONTIDOS NO ARMÁRIO LOCAL
X36	PROGRAMADOR DEMORA PARA PROGRAMAR NOTA/ORDEM PARA COMPRA DE MATERIAIS	X36.1 TEMPO MÉDIO PARA GERAR RC POR ORDEM DE MANUTENÇÃO
X37	FALTA DE CONTROLE DAS AÇÕES REALIZADAS PARA CORREÇÃO DAS FALHAS	X37.1 ITENS DE MAIORES IMPACTOS EM MANUTENÇÕES CORRETIVA



Devido a não haver apontamentos de atrasos para reparos dos dispositivos do laminador desbastador, por falta de ferramentas, por tipos de ferramentas e pelos tempos de acesso às ferramentas de uso comum, necessidades de materiais que não constam no armário local e tempos para criação de ordens para compra de materiais, transferiu-se os itens X12, X13, X26 e X36 para itens de “BAIXO IMPACTO X BAIXO ESFORÇO” e com isso tratou-se no plano de ações “VER e AGIR”.

### 7.3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas devem ser realizadas a fim de identificar os itens que possuem maiores correlações, ou seja, identificar a relação entre as variáveis de entrada dos processos com as variáveis de saída dos mesmos, conforme metodologia “*Lean Six Sigma*” e com isso fornecer informações para priorização dos pontos a serem desenvolvidos os FMEA’s (Análise dos Efeitos e Modos de Falhas) e FTA’s (Análise da Árvore de Falhas).

### X1 - DEFICIÊNCIA DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO

O Anexo 6 apresenta as correlações entre os tipos de manutenções corretivas, preventivas, preditivas e inspeções e devido aos baixos valores ( $R-Sq$  (adj)), como mostra a Tabela 7.2, constatou-se que os planos de manutenções e suas respectivas execuções estão sendo realizadas de maneiras incorretas e portanto torna-se necessário a elaboração da árvore de análise de falhas, conhecida como FTA e em seguida a elaboração de planos de ações, a fim de minimizar ou eliminar as deficiências dos planos de manutenções analisados.

DESCRIÇÃO	CORRELAÇÃO	
	MANUTENÇÃO CORRETIVA	
	R-Sq (adj)	P-Value
INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO	0,00%	0,417
MANUTENÇÃO PREDITIVA	0,00%	0,762
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	0,00%	0,676

## X25 - DIFICULDADE, POR PARTE DA MANUTENÇÃO, PARA CONSULTA DE ESTOQUES NO SAP E REQUISITAR MATERIAIS

Como pode-se observar, o Anexo 7 apresenta as correlações entre o Tempo Médio Para Reparo (MTTR) e o Tempo Médio Para Reparo com e sem necessidades de utilização de materiais e devido a estes valores, como apresenta a Tabela 7.3, nota-se que as necessidades de utilização de materiais possuem maiores influências sobre o MTTR, indicando que há grandes desvios relacionados a este. Já o MTTR sem necessidade de utilização de materiais, mostra que o MTTR é impactado devido ao tempo de diagnóstico das falhas ocorridas e também outros fatores não identificados nos dados coletados.

TABELA 7.3 – CORRELAÇÃO ENTRE MTTR E MTTR COM E SEM NECESSIDADES DE UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS.

DESCRIÇÃO	CORRELAÇÃO	
	MTTR	
	R-Sq (adj)	P-Value
MTTR COM NECESSIDADE DE UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS	58,6%	0,000
MTTR SEM NECESSIDADE DE UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS	32,0%	0,000

## X37 – FALTA DE CONTROLE DAS AÇÕES REALIZADAS PARA CORREÇÃO DAS FALHAS

Como mostram os Anexos 8, 9 e 10, os itens de maiores impactos em paradas por manutenções corretivas são também os maiores responsáveis pela indisponibilidade do ativo.

Contudo, devido à grande quantidade de dispositivos que impactam na indisponibilidade do equipamento proposto, tratou-se inicialmente 60% dos itens de maiores impactos em manutenções corretivas, como apresenta a Tabela 6.4 e com isso desenvolver os FMEA's para identificação das causas das falhas ocorridas e elaborar os planos de ações de melhorias para os mesmos.

TABELA 7.4 – CORRELAÇÃO ENTRE OS DISPOSITIVOS DE MAIORES IMPACTOS EM MANUTENÇÃO CORRETIVA E AS HORAS INDISPONÍVEIS.

DESCRIÇÃO	CORRELAÇÃO	
	CORRETIVA	
DISPOSITIVO	R-Sq (adj)	P-Value
MEDIDOR ESPESSURA - ENTRADA	48,20%	0,076
DRIVE DESBOBINADEIRA - ENTRADA	37,20%	0,117
MEDIDOR ESPESSURA - SAIDA	17,70%	0,223
CARRO BOBINAS - ENTRADA	14,00%	0,249
MESA GUIA - SAIDA	12,60%	0,26
FORMADOR DE ESPIRAS - SAIDA	10,10%	0,28
SISTEMA DE NEVÔA - AUX	3,70%	0,336
CALIBRAÇÃO PASS LINE - GAIOLA	1,90%	0,354
DRIVE BOBINADEIRA - SAIDA	0,00%	0,44
CARRO ESPULAS - SAIDA	0,00%	0,51
CARRO BOBINAS - SAIDA	0,00%	0,594
CENTRALIZAÇÃO DESBOBINADEIRA - ENTRADA	0,00%	0,656
CONVEYOR	0,00%	0,685
CARRO ESPULAS - ENTRADA	0,00%	0,769
DRIVE - GAIOLA	0,00%	0,937
CARRO TROCA CILINDROS - AUX	0,00%	0,961

## CAPÍTULO 8

### 8 MELHORIAS DO PROCESSO PROPOSTO

#### 8.1 MELHORIAS SUGERIDAS E REALIZADAS POR MEIO DO PLANO DE AÇÕES “VER E AGIR”

As Figuras 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 e 8.5 apresentam e comprovam a realização das ações propostas no plano de ações “VER E AGIR” e garantem a perpetuação e cumprimento das mesmas, permitindo que os processos de gestão e controle de manutenção do equipamento em análise, sejam eficientes e eficazes.

Este plano de ações comprova também, a evolução profissional dos envolvidos, o comprometimento e a responsabilidade dos integrantes com relação à segurança, meio ambiente e qualidade dos serviços prestados pela equipe de manutenção.

#### **X5: FALTA DE CRITÉRIO PARA APONTAMENTOS DE PARADAS POR MANUTENÇÃO**



FIGURA 8.1 - TREINAMENTO REALIZADO, PARA ESCLARECIMENTOS DOS MÉTODOS DE APONTAMENTOS DE PARADAS POR MANUTENÇÕES CORRETIVAS POR MEIO DE NOTAS/ORDENS DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÕES.

**X8: OPERADOR E/OU COLABORADOR NÃO INFORMA TÉCNICO SOBRE AS FALHAS**

**X11: COLABORADOR DEMORA PARA SOLICITAR AUXÍLIO (TÉCNICO / ENGENHEIRO)**

A figura 8.2 apresenta o procedimento para atendimento às ocorrências de manutenções corretivas, o qual fica armazenado e disponível no sistema de informações, específico à manutenção.

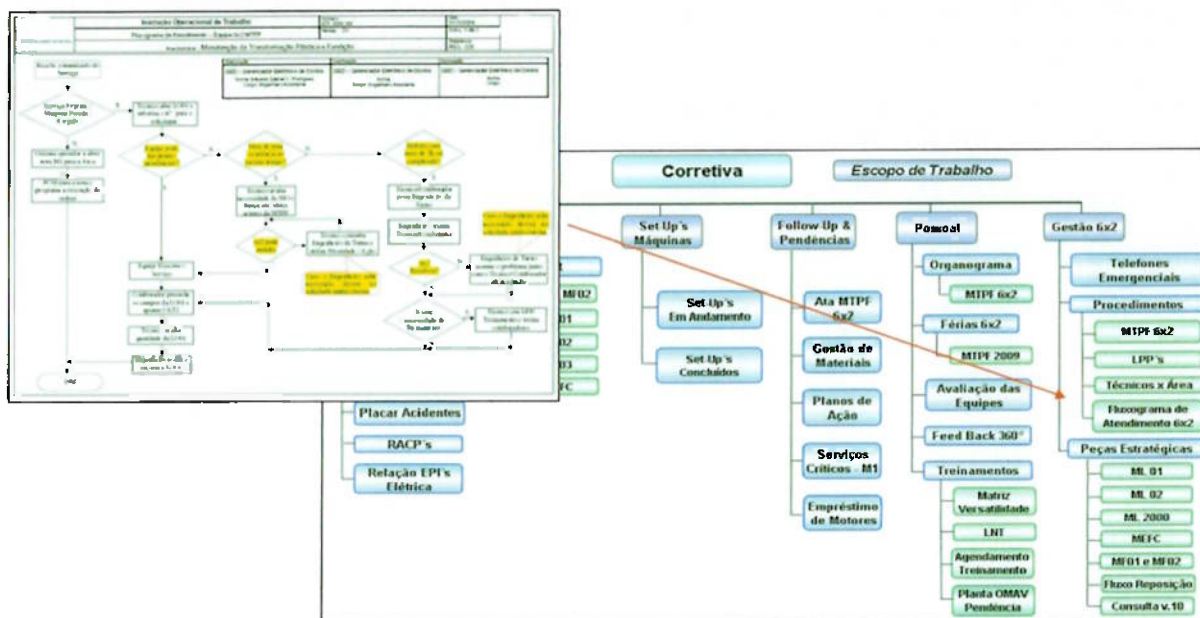


FIGURA 8.2 - FLUXO DE ATENDIMENTO DE MANUTENÇÕES CORRETIVAS.



**X12: COLABORADOR NÃO POSSUI FERRAMENTAS**

**X13: DIFICULDADE DE ACESSO ÀS FERRAMENTAS DE USO COMUM**

**X18: FALTA DE LOCAL ADEQUADO (BANCADA / OFICINA LOCAL)**



FIGURA 8.3 - ARMÁRIO DE FERRAMENTAS DE USO COMUM, CAIXAS E CARRINHOS DE FERRAMENTAS DE USO PESSOAL, BANCADAS E ÁREAS DE MANUTENÇÃO PROGRAMADA.

**X22: DEMORA PARA ENVIO DE MATERIAIS À FORNECEDORES EXTERNOS**

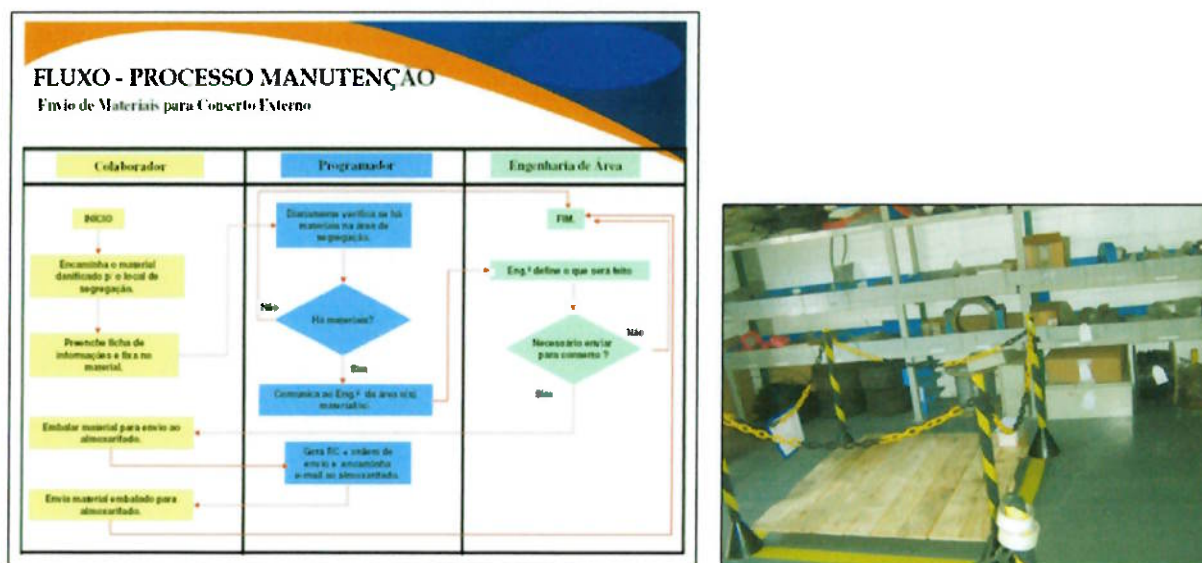


FIGURA 8.4 - FLUXO DO PROCESSO DE ENVIO DE MATERIAIS PARA CONserto EXTERNO E DEFINIÇÃO DA ÁREA DE SEGREGAÇÃO DE MATERIAIS.

**X31: ENTREGA DE MATERIAIS EM LOCAL INCORRETO (ÁREA / SUBALMOXARIFADO)**

## DEFINIÇÕES

- ✓ Todos e quaisquer materiais requisitados e utilizados em manutenções programadas, deverão ser entregues pelo almoxarifado ao PCM, na área de manutenção e no prazo máximo de 48 horas.
- ✓ Todos e quaisquer materiais requisitados e utilizados em manutenções corretivas, deverão ser entregues pelo almoxarifado imediatamente, ao responsável pela equipe de plantão, na área de manutenção e em mãos.
- ✓ Todos e quaisquer materiais requisitados para manutenções programadas e que não foram previstos no planejamento, ou seja, requisitados com prazo inferior à 48 horas da execução da manutenção, deverão ser retirados no balcão do almoxarifado pela equipe de manutenção.

**X35: FUNCIONÁRIOS DO ML NÃO INFORMAM AS NECESSIDADES DE COMPRAS DE MATERIAIS RESERVAS**

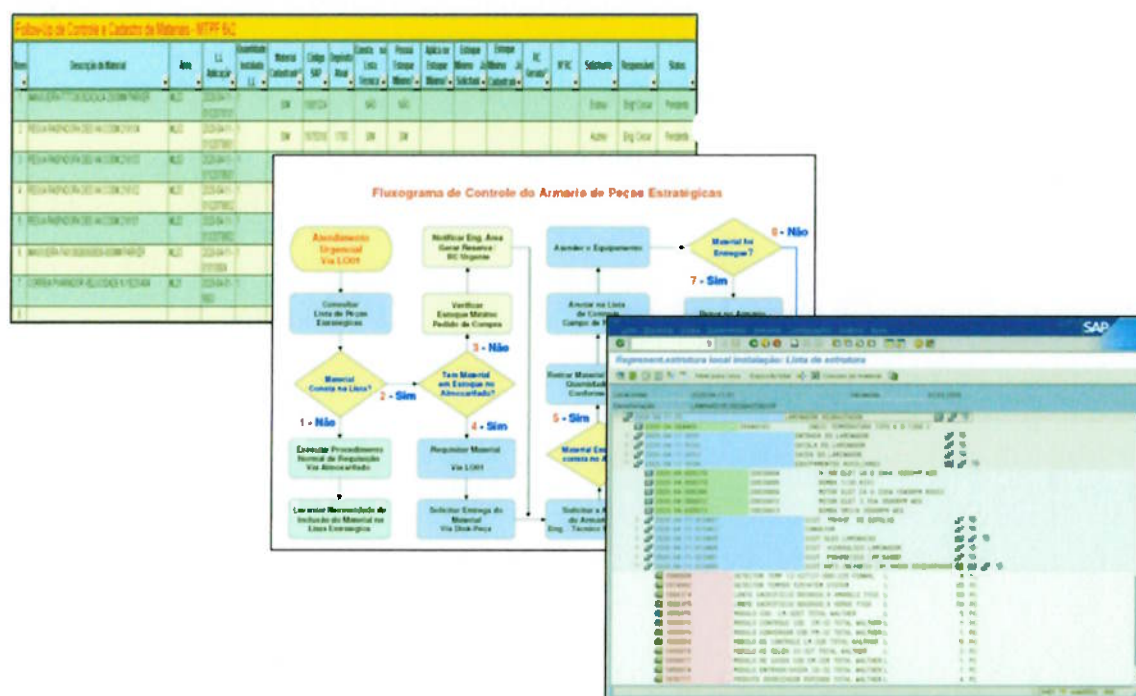


FIGURA 8.5 - CONTROLE, INDICAÇÕES E SUGESTÕES DE NECESSIDADES DE COMPRAS DE MATERIAIS, ESTOQUE MÍNIMO E CADASTRO DE LISTA TÉCNICA.

## CAPÍTULO 9

## 9 RESULTADOS OBTIDOS

Os valores atuais da indisponibilidade, apresentados por meio da Figura 9.1, foram coletados durante as análises e execução dos planos de ações sugeridas e realizadas, entretanto as análises estatísticas e a elaboração dos FMEA's e FTA's dos itens de "ALTO IMPACTO X BAIXO ESFORÇO" ainda estão em fase de elaboração, o que nos proporciona o resultado parcial do projeto proposto.

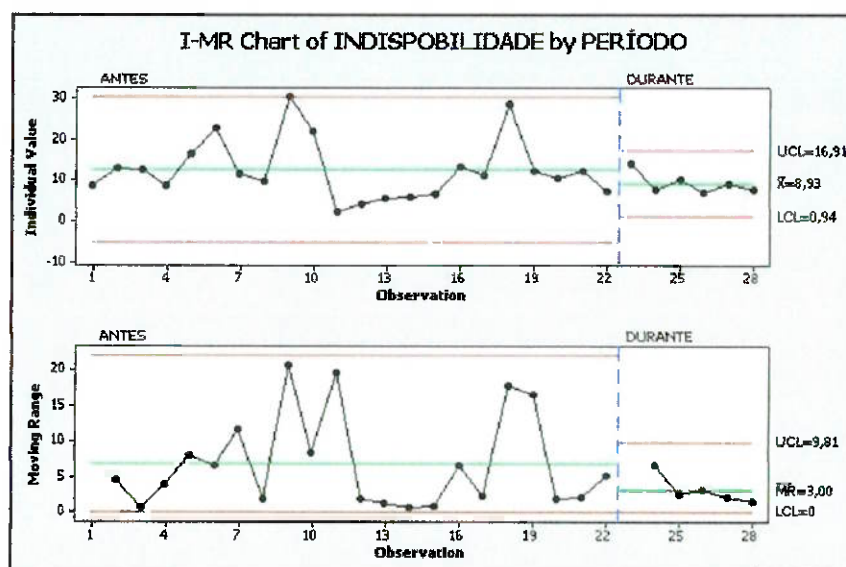


FIGURA 9.1 – CARTA DE CONTROLE I-MR, INDISPONIBILIDADE ANTES E DURANTE AS AÇÕES DE MELHORIAS.

Como podemos observar, as ações realizadas já apresentaram resultados significativos, tais como a evolução profissional das pessoas envolvidas no projeto, redução na indisponibilidade do equipamento, confiabilidade dos dados e informações apontadas nas notas e ordens de manutenção, redução dos custos de manutenção no equipamento, aumento na confiabilidade dos dispositivos que compõem o equipamento, redução dos tempos despendidos em manutenções e melhores controles dos processos de manutenções.



Com o auxílio do departamento de contabilidade, após a conclusão do projeto serão contabilizados e aprovados os ganhos financeiros, obtidos por meio das ações realizadas neste projeto.

## CAPÍTULO 10

### 10 CONCLUSÃO

Para a sobrevivência das indústrias no mercado mundial atual se faz necessário a elevação dos níveis de competitividade e para que isto aconteça é fundamental a busca por inovações em todas as direções. As mudanças que se observam nos panoramas políticos, social e econômico são vetores representativos dessas necessidades. O comportamento dos consumidores diante de novos padrões de preço e qualidade de produtos e serviços, também aponta na direção de uma empresa mais integrada e flexível. Nestas condições, o desempenho das organizações passa a não depender tão somente de resultados individuais e evoluir para um conceito mais abrangente de processos.

Nesse contexto, o desempenho final da empresa deve ser avaliado no sentido de tornar possível a percepção das melhorias isoladas contribuindo para a melhoria do todo. Assim, toda a geração de trabalho deve ser avaliada em função de sua necessidade maior de servir ao cliente. Satisfazer às necessidades dos clientes e ser muito melhor que os concorrentes devem ser as principais prioridades de qualquer empresa bem sucedida.

Tradicionalmente, as atividades de manutenção eram consideradas como um mal necessário, contudo, esta consideração começou a mudar e hoje ela já é reconhecida como uma função estratégica. Esta nova situação impõe alguns desafios e exige o desenvolvimento e a aplicação de novos sistemas de gerenciamento da manutenção.

Com isso, a estratégia da função manutenção passa a ser definida de modo a garantir o bom desempenho do processo produtivo da empresa que, por sua vez, depende da prontidão funcional de seus equipamentos. Quebras e/ou falhas de equipamentos e processos geram perdas, riscos de acidentes e danos ao meio ambiente além de impactarem fortemente nos custos da organização e por isso não é desejável que cada função, manutenção e operação, sejam consideradas de formas isoladas.

## 10.1 CONTRIBUIÇÕES

A elaboração e execução do projeto proposto proporcionou à empresa e aos profissionais envolvidos neste, diferenciados ganhos e contribuições, dos quais muitos não são possíveis de mensurar, tais como a evolução profissional, o respeito e orgulho dos profissionais envolvidos, o aprendizado na utilização de ferramentas de gestão e controle de processos, o conhecimento dos diversos processos da empresa, etc. Proporcionou também, melhorias nos processos atuais os quais impactam diretamente na qualidade, custos, flexibilidade e eficiência da empresa e como consequência uma melhor competitividade perante seus concorrentes e um melhor posicionamento perante seus clientes..

## 10.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para que este projeto possa atender as metas propostas de redução de indisponibilidade por manutenção, sugere-se que as análises e ações de melhorias para este e os demais processos de manutenções sejam elaboradas e realizadas, pois como observa-se, esta metodologia e aplicação das ferramentas de gestão e controle de processos e manutenção podem proporcionar resultados significativos conforme as necessidades e estratégias da empresa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. São Paulo. Apresenta os processos de laminação de alumínio.

Disponível em : <<http://www.abal.org.br>>. Acesso em: 12 jun. 2008.

COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. São Paulo. Apresenta a história da empresa, segmentos, processos e produtos.

Disponível em : <<http://www.aluminiocba.com.br>>. Acesso em: 12 jun. 2008.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Dicionário da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro. Editora Nova Fronteira. 1995.

GALLIMORE, K. F.; PENLESKY, R. J. The frame work for developing maintenances strategies. Production and inventory management journal. Virginia. 1988.

GONDIM, Maria Raquel; DUARTE, Marcus Antonio Viana. Minas Gerais. Aplicação da estatística na manutenção preditiva.

Disponível em: <<http://www.famat.ufu.br>>. Acesso em: 25 jan. 2008.

KELLY, A.; HARRIS, M. J. Administração da manutenção industrial. Rio de Janeiro. IBP. 1980.

MARCORIN, Roberto Wilson; LIMA, Carlos Roberto Camelo. São Paulo. Análise dos custos de manutenção e não manutenção de equipamentos produtivos.

Disponível em: <<http://www.unimep.br>>. Acesso em: 11 fev. 2008.

MIRSHAWA, V.; OLMEDO, N. C. Manutenção. Combate aos custos da não eficácia. A vez do Brasil. São Paulo. Editora McGraw-Hill Ltda. 1993.

NAGAO, S. K. Dissertação de Mestrado. Manutenção Industrial: Análise, diagnóstico e propostas de melhorias de performance em industria de processo. Departamento

de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1998.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Aquino Nascif. Manutenção: Função estratégica. 4º ed. Rio de Janeiro. Qualitymark Ed. 2001.

RONALD H., Ballou. Logística empresarial: Transporte, administração de materiais e distribuição física. 1º ed. São Paulo. Atlas. 2007.

ROSA, Euricybiades. O uso de indicadores para uma gestão eficaz do custeio e das atividades de manutenção. São Paulo. 2006.

Disponível em: <<http://www.usp.com.br>>. Acesso em: 19 maio 2008.

SELLITO, M.; BORCHARDT, M.; ARAÚJO, D. Manutenção centrada em confiabilidade: Aplicando uma abordagem quantitativa. Anais do XXVII ENEGEP. Curitiba. 2002.

SETA DESENVOLVIMENTO GERENCIAL. São Paulo. Apresenta a metodologia "*Lean Six Sigma*"

Disponível em: <http://www.setadq.com.br>. Acesso em agosto de 2008.

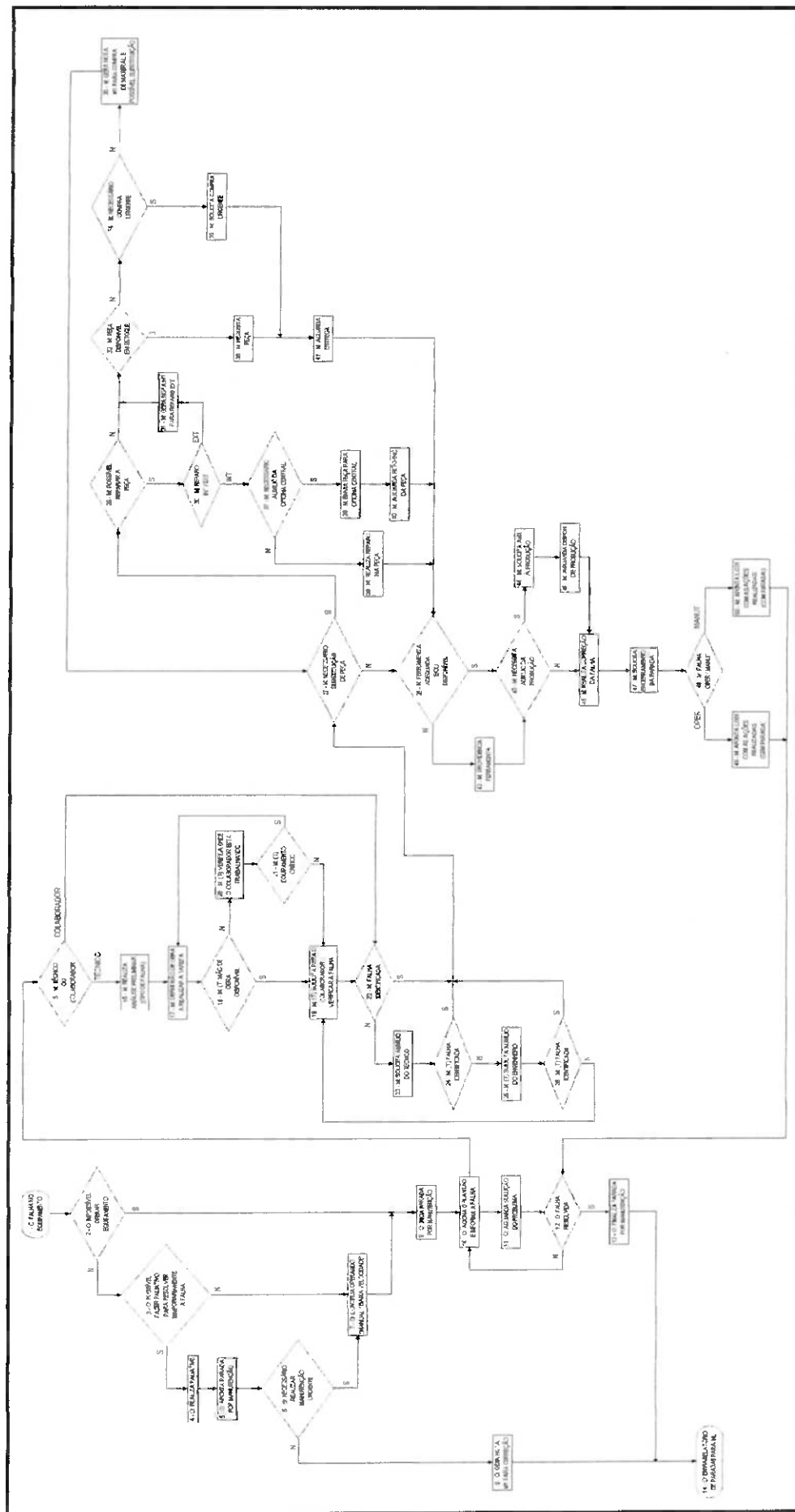
SIMCHI-LEVI, Davi; KAMINSKY, Philip; SIMCHI-LEVI, Edith. Cadeia de Suprimentos: Projeto e Gestão. Porto Alegre. Bookman. 2003

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da produção. 2º ed. São Paulo. Atlas. 2008.

TAVARES, Lourival. Administração Moderna da manutenção. Rio de Janeiro. Novo Pólo Publicações e Assessoria Ltda. 1999.

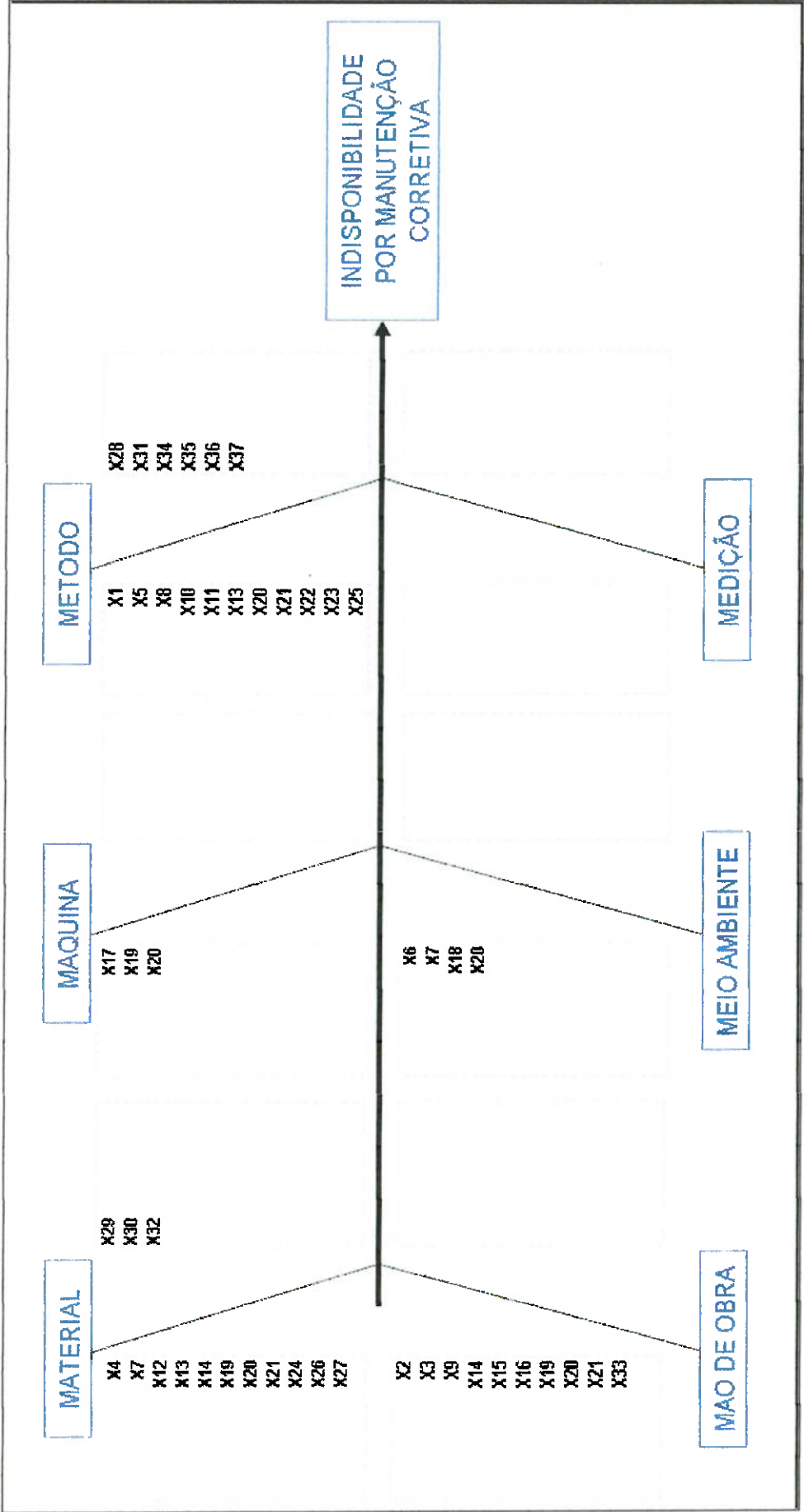
XENOS, Harilaus Georgius d'Philippus. Gerenciando a Manutenção Produtiva. O caminho para Eliminar Falhas nos equipamentos e Aumentar a Produtividade. Minas Gerais. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda. 2004.

# ANEXO 1



## ANEXO 1 - MAPA DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

ANEXO 2



ANEXO 2 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA O PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

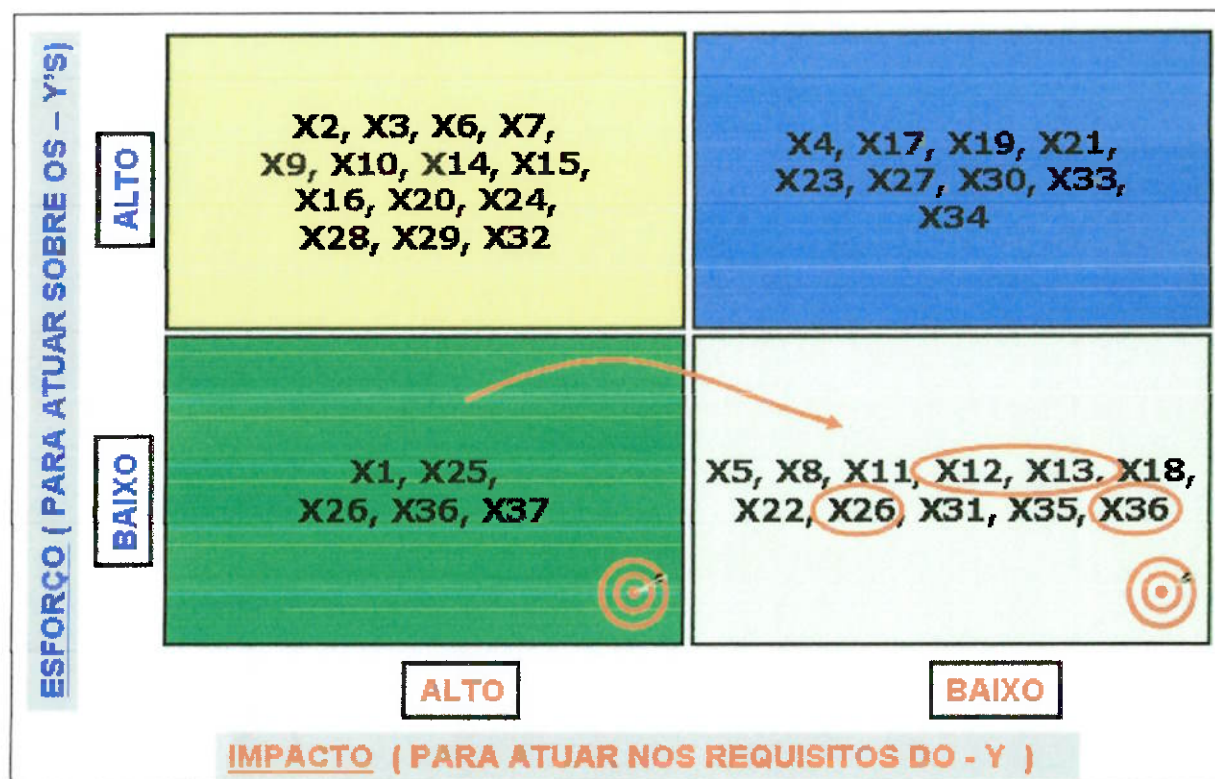
ANEXO 3

ANÁLISE DAS CAUSAS - MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO														DATA: 28/03/2020
ZÉLIA/786 MANUTENÇÃO LAMUNÇÃO 2005														FOLHA: 12
LABORATOR REPARADOR?														REVISÃO: 30
Nome da causa														
Item causa	ANDRE	CISSAR	MALDIR	RODRIGO	ELTON	RAMIRO	EDUARDO	FABIO	LUF	ALEXANDRE	Total	%	CLASSIFICAÇÃO ESFORÇO	CLASSIFICAÇÃO IMPACTO
X1	5	5	5	5	5		3	3	3	5	39	4,87%	5	ALTO
X2	3	1	3	3	3	1	5	5	5	3	29	3,62%	3	ALTO
X3	3	3	3	3	5		1	1	1	1	21	2,62%	1	ALTO
X4	1	3	1	1	1	1	1	5	1	1	15	1,87%	5	BAIXO
X5	3	1	1	5	1		5	3	1	3	23	2,87%	5	BAIXO
X6	1	3	1	3	1		3	5	3	1	21	2,62%	3	ALTO
X7	3	1	3	3	1	1	3	3	1	1	19	2,37%	3	ALTO
X8	1	3	1	1	3		1	3	1	1	15	1,87%	5	BAIXO
X9	5	5	5	3	5		3	3	5	3	37	4,62%	1	ALTO
X10	1	3	1	3	3		5	3	1	1	25	3,12%	1	ALTO
X11	3	1	1	1	3		1	1	1	1	13	1,62%	1	BAIXO
X12	5	1	5	1	3		3	5	3	1	27	3,37%	3	ALTO
X13	5	5	3	1	1		5	5	5	3	33	4,12%	3	ALTO
X14	3	1	3	3	5		5	1	3	3	27	3,37%	1	ALTO
X15	3	3	5	1	3		3	3	1	1	23	2,87%	1	ALTO
X16	5	5	1	3	5		5	3	5	3	35	4,37%	1	ALTO
X17	1	1	1	3	1		3	3	1	1	15	1,87%	3	BAIXO
X18	1	1	1	1	1		1	3	3	1	13	1,62%	5	BAIXO
X19	1	1	1	1	1		5	5	3	1	18	2,37%	3	BAIXO
X20	3	3	3	3	3		3	3	3	3	27	3,37%	1	ALTO
X21	1	1	5	1	1		1	1	1	1	13	1,62%	3	BAIXO
X22	1	1	1	1	1		1	1	1	1	9	1,12%	3	BAIXO
X23	1	3	5	1	3		1	3	1	1	19	2,37%	3	BAIXO
X24	3	3	1	3	5		3	1	3	3	25	3,12%	1	ALTO
X25	5	5	1	5	5		1	1	1	5	28	3,62%	1	ALTO
X26	1	1	1	5	3		3	3	5	3	25	3,12%	3	ALTO
X27	1	1	3	3	1		1	1	1	3	15	1,87%	1	BAIXO
X28	1	3	3	1	3		1	1	3	3	19	2,37%	1	ALTO
X29	3	1	3	1	3		1	1	5	3	21	2,62%	1	ALTO
X30	1	1	1	1	1		1	1	1	1	9	1,12%	3	BAIXO
X31	1	1	1	1	1		1	1	1	1	9	1,12%	5	BAIXO
X32	3	3	3	5	5		3	1	1	1	25	3,12%	1	ALTO
X33	1	1	1	3	1		1	1	3	5	17	2,12%	1	BAIXO
X34	1	5	3	1	1		1	1	1	1	15	1,87%	3	BAIXO
X35	3	1	1	1	1		1	1	1	5	15	1,87%	3	BAIXO
X36	1	3	3	1	1		3	1	3	5	21	2,62%	1	ALTO
X37	5	5	5	5	3		1	5	5	5	39	4,87%	5	ALTO

ANEXO 3 – MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO



## ANEXO 4



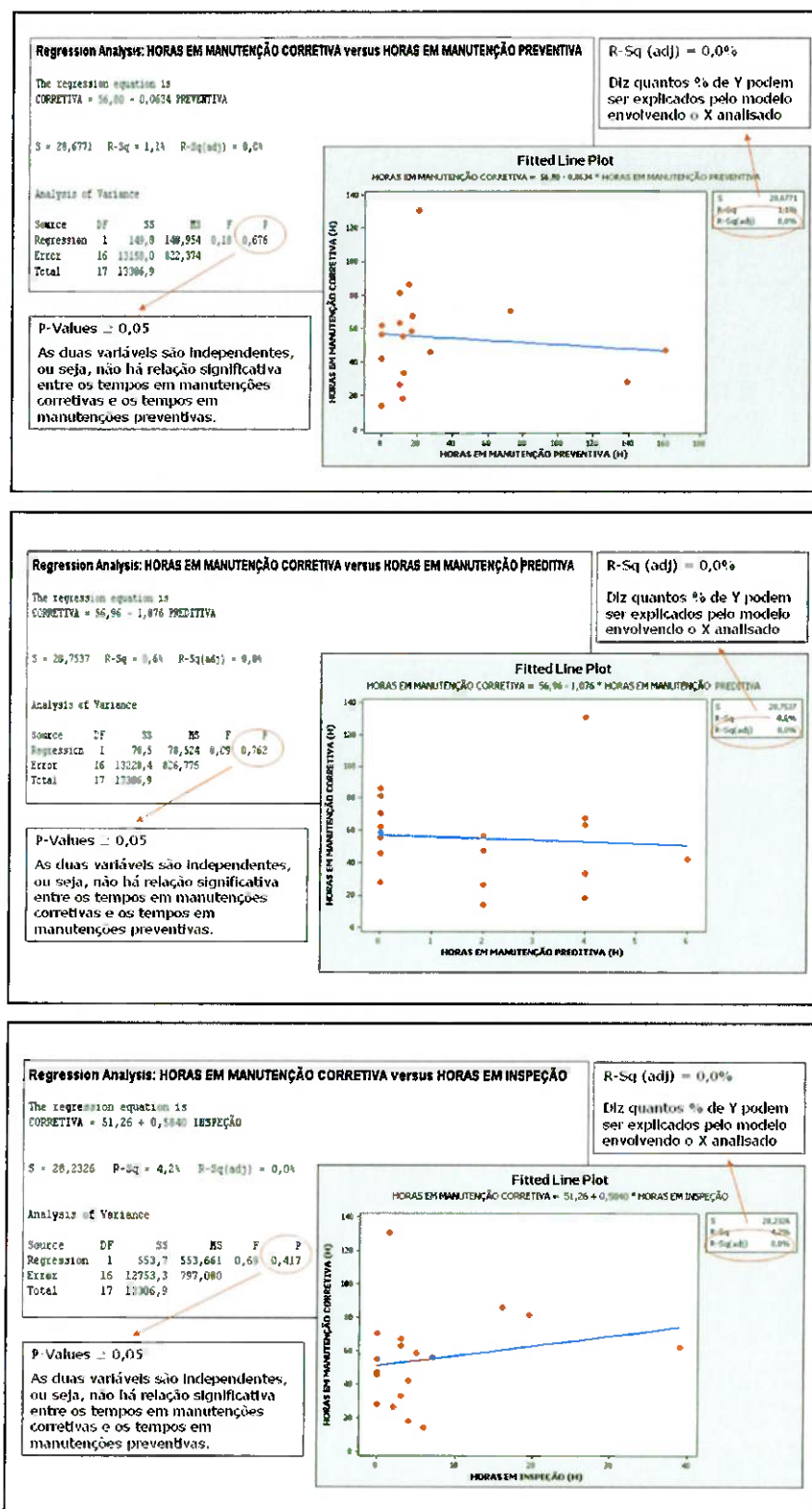
ANEXO 4 – MATRIZ DE “ESFORÇO X IMPACTO”

## ANEXO 5

QUALIDADE TOTAL - PLANO DE AÇÃO						DATA
						20/11/2008
						FOLHA
						1/1
UNIDADE/PROCESSO	LAMINAÇÃO	CÉLULA/TIME	MANUTENÇÃO LAMINAÇÃO	RESPONSÁVEL	ANDRE VAZ	REVISÃO
META						00
EQUIPE: ANDRÉ / CESAR / WALDIR / RODRIGO / ELTON / RAMIRO / EDUARDO / FÁBIO / LUIZ / ALEXANDRE						
CAUSA	O QUE FAZER (MEDIDAS)	QUEM (RESPONSÁVEL)	QUANDO (PRAZO)	PORQUE (MOTIVO)	COMO (AÇÕES)	STATUS (CONDIÇÃO ATUAL)
X0 FALTA DE CRITÉRIO PARA APONTAMENTOS DE PARADAS POR MANUTENÇÃO	ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE APONTAMENTO NO SAP (APONTAMENTO POR L1 E MODIFICAÇÃO DO CATALOGO DE OBJETOS)	JARRO	15/2/2009	MAXIMIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE APONTAMENTO DE NOTAS / ORDEM. MELHORIA DO SISTEMA DE FILTRO DE OCORRÊNCIAS PARA MELHORES TRATATIVAS E AÇÕES DE MANUTENÇÃO.	REALIZAR CARGA DE DADOS NO SISTEMA SAP COM INFORMAÇÕES DE L1 E CATALOGOS DE OBJETOS, JUNTO À ENGENHARIA DA ÁREA.	😊
	TREINAMENTO DO MÉTODO / SISTEMA DE APONTAMENTO, CONFORME ALTERAÇÕES A SEREM REALIZADAS.	JARRO	15/2/2009	MAXIMIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE APONTAMENTO DE NOTAS / ORDEM.	REALIZAR REUNIÕES DE TREINAMENTO COM AS EQUIPES DE CORRETIVA.	😊
	ANALISAR APONTAMENTOS DAS NOTAS / ORDEM, REALIZADOS PELA EQUIPE DE CORRETIVA.	ANDRÉ / CESAR	30/3/2009	VALIDAR O NOVO MÉTODO DE APONTAMENTOS.	REALIZAR ANÁLISE CRÍTICA DOS APONTAMENTOS, COMPARANDO O LOCAL ONDE OCORREM AS FALHAS COM OS L1s APONTADOS, ANALISAR OS APONTAMENTOS COM / SEM PARADAS POR MANUTENÇÃO.	😊
X0 OPERADOR E/OU COLABORADOR NÃO INFORMA TÉCNICO SOBRE AS FALHAS	MELHORAR MÉTODO DE ATENDIMENTO, PARA MANUTENÇÕES CORRETIVAS.	BERTUCCI	30/12/2008	MELHORAR O DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DAS FALHAS OCORRIDAS E REDUZIR O TEMPO DE ATENDIMENTO PARA MANUTENÇÃO CORRETIVA.	ELABORAR PROCEDIMENTO / FLUXOGRAMA PARA SOLICITAÇÃO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO CORRETIVA (TENTAR PARA TEMPO NUNCA PARA ATENDIMENTO).	😊
X01 COLABORADOR DEMORA PARA SOLICITAR AUXÍLIO (TÉCNICO / ENGENHEIRO)	TREINAMENTO DO PROCEDIMENTO / FLUXOGRAMA PARA SOLICITAÇÃO DE SERVIÇOS À MANUTENÇÃO CORRETIVA.		15/1/2009	APLICAR NOVO MÉTODO DE SOLICITAÇÃO DE SERVIÇOS PARA MANUTENÇÃO CORRETIVA.	REALIZAR REUNIÕES DE TREINAMENTO COM AS EQUIPES DE CORRETIVA E EQUIPES DE OPERAÇÃO.	😊
X12 COLABORADOR NÃO POSSUI FERRAMENTAS	DEFINIR MÉTODO DE CONTROLE DE FERRAMENTAS DE USO COMUM À EQUIPE DE ÁREA / EQUIPE DE CORRETIVA.	ANDRÉ / CESAR / BERTUCCI	30/12/2008	PAZONIZAR CONTROLE DE FERRAMENTAS, REDUZIR TEMPO DE DESLOCAMENTOS E PROCURA POR FERRAMENTAS, REDUZIR CUSTOS COM PERDAS / REPOSIÇÕES DE FERRAMENTAS.	ELABORAR PROCEDIMENTO / FLUXOGRAMA PARA GESTÃO DE FERRAMENTAS DE USO COMUM À EQUIPE DE ÁREA / EQUIPE DE CORRETIVA.	😊
	DEFINIR MÉTODO DE CONTROLE DE FERRAMENTAS DE USO PESSOAL DA EQUIPE DE ÁREA.	RODRIGO	15/12/2008		ELABORAR PROCEDIMENTO / FLUXOGRAMA PARA GESTÃO DE FERRAMENTAS PESSOAIS DA EQUIPE DE ÁREA.	😊
X13 DIFICULDADE DE ACESSO ÀS FERRAMENTAS DE USO COMUM	TREINAR / REALIZAR GESTÃO DE CONTROLE DE FERRAMENTAS DE USO COMUM À EQUIPE DE ÁREA.	ANDRÉ / CESAR	30/12/2008		REALIZAR REUNIÕES DE TREINAMENTO DE UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE USO COMUM À EQUIPE DE ÁREA.	😊
	TREINAR / REALIZAR GESTÃO DE CONTROLE DE FERRAMENTAS DE USO COMUM À EQUIPE DE CORRETIVA.	BERTUCCI	30/12/2008	APLICAR NOVO MÉTODO DE GESTÃO DE FERRAMENTAS DE USO PESSOAL, EXCLUIR COMUM.	REALIZAR REUNIÕES DE TREINAMENTO DE UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE USO COMUM À EQUIPE DE CORRETIVA.	😊
X15 FALTA DE LOCAL ADEQUADO (BANCA / OFICINA LOCAL)	DEFINIR LOCAL PARA MANUTENÇÃO, PRÓXIMO AOS EQUIPAMENTOS.	ANDRÉ / CESAR / BERTUCCI	30/11/2008		ANALISAR JUNTO ÀS EQUIPES DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO O MELHOR LOCAL DISPONÍVEL PARA ÁREA DE MANUTENÇÃO, PRÓXIMO AOS EQUIPAMENTOS.	😊
	DEFINIR TIPO DE MATERIAIS A SEREM ALOCADOS NA ÁREA DE MANUTENÇÃO (USO COMUM / USO PESSOAL).	ANDRÉ / CESAR / BERTUCCI	30/11/2008	REDUZIR TEMPO DE DESLOCAMENTOS E PROCURA POR FERRAMENTAS.	ANALISAR AS FERRAMENTAS ATUAIS, IDENTIFICAR NECESSIDADES DE NOVAS FERRAMENTAS E SOLICITAR COMPRA, CASO NECESSÁRIO.	😊
X02 DEMORA PARA ENVIO DE MATERIAIS A FORNECEDORES EXTERNOS	DEFINIR ÁREA DE SEGREGAÇÃO PARA PEÇAS A SEREM ENVIADAS PARA CONSERTO.	ANDRÉ	15/12/2008	REDUZIR TEMPO DE ENVIO DE MATERIAIS PARA CONSERTO.	ANALISAR ÁREAS DE MANUTENÇÃO E IDENTIFICAR MELHOR LOCAL PARA ALOCAÇÃO DE PEÇAS PARA ENVIO PARA CONSERTO EXTERNO.	😊
	DEFINIR / CRIAR FLUXO DE VERIFICAÇÃO DE MATERIAIS A SEREM ENVIADOS PARA CONSERTO EXTERNO.	RODRIGO	15/1/2009	MELHOR O FLUXO DE SERVIÇOS DE CONSERTOS EXTERNOS.	ELABORAR FLUXOGRAMA PARA VERIFICAÇÃO DE MATERIAIS A SEREM ENVIADOS PARA CONSERTO EXTERNO.	😊
	TREINAR MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO E FLUXO DE MATERIAIS A SEREM ENVIADOS PARA CONSERTO EXTERNO.	ANDRÉ / BERTUCCI	30/12/2008	PAZONIZAR MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO E ENVIO DE MATERIAIS PARA CONSERTO EXTERNO.	REALIZAR REUNIÕES DE TREINAMENTO COM AS EQUIPES DE MANUTENÇÃO CORRETIVA / ÁREA.	😊
X06 FALTA DE PEÇAS ESTRATÉGICAS NO ARMAZÉM LOCAL	IDENTIFICAR ÁREA DE SEGREGAÇÃO PARA MATERIAIS A SEREM ENVIADOS PARA CONSERTO EXTERNO.	ANDRÉ / CESAR	30/12/2008	MELHOR O FLUXO DE SERVIÇOS DE CONSERTOS EXTERNOS.	DEMARCAR O PISO COM FITA AMARELA E IDENTIFICAR AS PRATELEIRAS COM ETIQUETAS, CONFORME PADRÃO SS.	😊
	IDENTIFICAR OS MATERIAIS MAIS UTILIZADOS PELA ÁREA DE MANUTENÇÃO CORRETIVA E A NECESSIDADE DE MANTÊ-LOS EM ESTOQUE E EM ARMAZÉM LOCAL.	BERTUCCI	15/5/2009	REDUZIR O TEMPO DE PROCURA E ESPERA DE MATERIAIS PARA REPAROS.	IDENTIFICAR NA SAP, O CONSUMO DOS MATERIAIS, POR MEIO DE ORDEM DO TIPO L01, RELACIONAR OS MATERIAIS MAIS CONSUMIDOS E APONTAR AS NECESSIDADES DE ESTOQUE LOCAL.	😊
X01 ENTREGA EM LOCAL INDEBIDUO (ÁREA / SUBALMOXARIFADO)	DEFINIR ÁREA DE ENTREGA DE MATERIAL PELO ALMOXARIFADO.	CESAR	30/12/2008	PAZONIZAR ÁREA DE ENTREGA E REDUZIR TEMPO DE PROCURA DE MATERIAIS.	ANALISAR ÁREAS DE MANUTENÇÃO E DEFINIR MELHOR LOCAL PARA ALOCAÇÃO DE PEÇAS.	😊
	DEFINIR PESSOAS RESPONSÁVEIS POR RECEBIMENTO DE PEÇAS A SEREM ENTREGUES PELO ALMOXARIFADO.	ANDRÉ / CESAR / BERTUCCI	15/1/2009	PAZONIZAR ENTREGA DE MATERIAIS PELO ALMOXARIFADO.	DEFINIR OS RESPONSÁVEIS PELO RECEBIMENTO DE MATERIAIS DAS EQUIPES DE MANUTENÇÃO CORRETIVA E ÁREA.	😊
X06 PROGRAMADOR DEMORA PARA PROGRAMAR NOTAS/ORDENS PARA COMPRA DE MATERIAIS	CRAR ROTINA DE VERIFICAÇÃO DE NECESSIDADES DE COMPRAS DE MATERIAIS.	RODRIGO / ANDRÉ / CESAR	30/12/2009	GARANTIR A COMPRA DOS MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA REPAROS.	VERIFICAÇÃO DIÁRIA DAS NOTAS/ORDENS DE MANUTENÇÃO COM NECESSIDADES DE COMPRA DE MATERIAIS E IDENTIFICAÇÃO DAS MESMAS COM STATUS "NÃO".	😊
X06 FUNCIONÁRIOS DO ML NÃO INFORMAM AS NECESSIDADES DE COMPRAS DE MATERIAIS RESERVAS	ELABORAR PLANILHA PARA IDENTIFICAÇÃO DE NECESSIDADES DE COMPRAS DE MATERIAIS / ESTOQUE MÍNIMO / ATIVOS / L1 / ATIVOS.	BERTUCCI	15/1/2009	IDENTIFICAR NECESSIDADES DE COMPRAS DE MATERIAIS ESTRATÉGICOS.	ELABORAR PLANILHA DE ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS ESTRATÉGICOS E CADASTRAL-NO SISTEMA DE INFORMAÇÕES.	😊
	CRAR ROTINA DE VERIFICAÇÃO DE NECESSIDADES DE COMPRAS DE MATERIAIS.	RODRIGO / ANDRÉ / CESAR	30/1/2009	GARANTIR A COMPRA DOS MATERIAIS IDENTIFICADOS COMO ESTRATÉGICOS.	VERIFICAÇÃO DIÁRIA DA PLANILHA DE NECESSIDADES, CADASTRANDO NO SISTEMA DE INFORMAÇÕES.	😊

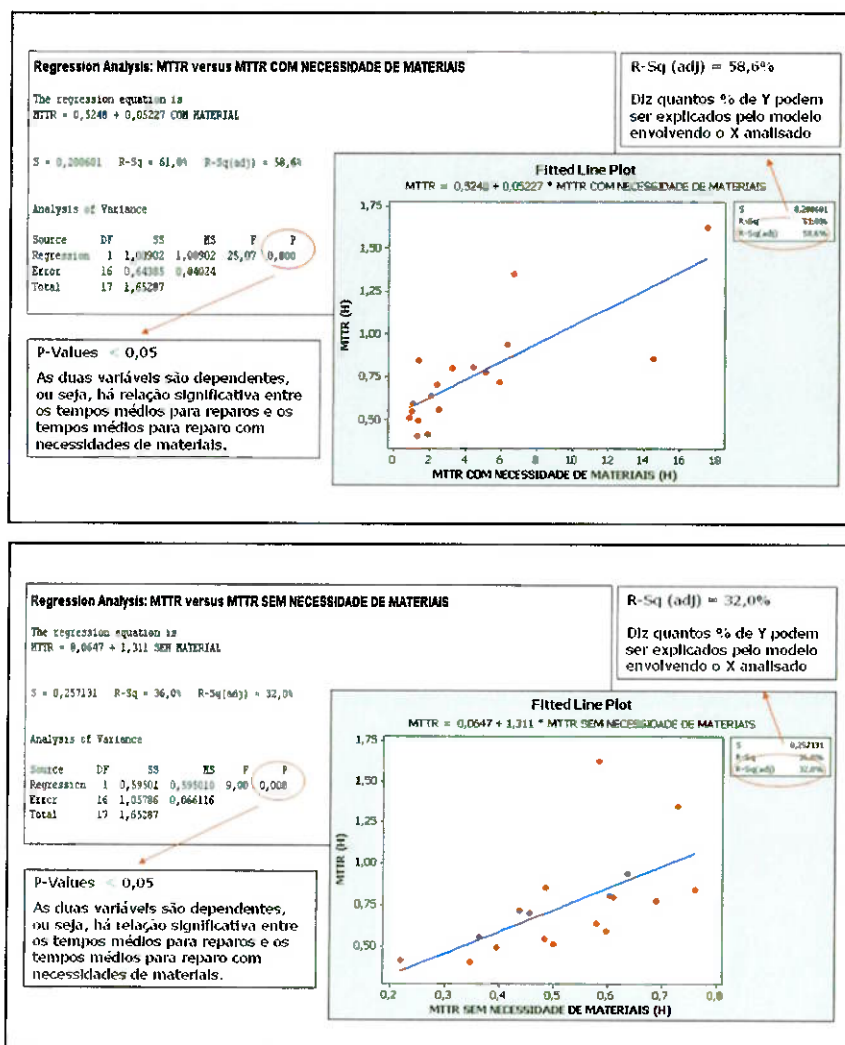
## ANEXO 5 – PLANO DE AÇÕES “VER E AGIR”

## ANEXO 6



## ANEXO 6 – CORRELAÇÕES DOS PLANOS DE MANUTENÇÕES

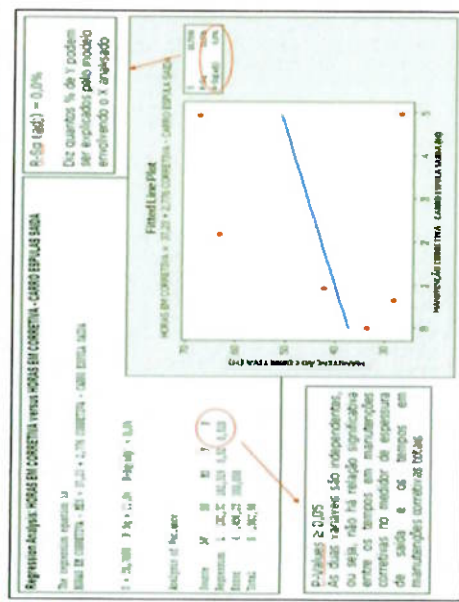
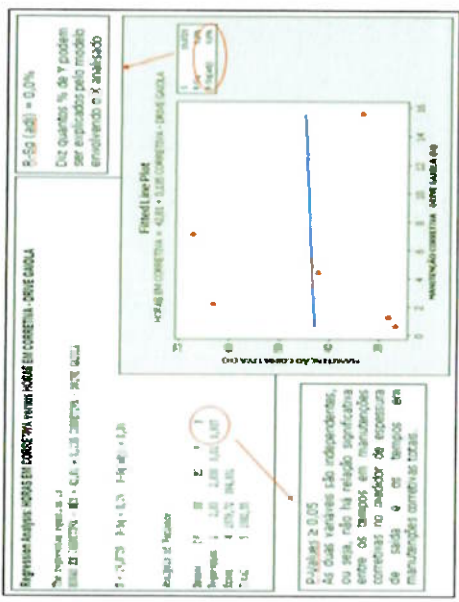
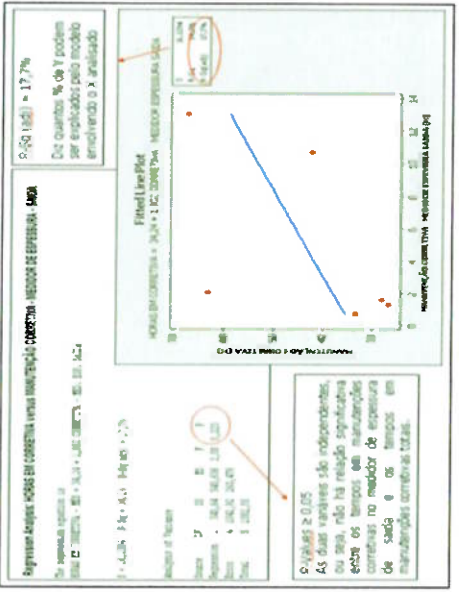
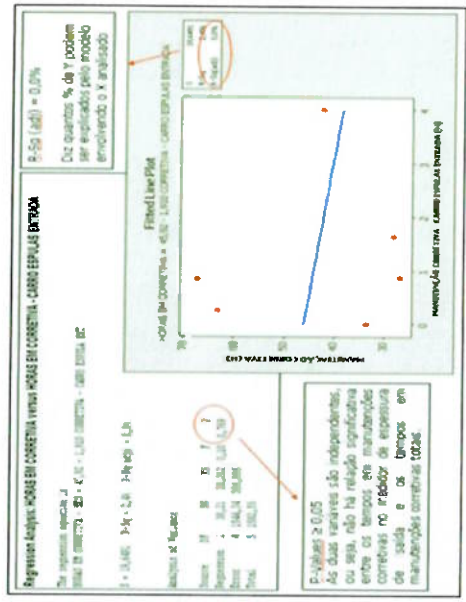
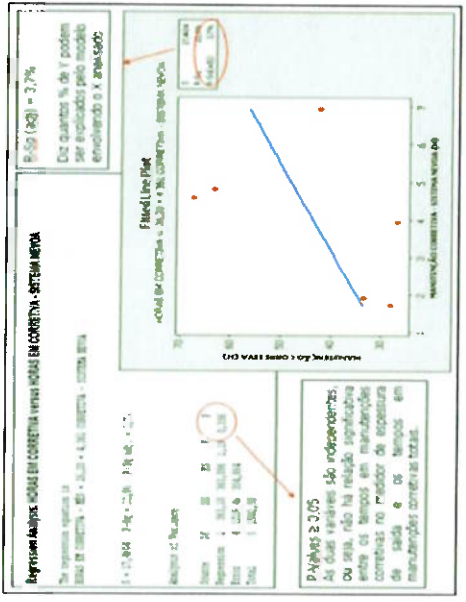
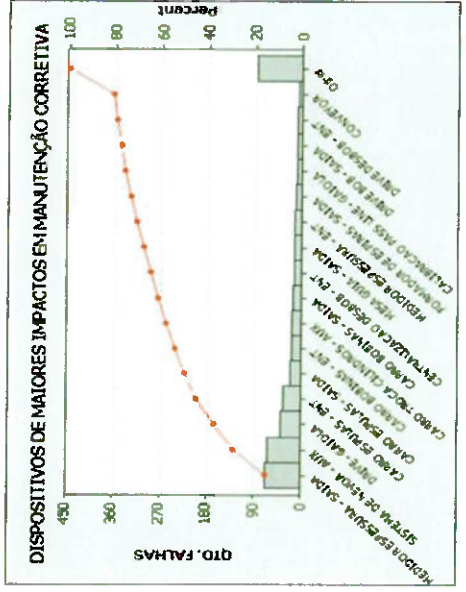
## ANEXO 7



ANEXO 7 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEMPOS PARA REQUISIÇÕES DE MATERIAIS EM  
 MANUTENÇÕES CORRETIVAS E O MTTR

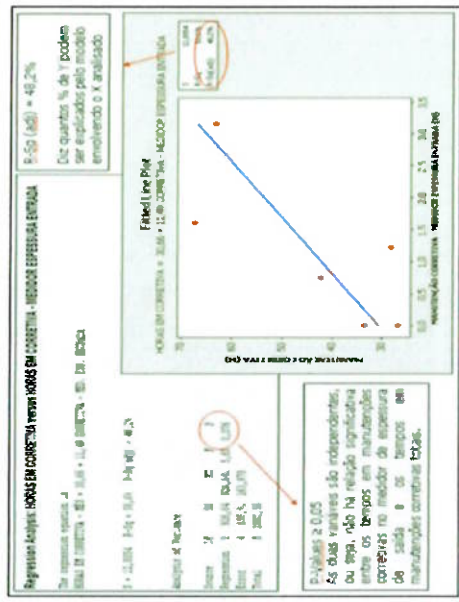
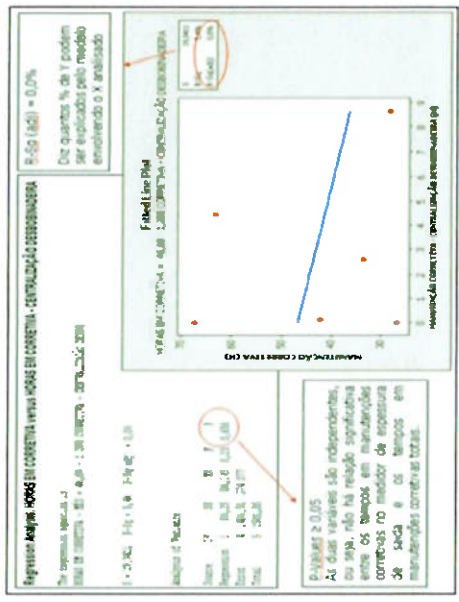
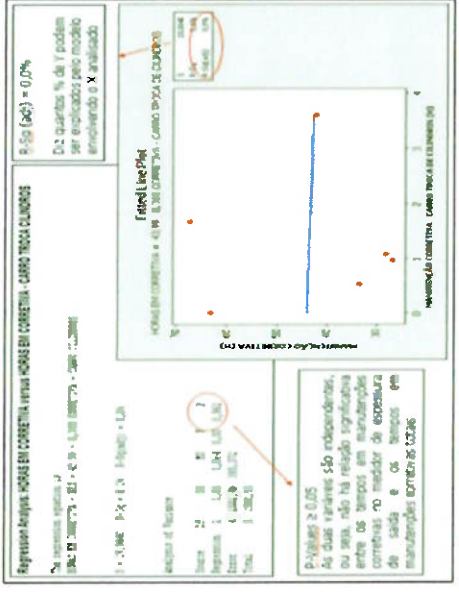
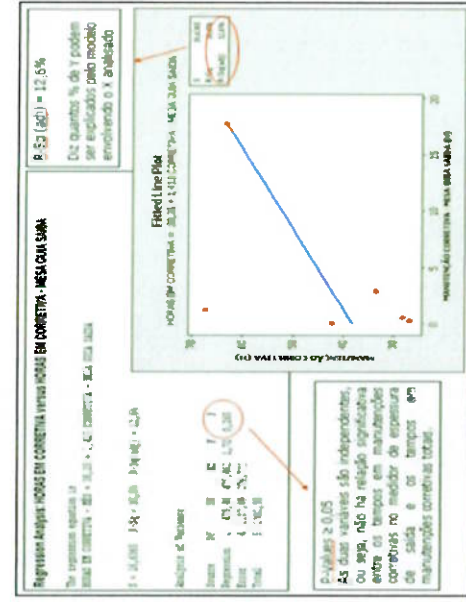
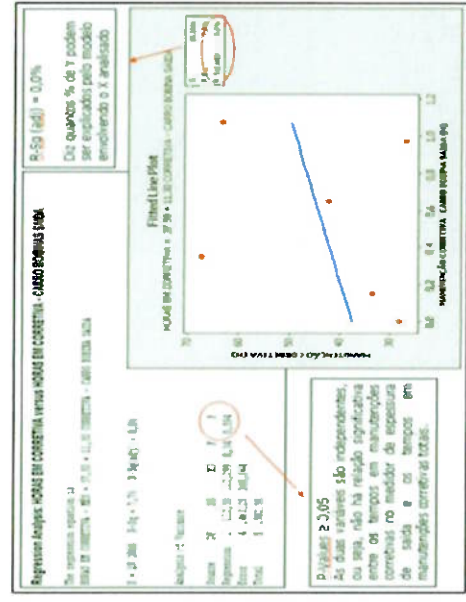
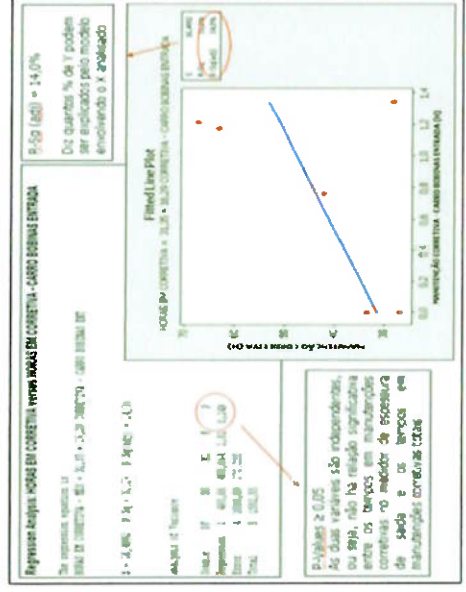


# ANEXO 8



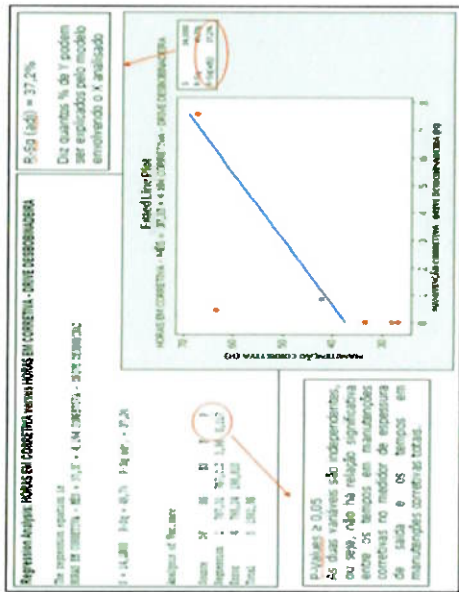
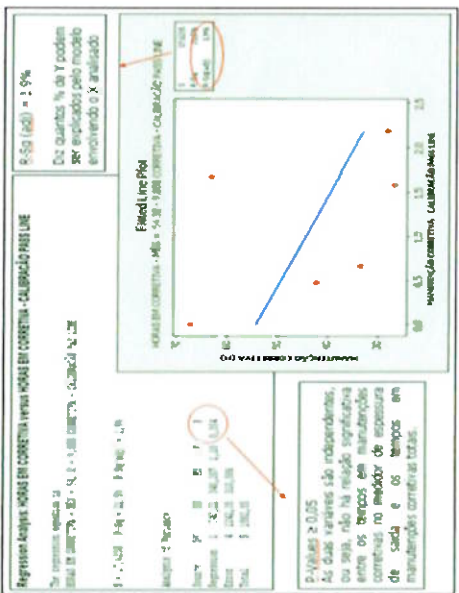
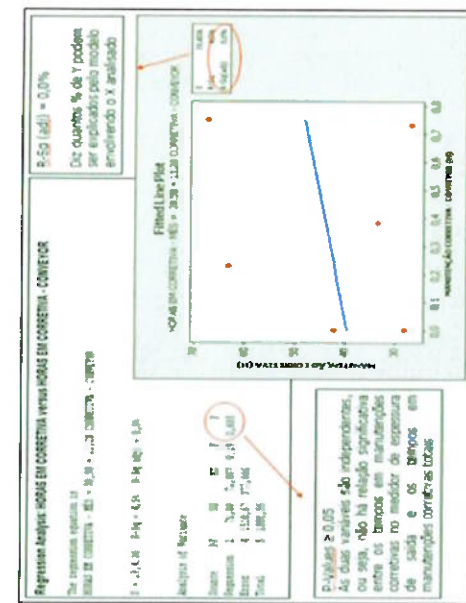
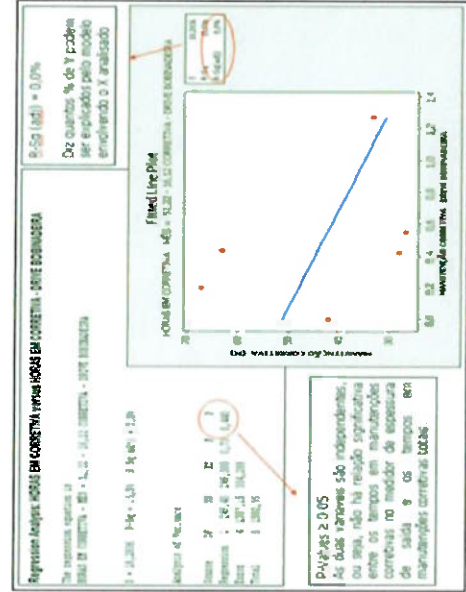
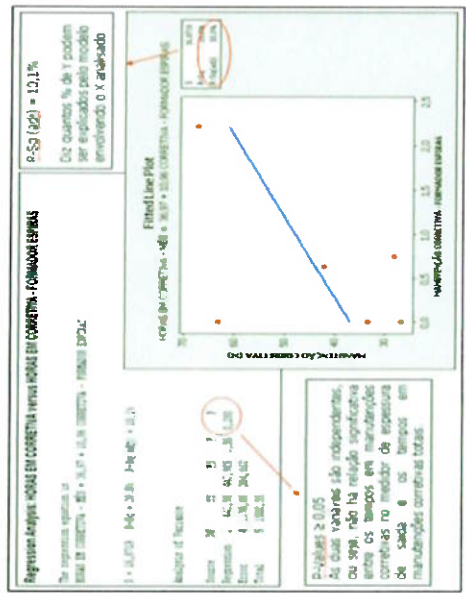
ANEXO 8 – CORRELAÇÕES ENTRE OS ITENS DE MAIORES IMPACTOS EM MANUTENÇÕES CORRETIVAS E OS TEMPOS EM MANUTENÇÕES CORRETIVAS

# ANEXO 9



ANEXO 9 – CORRELAÇÕES ENTRE OS ITENS DE MAIORES IMPACTOS EM MANUTENÇÕES CORRETIVAS E OS TEMPOS EM MANUTENÇÕES CORRETIVAS

ANEXO 10



ANEXO 10 – CORRELAÇÕES ENTRE OS ITENS DE MAIORES IMPACTOS EM MANUTENÇÕES CORRETIVAS E OS TEMPOS EM MANUTENÇÕES CORRETIVAS



## ANEXO 11

Fases	Objetivo	Principais Atividades	Principais Ferramentas	Perguntas - Chave
<b>Definição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir um projeto Six Sigma relacionado a uma métrica / KPI da Organização</li> <li>Garhar a aprovação da Organização para a execução do projeto</li> <li>Estabelecer ganhos inclusive financeiros, para a organização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Justificar perante a Organização o porque de fazer o projeto</li> <li>Montar o Contrato do Projeto</li> <li>Peçar a aprovação do Patrocinador e do MBB / BB</li> <li>Estabelecer a equipe do Projeto</li> <li>Revisar potenciais ganhos financeiros do projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VOB / VOB</li> <li>Histórico de variação da métrica / KPI ao longo do tempo</li> <li>Contrato do Projeto</li> <li>SIPCC</li> <li>Mapa Macro do Processo</li> <li>Quick Win Opportunities</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por que este projeto é importante para a Organização?</li> <li>Quem são os membros da equipe?</li> <li>Existem possíveis restrições ou dificuldades?</li> <li>Há ganho financeiro?</li> </ul>
<b>Medição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar a(s) saída(s) do Processo (Y's)</li> <li>Listar potenciais fontes de variação (potenciais X's)</li> <li>Validar o Sistema de Medição (MSA)</li> <li>Identificar a Capacidade (σ) e DPMO Iniciais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primeira reunião da equipe</li> <li>Definir a(s) saída(s) do Processo (Y's)</li> <li>Validar o Sistema de Medição</li> <li>Criar uma lista de 20-30 Potenciais X's (potenciais fontes de variação)</li> <li>Criar um banco de dados contendo informações sobre os X's e Y's</li> <li>Realizar as primeiras análises estatísticas sobre o Y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mapa do Processo</li> <li>Espinha de Peixe</li> <li>Matriz Causa &amp; Efeito</li> <li>Matriz Esforço x Impacto</li> <li>Estatística Básica</li> <li>Histograma</li> <li>Pareto</li> <li>Gráfico de Tendência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quais são as saídas do processo (Y's)? O Sistema de Medição foi validado?</li> <li>Os dados já existem ou serão coletados?</li> <li>Quais os potenciais X's?</li> <li>Qual o σ e o DPMO iniciais?</li> </ul>
<b>Análise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encontrar os poucos X's vitais que deverão ser atacados para reduzir a probabilidade do processo gerar defeitos</li> <li>Encontrar os poucos X's vitais que afetam significativamente a variação do processo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer os X's óbvios - Quick Win Opportunities</li> <li>Validar quais X's têm influência sobre os Y's (graficamente)</li> <li>Validar quais X's têm influência sobre os Y's (estatisticamente)</li> <li>Validar quais X's têm influência sobre os Y's (análise de risco)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pareto</li> <li>Box Plot</li> <li>Diagrama de Dispersão</li> <li>Análise Multi - Vari</li> <li>Teste Chi Quadrado</li> <li>Análise de Regressão</li> <li>ANOVA</li> <li>Teste de Hipótese</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Há alguma fonte de variação (X's) identificada sem necessidades de validação - Quick Win?</li> <li>Quais são as principais fontes de variação do Processo?</li> </ul>
<b>Melhoria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tomar as ações sobre o processo</li> <li>Confirmar que o processo melhorou</li> <li>Validar os benefícios para a Organização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Montar o Plano de Ação</li> <li>Validar as ações com o Patrocinador</li> <li>Buscar recursos e ajuda para ações</li> <li>Validar benefícios financeiros com a área Financeira</li> <li>Montar o novo Mapa de Processo sem atividades que não agregam valor</li> <li>Recalcular σ e DPMO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano de Ação</li> <li>Diagrama de Afinidade</li> <li>DOE</li> <li>Benchmarking</li> <li>FMEA</li> <li>Análise de Regressão</li> <li>Experimentação / Piloto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quais as ações tomadas para melhorar o processo?</li> <li>Qual o benefício previsto do projeto? Foi validado com Finanças?</li> <li>Qual o novo σ e DPMO?</li> <li>Qual o novo Mapa do Processo?</li> </ul>
<b>Controle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer os Controles para manter as melhorias feitas no processo</li> <li>Passar para o dono do processo a responsabilidade por monitorar o processo ao longo do tempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Montar o Business Process Management</li> <li>Estabelecer os controles</li> <li>Validar com a equipe se há necessidade de ações adicionais</li> <li>Realizar alterações nos procedimentos e instruções de trabalho</li> <li>Formalizar o término do projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normas e Procedimentos</li> <li>Auditoria</li> <li>Business Process Management - Poka Yoke</li> <li>Plano de Controle</li> <li>CEP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O que está sendo feito para garantir que as melhorias vão se manter ao longo do tempo?</li> <li>Quais os próximos projetos a serem desenvolvidos?</li> </ul>

ANEXO 11 – ESTRUTURA E PRINCIPAIS FERRAMENTAS DO “LEAN SIX SIGMA”. (SETA DESENVOLVIMENTO GERENCIAL, 2008).