

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANÁLISE DA EFICÁCIA DO PLANO DE MANUTENÇÃO E DO SISTEMA DE
TRATAMENTO DE FALHAS EM EQUIPAMENTO CRÍTICO DE UMA EMPRESA DE
FLUXO CONTÍNUO

GABRIEL COUTO MANTESE
ORIENTADOR: PROF. DR. DANIEL CAPALDO AMARAL

SÃO CARLOS – SP

2011

Gabriel Couto Mantese

ANÁLISE DA EFICÁCIA DO PLANO DE MANUTENÇÃO E DO SISTEMA DE
TRATAMENTO DE FALHAS EM EQUIPAMENTO CRÍTICO DE UMA EMPRESA DE
FLUXO CONTÍNUO

Trabalho de Conclusão de curso
apresentado à Escola de Engenharia de
São Carlos da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
Engenheiro de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Capaldo Amaral

São Carlos

2011

Resumo

MANTESE, G. C. ANÁLISE DA EFICÁCIA DO PLANO DE MANUTENÇÃO E DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE FALHAS EM EQUIPAMENTO CRÍTICO DE UMA EMPRESA DE FLUXO CONTÍNUO. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011

A disponibilidade de equipamentos e a qualidade dos produtos é questão de extrema importância para qualquer empresa. Qualquer dos fatores, se mal controlados, pode colocar a sobrevivência da mesma em risco. Com isso em vista, é necessário então que algumas medidas sejam tomadas para que os equipamentos não fiquem parados, produzam itens fora do padrão de qualidade ou sofram deterioração acelerada. Nesse ponto é que entra a manutenção e a análise das falhas dos equipamentos. Esse trabalho tem por finalidade analisar o gerenciamento da manutenção e o tratamento das falhas para um equipamento crítico da linha de produção de uma empresa do setor alimentício que opera em fluxo contínuo. Inicia com uma revisão bibliográfica e segue com um levantamento da situação da manutenção e do tratamento e análise de falhas em equipamento crítico para a empresa. Através dessa análise é possível verificar a situação atual do equipamento e identificar lacunas, sendo as principais com relação ao não cumprimento das ordens de manutenção, e por fim propor ações de melhoria para que os pontos falhos sejam sanados. As propostas se concentram mais na intenção de direcionar esforços para os principais problemas, como providenciar aos operadores e técnicos de manutenção as condições necessárias para a conclusão dos serviços.

Palavras-chave: manutenção, falhas, tratamento das falhas, gestão da manutenção.

Abstract

MANTESE, G. C. EFFECTIVENESS ANALYSIS OF THE MAINTENANCE PLAN AND OF THE FAILURE SYSTEM TREATMENT OF A CRITICAL EQUIPMENT IN AN INDUSTRY THAT OPERATES IN A CONTINUOUS FLOW. Work Completion – São Carlos Engineering School, São Paulo University, São Carlos, 2011.

The availability of equipments and product quality is an extreme important matter for any company. If they are not well handled, the survival of the company can be jeopardized. With that in mind, some actions are necessary, in order that the equipments don't stay still or quickly fade out and items out of the quality standard are not produced. At this point, the maintenance and the equipment failure analysis play a crucial role. This conclusion paper, which initiates with a bibliographic revision of those concepts, has as objective to analyze the maintenance management and the failure treatment of critical equipments in a food industries manufacturing sector that operates in a continuous flow. Through this analysis it is possible to be acquainted with the current situation of the equipment and identify possible gaps, as the majority of them are related with the lack of fulfillment of the maintenance commands. Finally, there are suggested actions of improvement, in order that the existing failures can be corrected. The suggestions focus principally on allocating efforts for the main problems, like providing to the operators and maintenance technical staff the necessary conditions for the conclusion of the services.

Key-words: Maintenance, failures, failures treatment, maintenance management.

Sumário

1. Introdução.....	6
1.1. Objetivo principal.....	6
1.2. Objetivos secundários.....	7
1.3. Método.....	7
2. Conceitos básicos sobre falhas.....	12
2.1. Introdução.....	12
2.2. Tipos de falhas.....	12
2.3. Motivo de ocorrência das falhas.....	13
2.4. Modelos de falhas.....	16
2.5. Métodos para análise de falhas.....	18
2.6. Confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade.....	22
3. Manutenção.....	26
3.1. Definições.....	26
3.2. Manutenção corretiva.....	27
3.3. Manutenção preventiva.....	29
3.4. Manutenção preditiva.....	31
3.5. Manutenção autônoma.....	33
3.6. TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>).....	35
3.6.1. Pilares da TPM.....	35
3.6.2. Resultados com a TPM.....	36
4. A empresa.....	38
4.1. Manutenção na empresa.....	38
4.2. Recomendações do fabricante frente ao plano de manutenção.....	42
4.3. Histórico da manutenção.....	43
4.4. Entrevista e conversa com operadores.....	51

4.5. Ferramentas para análise e tratamento das falhas	53
5. Considerações finais e conclusões.....	56
5.1. Pontos principais.....	56
5.2. Considerações	58
5.3. Conclusões.....	59
6. Referências Bibliográficas	61
Apêndice A – Roteiro de perguntas e respostas dos operadores entrevistados	62

1. Introdução

As empresas que funcionam em linha de produção de fluxo contínuo dependem da disponibilidade dos seus equipamentos. O tempo perdido com paradas de produção imprevistas, independente do motivo, significa desperdício.

Além do custo das máquinas ociosas, deve-se pagar os funcionários pelo tempo em que estão parados, é necessário prover recursos para que os problemas sejam sanados imediatamente e ainda corre-se o sério risco de não se conseguir produzir o necessário, deixando clientes insatisfeitos, podendo por fim colocar em jogo a sua própria sobrevivência.

Há também uma crescente automatização nas indústrias, refletindo na complexidade dos equipamentos e nas exigências por produtos com qualidade superior (XENOS, 2004). Tudo isso coloca em evidência a necessidade de se combater e bloquear a ocorrência das falhas, para que as mesmas não coloquem em risco a disponibilidade dos ativos ou a qualidade dos produtos e não prejudique o estado funcional dos equipamentos.

Como conseqüência, aumenta o potencial de diminuição de custos e crescimento da margem de lucros a partir da melhoria da disponibilidade e produtividade dos equipamentos, por meio da racionalização do esforço de manutenção dos ativos (XENOS, 2004).

O primeiro passo, para melhorar a manutenção industrial, é obter-se um diagnóstico das práticas utilizadas pela empresa e a sua adequação frente ao potencial de desempenho em disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos equipamentos.

Esse diagnóstico pode denunciar lacunas e problemas tanto no sistema de manutenção da empresa quanto nos métodos de análise e resolução das falhas, podendo então propor melhorias para os mesmos.

1.1. Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é analisar como está a gestão da manutenção e do sistema de tratamento de falhas de equipamentos críticos usados em três das linhas de produção de uma empresa alimentícia que trabalha em fluxo contínuo. Esses equipamentos são iguais nas três linhas.

1.2. Objetivos secundários

Através da análise, identificar as lacunas do sistema de manutenção, bem como do tratamento e análise de falhas, e concluir o motivo pelo qual o equipamento está sofrendo uma deterioração acelerada e impactando negativamente na produtividade da empresa com seguidas falhas.

Por fim, propor medidas eficazes que possam reverter este quadro, possibilitando, dessa maneira, que o equipamento funcione normalmente e que seu processo de envelhecimento ocorra de forma natural ou ainda mesmo seja retardado.

1.3. Método

A metodologia deste trabalho é definida como sendo um “Estudo de Caso”, pois é um estudo empírico aplicado dentro de uma empresa existente que tem por objetivo aprofundar o conhecimento sobre um problema não definido com a intenção de compreendê-lo e sugerir hipóteses que possam ser úteis para a sua resolução (GIL¹, 1996 *apud* MIGUEL, 2007; BERTO e NAKANO², 2000 *apud* MIGUEL, 2007; MATTAR³, 1996 *apud* MIGUEL, 2007)

Dessa maneira, o trabalho é dividido em 5 etapas:

a) Etapa 1 – Revisão bibliográfica

O trabalho é iniciado com uma revisão bibliográfica acerca de falhas. Isso para que seja possível entender sobre seus motivos de ocorrência, o que se pode ser feito para que as mesmas sejam evitadas e a importância do seu tratamento para que não exista reincidência.

Ainda na revisão bibliográfica, faz-se um levantamento sobre a manutenção. Explanando sobre seus tipos, suas atividades, aspectos positivos e as dificuldades.

b) Etapa 2 – Descrição da empresa

O próximo passo é uma descrição da empresa, bem como do seu processo produtivo. Permitindo então justificar a importância e relevância deste trabalho para

¹ GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.

² BERTO, R. M. V. S., NAKANO, D. N. A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa. **Produção**, v.9, n.2, p. 65-76, 2000.

³ MATAR, F. N. **Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento**. São Paulo: Atlas, 1996.

a mesma. Essa descrição será feita de maneira que se possa entender o funcionamento geral da empresa, da linha de produção e das atividades de manutenção.

c) Etapa 3 – Coleta e interpretação dos dados

Finalmente chega-se ao ponto no qual este trabalho tem uma aplicação prática. Neste momento são levantados dados acerca da manutenção realizada sobre as máquinas críticas em questão, são abordados os seguintes dados:

- **Recomendações quanto à manutenção do fabricante do equipamento.** Nesta fase, são analisados os documentos técnicos do equipamento, tais como lista de peças, padrões operacionais e manuais de manutenção, listando então todas as recomendações encontradas. Esses documentos estão disponíveis para consulta dentro da organização.
- **Plano de manutenção criado para o equipamento.** Aqui, consulta-se o plano de manutenção que, em teoria, está sendo aplicado ao equipamento. Esse plano é dividido em ordens de manutenção, que são ordens de serviço que contêm o que precisa ser feito, o local do serviço, a data que precisa ser realizado e a especialização necessária do técnico. Dessa maneira, verifica-se se as recomendações do fabricante estão sendo contempladas no plano de manutenção. O plano de manutenção está disponível para consulta no ERP da organização.
- **Histórico das ordens de manutenção.** Esse histórico é importante para poder analisar se as ordens de manutenção preventiva têm sido cumpridas dentro do prazo e se as ordens de manutenção corretiva têm sido atendidas prontamente pelas equipes de manutenção. Esse histórico também está disponível no ERP da empresa.

Após o levantamento desses dados, outras informações acerca da manutenção na empresa são levantadas, essas informações, por sua vez, são mais subjetivas e são obtidas através de observações no campo e entrevistas com os operadores. Esses dados são:

- **Qualidade dos serviços de manutenção.**
- **Condições oferecidas para que os serviços de manutenção sejam realizados.**

- **O que pode ser feito, na visão dos operadores, para que o quadro seja revertido.**

Depois, verifica-se a existência de alguma ferramenta para análise e tratamento de falhas. Caso exista, analisa-se se ela tem surtido efeito nos resultados de eficiência das linhas de produção.

A Tabela 1.1 mostra, resumidamente, quais as fontes serão utilizadas e o que se deseja obter com cada uma delas, bem como a maneira que os dados serão coletados.

Fonte	O que se deseja responder	Como
Documentos técnicos do equipamento	Quais são as recomendações do fabricante quanto à manutenção do equipamento?	Listagem das recomendações presentes nos documentos técnicos
Registros no ERP e no sistema da empresa	O plano de manutenção criado para o equipamento contempla todas as recomendações do fabricante?	Comparação entre o plano de manutenção e as recomendações do fornecedor
	O plano de manutenção tem sido cumprido dentro do prazo?	Verificação do histórico recente das ordens geradas a partir do plano de manutenção, analisando se estão sendo cumpridas dentro do prazo
	As ordens de manutenção têm sido feitas e atendidas prontamente?	Verificação do histórico recente de ordens geradas a partir de anomalias ou falhas detectadas, analisando se estão sendo cumpridas e se tem sido atendidas prontamente
	As ferramentas para a análise e tratamento de falhas têm surtido efeito?	Verificação da existência de ferramentas para o tratamento de falhas e se as mesmas têm surtido efeito quanto à melhoria da eficiência das linhas de produção.
Operadores dos equipamentos	Os serviços de manutenção são de qualidade?	Conversas e entrevistas com os operadores
	São dadas as condições necessárias para que os serviços de manutenção sejam realizados?	
	Se o plano de manutenção estiver contemplando todas as recomendações do fabricante, o que mais poderia ser feito para que o equipamento funcione normalmente?	
	O que pode ser feito para que este quadro seja revertido?	

Tabela 1.1 – Fontes necessárias para a obtenção dos dados

Fonte: o Autor

d) Etapa 4 – Considerações acerca dos dados

Após esse levantamento de informações, são tecidas considerações sobre os dados para se concluir onde está o problema, ou problemas, do plano de manutenção, do sistema de gerenciamento da manutenção e das medidas para o tratamento das falhas nos equipamentos da organização.

e) Etapa 5 – Conclusão e proposta de melhorias

Por fim, propõem-se melhorias e medidas com a finalidade de que o equipamento crítico em questão não sofra tanto com falhas e deterioração. Essas melhorias podem ser tanto no sistema de análise de falhas como nos processos de manutenção.

2. Conceitos básicos sobre falhas

2.1. Introdução

A norma NBR 5462 (1994, p.3), intitulada “Confiabilidade e Manutenibilidade”, define falha da seguinte maneira: “Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida.” E defeito como: “Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos.”

De acordo com as definições oferecidas, é necessário que se conheça extremamente bem a função do equipamento e que as falhas estejam sempre relacionadas a parâmetros mensuráveis (PEREIRA, 2009).

De acordo com Xenos (2004), existem condições intermediárias entre o estado de perfeito funcionamento de um equipamento e a sua quebra total, que são o funcionamento em uma menor velocidade ou o funcionamento que produz produtos defeituosos.

Existe também o conceito de falha potencial, chamado por Xenos (2004) de anomalia, que é definida como sendo a ocorrência que não resulta em paradas, diferentemente das falhas, que são as ocorrências que acarretam em paradas de produção. Dessa maneira podem ser identificados dois momentos diferentes: o primeiro, que vai desde o funcionamento normal do equipamento até o aparecimento de algum sinal de falha, ou seja, da detecção de alguma anomalia, e o segundo, que se inicia com o aparecimento desse sinal até a incidência da falha (XENOS, 2004).

Na prática, essa diferenciação é bastante útil, pois se pode tratar cada uma delas de maneira diferente, ou ainda permite uma priorização das ocorrências que devem ser tratadas, podendo focar primeiramente nas falhas e depois tentar sanar as anomalias (XENOS, 2004).

2.2. Tipos de falhas

De acordo com Pereira (2009), as falhas podem ser divididas em duas linhas distintas para que possam ser analisadas com a finalidade de reduzir seus efeitos.

São elas:

- Por erro humano;
- Por quebra de componentes ou subsistemas.

As falhas por erro humano normalmente ocorrem por falta de treinamento nas funções operacionais, já as falhas do outro tipo são as mais comuns e que precisam ser seguidas imediatamente por algum tipo de conserto ou reparo (PEREIRA, 2009).

As falhas por quebra de componentes ou subsistemas, por sua vez, podem ser subdivididas em (PEREIRA, 2009):

- Falhas relacionadas à idade do ativo. Mesmo sendo utilizado dentro dos limites especificados e nas condições de uso adequadas, com o passar do tempo o equipamento fica mais suscetível a falhas simplesmente pelo processo natural do seu uso. Já quando utilizado excedendo a sua capacidade funcional, o equipamento terá uma redução da sua vida útil (PEREIRA, 2009).
- Falhas aleatórias de componentes simples. São as falhas submetidas a cargas externas, como tensão mecânica ou tensão elétrica. Existem situações nas quais o ativo não chega a quebrar, mas fica fragilizado, podendo ocorrer falhas mais facilmente (PEREIRA, 2009).
- Falhas aleatórias de componentes complexos. Devido à utilização de novas tecnologias com a finalidade de melhorar a produtividade dos equipamentos, os componentes acabam por ficar mais complexos, diminuindo por fim a previsibilidade da ocorrência de falhas. Por complexidade pode-se entender redução nas dimensões, melhora na interface, aumento na confiabilidade das informações etc. (PEREIRA, 2009).

2.3. Motivo de ocorrência das falhas

Segundo Xenos (2004), existem três principais categorias, dentre as diversas causas possíveis, para classificar o motivo de incidência das falhas: falta de resistência, uso inadequado e por último, manutenção inadequada.

A falta de resistência é um resultado de um projeto deficiente, de uma especificação errônea de materiais ou ainda de erros na fabricação e montagem dos equipamentos. Sendo assim, mesmo com a aplicação de esforços que, em tese, o equipamento deveria suportar as falhas acabam por acontecer (XENOS, 2004).

Já as falhas por uso inadequado são resultado da aplicação de esforços fora das especificações e da capacidade dos equipamentos. Isso ocorre normalmente por erros operacionais dos equipamentos (XENOS, 2004).

Por último, as falhas por manutenção inadequada são fruto de ações preventivas insuficientes ou mal executadas (XENOS, 2004)

Tomando tanto o esforço quanto a resistência como variáveis com uma distribuição estatística normal em torno de uma média, a incidência de falhas não existirá desde que não haja sobreposição entre as distribuições, pois desse modo a resistência do equipamento será sempre maior do que o esforço incidente sobre o mesmo (XENOS, 2004).

A Figura 2.1, a seguir, ilustra o que foi explicado, bem como as três categorias de causas de falhas descritas anteriormente.

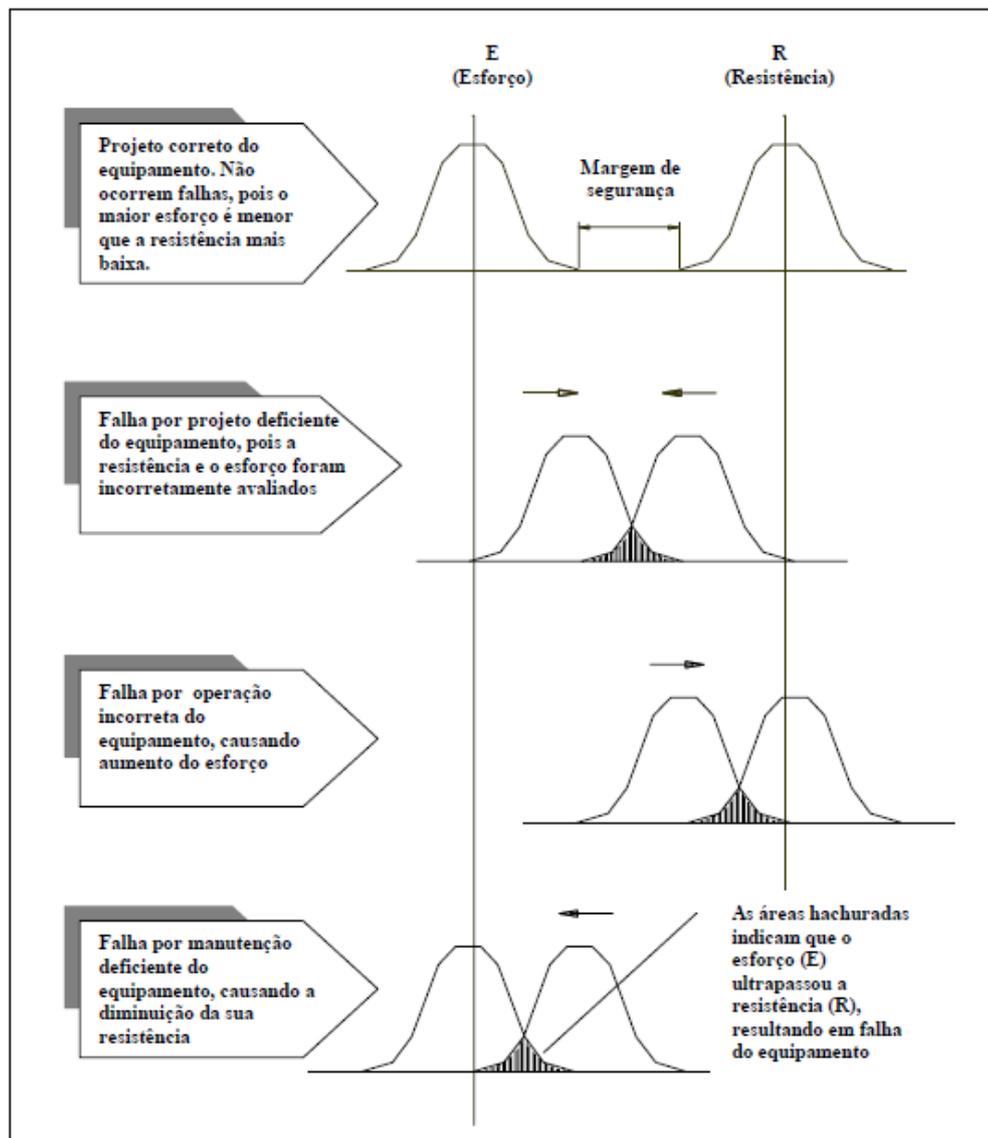


Figura 2.1 – Relação entre esforço e resistência

Fonte: adaptado de Xenos ⁴, 1998, p.69 (*apud* MORAES, 2004, p. 18)

Já na visão de Xenos (2004), as falhas nos equipamentos não são causadas por apenas uma causa fundamental, mas sim pela interação de diversas causas menores, desse modo quando for iniciada a investigação dos motivos de ocorrência das falhas, vários aspectos diferentes devem ser levados em consideração e analisados.

⁴ XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Preventiva**: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

A seguir uma listagem de algumas das categorias das causas fundamentais das falhas:

- Lubrificação inadequada. A lubrificação é responsável por evitar o desgaste excessivo, o sobreaquecimento, evitar vibrações e remover poeira e materiais estranhos dos equipamentos (XENOS, 2004).
- Operação incorreta. Os operadores devem estar devidamente treinados nos procedimentos operacionais e devem ser encorajados a relatarem quaisquer erros que venham a ter cometido para que as equipes de manutenção possam sanar os problemas causados minimizando as perdas ou evitando que falhas venham a acontecer (XENOS, 2004).
- Sujeira, objetos estranhos e condições ambientais desfavoráveis. A sujeira e objetos estranhos podem obstruir os mecanismos do equipamento ou mesmo causar um aumento de atrito entre as partes móveis do mesmo, além disso, mantendo os equipamentos devidamente limpos, aumenta-se a facilidade em se detectar as falhas antes mesmo que elas ocorram (XENOS, 2004). Já as condições ambientais desfavoráveis como temperatura e umidade fora dos intervalos ótimos ou a radiação ultravioleta, aceleram o processo de envelhecimento e degradação dos equipamentos (XENOS, 2004).
- Folgas. Folgas excessivas, além de proporcionarem um torque insuficiente, podem gerar vibrações fora do comum nos equipamentos, fazendo com que dessa maneira suas partes fixadas se soltem, ocasionando falhas (XENOS, 2004).

2.4. Modelos de falhas

A frequência na qual as falhas ocorrem pode se distinguir em três maneiras: decrescente, constante ou crescente (XENOS, 2004).

A probabilidade de ocorrência constante acontece quando as falhas nos equipamentos acontecem de maneira aleatória como, por exemplo, resultado de esforços excessivos causados por sobrecargas acidentais, ou mesmo por erros de manutenção e operação (XENOS, 2004).

A frequência crescente de ocorrência de falhas normalmente se dá devido ao envelhecimento dos equipamentos, nos quais a fadiga dos materiais, o desgaste ou

mesmo a corrosão aumentam com o passar do tempo e com o uso desses ativos (XENOS, 2004).

Já a frequência decrescente ocorre em equipamentos nos quais a confiabilidade aumenta com o tempo. Essa confiabilidade aumenta devido a melhorias introduzidas nos equipamentos ou quando, no início de vida dos equipamentos, problemas de projetos, fabricação e instalação vão sendo gradualmente sanados (XENOS, 2004).

A curva da banheira, mostrada na Figura 2.2, na qual existe um período inicial de incidência de falhas decrescente, chamado de mortalidade infantil, seguido de um momento com ocorrência constante das falhas, onde as falhas são aleatórias, e terminando com uma frequência crescente das falhas nada mais é do que uma combinação dos três modelos descritos anteriormente (XENOS, 2004).

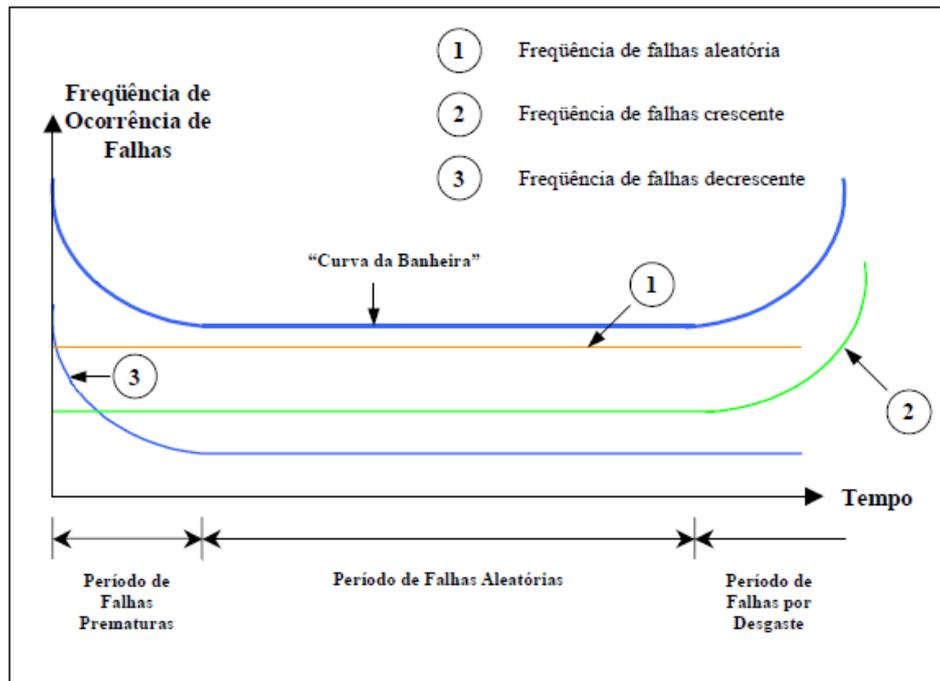


Figura 2.2 – Curva da Banheira

Fonte: adaptado de Xenos⁵, 1998, p.71 (*apud* MORAES, 2004, p. 19)

⁵ XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Preventiva**: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

2.5. Métodos para análise de falhas

Apesar de, estatisticamente, ser impossível atingir a falha zero, não se deve ficar conformado com suas ocorrências e admitir que sejam inevitáveis, pois ainda assim é possível diminuí-las até chegarem bem perto da inexistência (XENOS, 2004).

Ainda antes de entrarmos em detalhes acerca dos métodos para analisar as falhas, é preciso primeiramente saber da importância de que tomar ações apenas para remover os sintomas causados pelas falhas é insuficiente, é necessário bloquear as causas fundamentais de maneira a impedir a reincidência dessas falhas (XENOS, 2004). Caso isso não seja feito de maneira eficiente, acabará por acontecer um ciclo vicioso, no qual as falhas recorrentes se somarão a outras falhas esporádicas que tenderão a reincidir, havendo por fim um descontrole por parte das equipes de manutenção (XENOS, 2004).

Esse ciclo, conhecido por ciclo vicioso das falhas é ilustrado na Figura 2.3.

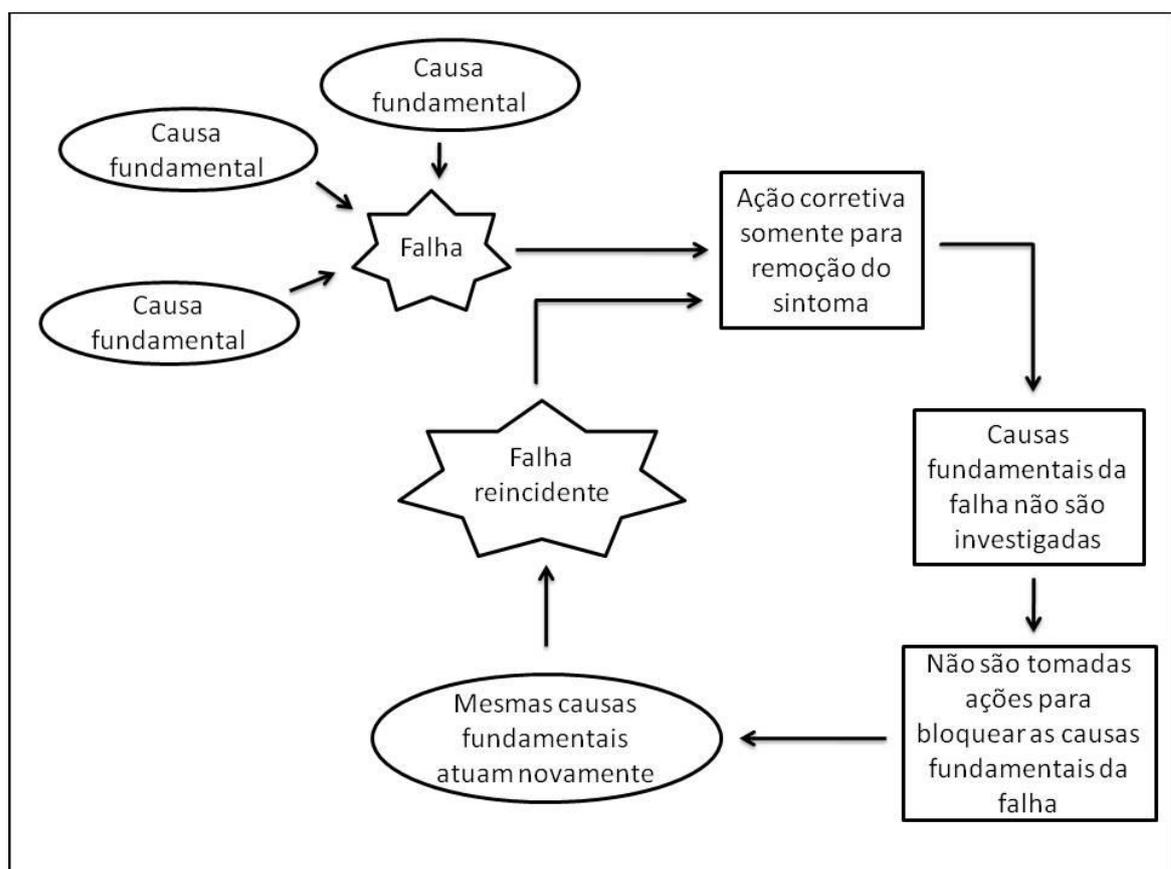


Figura 2.3 – Ciclo vicioso das falhas

Fonte: adaptado de Xenos, 2004, p.81

Para que o ciclo vicioso descrito acima e demonstrado na Figura 2.3 seja bloqueado é necessário que algum método de tratamento das falhas dos equipamentos seja posto em prática para que as equipes responsáveis, normalmente as equipes de manutenção, possam ter foco, já que sem método e sem meta as pessoas tendem a ficar sem rumo e o problema tende a se estender por mais tempo (XENOS, 2004).

Xenos (2004) propõe uma estrutura de gerenciamento das informações sobre as falhas e das ações necessárias para que seja dado o devido tratamento a essas ocorrências. Essa estrutura é composta das seguintes etapas:

- Detecção e relato da falha.
- Ação corretiva para a remoção do sintoma.
- Identificação das causas fundamentais através do registro e análise das falhas.
- Planejamento e execução das ações necessárias para que as causas fundamentais sejam bloqueadas.
- Acompanhamento dessas ações.
- Análise sistemática dos registros das falhas para identificar as falhas crônicas e prioritárias para então definir projetos e metas.
- Executar os projetos com base no ciclo PDCA de resolução de problemas.

É preciso, para colocar em prática o método descrito anteriormente, de algumas ferramentas que auxiliam no momento de analisar mais profundamente as falhas. Segundo Pereira (2009), as três principais ferramentas para essa finalidade são:

- Gráfico de Pareto.
- Diagrama de causa e efeito de Ishikawa.
- Método dos 5 porquês.

O gráfico de Pareto é baseado no seguinte princípio: “demonstrar que a maior parte de um resultado é devida a uma parcela mínima de fatores, dentre muitos que o influenciam.” (PEREIRA, 2009, p.191).

A Figura 2.4 é um exemplo de um gráfico de Pareto.

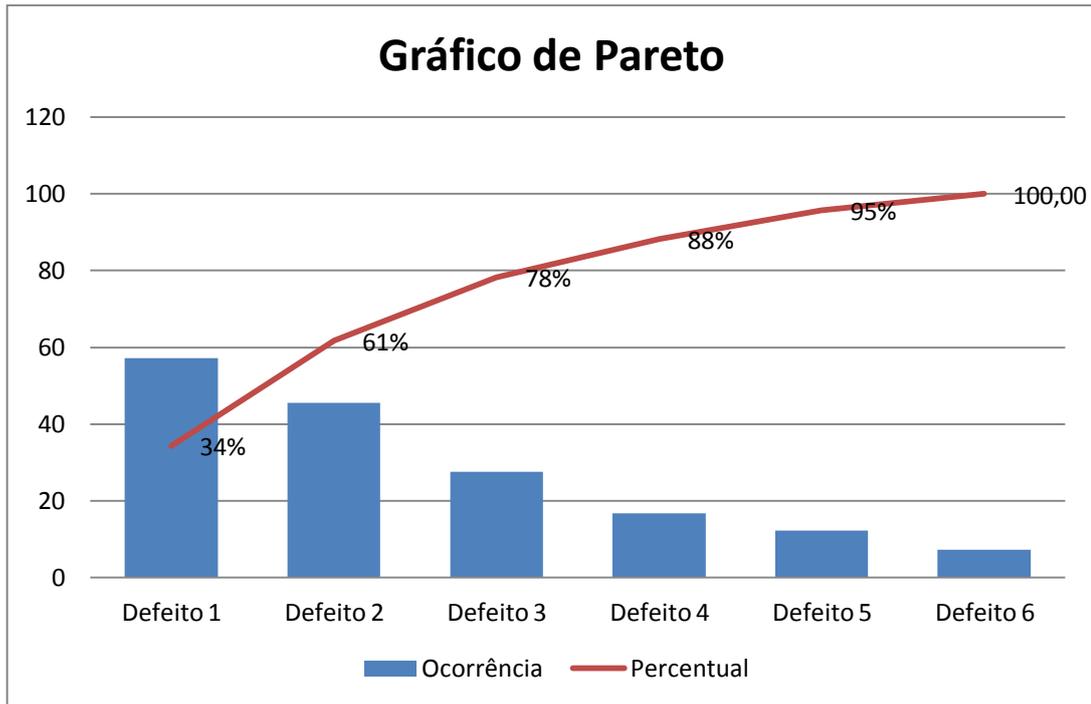


Figura 2.4 – Gráfico de Pareto

Fonte: adaptado de Pereira, 2009, p.192

As barras verticais, dispostas em ordem decrescente, do gráfico de Pareto representam a ocorrência de algum tipo de defeito ou falha, normalmente expresso em frequência de incidência ou mesmo no tempo total de parada que causaram. Já a linha é uma taxa cumulativa que representa a soma percentual das colunas (PEREIRA, 2009).

Esse tipo de gráfico pode ser utilizado para a comparação do antes e depois da adoção de alguma medida para solucionar determinado problema. Desse modo pode-se concluir se a medida tomada foi eficiente ou não (PEREIRA, 2009).

Essa técnica, quando utilizada como uma ferramenta da manutenção, tem a função de fazer a seguinte comparação: “tipos de falhas X ocorrência” (PEREIRA, 2009).

O diagrama de causa e efeito, ou diagrama de Ishikawa, tem a finalidade de identificar as causas de um problema (LINS, 1993).

Para tanto, esse diagrama, através de alguns grupos básicos de possíveis causas, permite desdobrar as causas até níveis de detalhe que sejam suficientes para que o problema seja solucionado (LINS, 1993).

Os principais grupos básicos, segundo Pereira (2009) são:

- Método.
- Mão-de-obra.
- Material.
- Máquina.

Esse diagrama que, normalmente, é elaborado a partir de um *Brainstorm* feito por uma equipe multidisciplinar é mostrado da Figura 2.5 (PEREIRA, 2009; LINS, 1993).

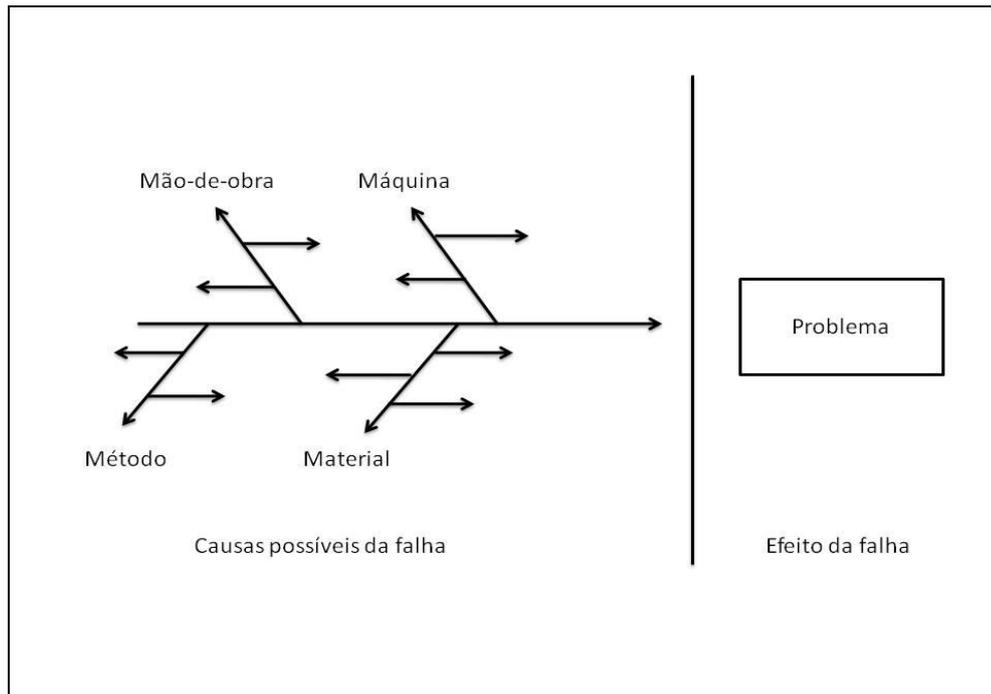


Figura 2.5 – Diagrama de Causa e Efeito

Fonte: adaptado de Pereira, 2009, p.194

Por fim, o método dos 5 por quês é uma técnica na qual, sempre que se deparar com um problema, perguntar seguidamente “por quê?”, indo além dos sintomas e chegando então à causa raiz desse problema (FONSECA; MIYAKE, 2006).

Apesar de o método ser chamando de 5 por quês, o importante é repetir a pergunta “por quê” até que se consiga identificar a causa raiz ou fundamental do problema (FONSECA; MIYAKE, 2006).

A grande vantagem desse método é que ele é bastante simples, permitindo-se chegar às causas fundamentais do problema sem necessitar de qualquer estrutura gráfica ou outros recursos complexos (PEREIRA, 2009).

A Figura 2.6 exemplifica o uso desse método a partir da identificação de uma falha ou anomalia.

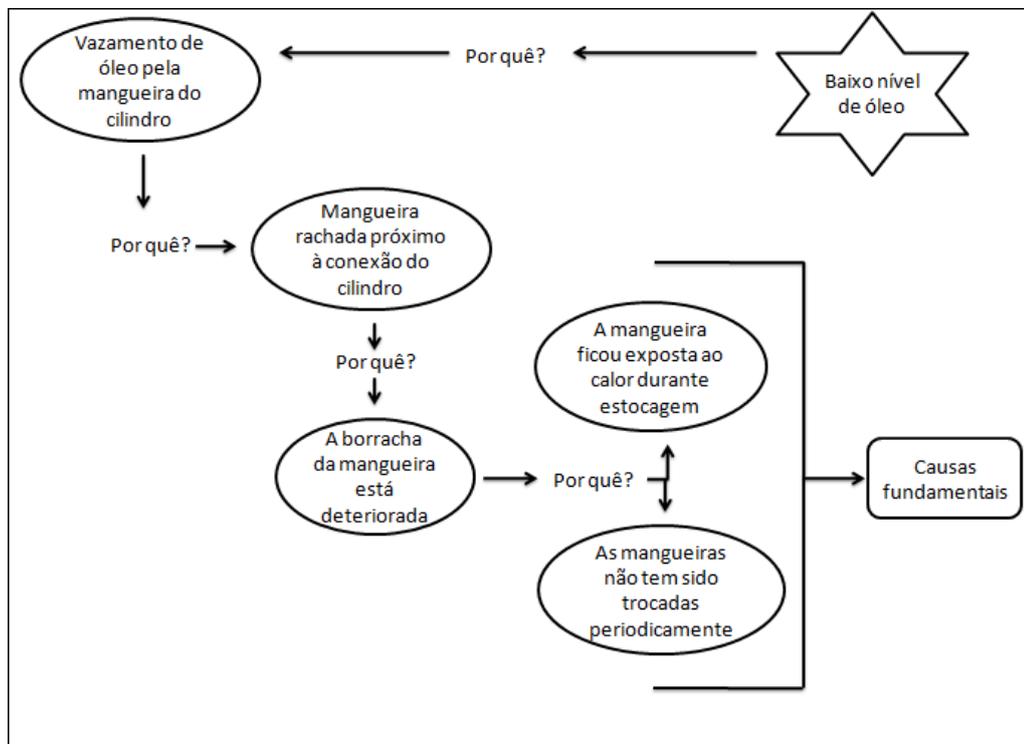


Figura 2.6 – 5 Por Quês

Fonte: adaptado de Xenos, 2004, p.104

2.6. Confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade

Nesta seção serão definidos e explicados os termos Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade, bem como alguns outros termos relacionados a esses, que são importantes para a boa compreensão do significado e importância da manutenção nas organizações.

Kardec e Nascif (2007, p.96) definem a confiabilidade da seguinte maneira: “é a probabilidade que um item possa desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso.”

Dessa maneira, pode-se entender a confiabilidade como a probabilidade da não ocorrência de uma falha. E sendo uma distribuição estatística, a confiabilidade varia entre 0 e 100%, onde 100% é a situação ideal, na qual as falhas não ocorrem (KARDEC; NASCIF, 2007).

A Equação 2.1 a seguir demonstra como calcular a confiabilidade de um equipamento.

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Equação 2.1 – Confiabilidade

Fonte: Kardec e Nascif, 2007, p.96

Nessa equação:

- $R(t)$ = confiabilidade
- $e = 2,303$ (número neperiano)
- λ = taxa de falhas
- t = tempo previsto de operação

A manutenibilidade, ou mantenabilidade, é definida como sendo o grau de facilidade em se realizar as atividades de manutenção sobre um determinado equipamento ou instalação (KARDEC; NASCIF, 2007).

A manutenibilidade, analogamente à confiabilidade, pode ser definida através de uma função estatística, na qual ela representa a probabilidade de que o equipamento com falha seja consertado dentro de um determinado tempo (KARDEC; NASCIF, 2007). A Equação 2.2, mostra como calcular a manutenibilidade dos equipamentos ou instalações.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Equação 2.2 – Manutenibilidade

Fonte: Kardec e Nascif, 2007, p.104

Onde:

- $M(t)$ = manutenibilidade
- $e = 2,303$ (número neperiano)
- μ = taxa de reparos (número de reparos efetuados / tempo total de reparo da unidade)
- t = tempo previsto para o reparo

Existem algumas medidas, segundo Kardec e Nascif (2007), que podem contribuir para a melhora da manutenibilidade dos ativos de uma empresa, alguns deles:

- Modularidade
- Padronização
- Intercambiabilidade
- Simplicidade da operação
- Expectativa de consumo de componentes e peças
- Peças sobressalentes em estoque
- Entre outros

A NBR 5462 (1994, p.2) fornece a seguinte definição para a disponibilidade:

Capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados.

Dessa maneira, a disponibilidade pode ser entendida como o tempo no qual o equipamento está à disposição para operar e em condições de produzir (KARDEC; NASCIF, 2007).

Para que se possa entender melhor a disponibilidade e também para que se possa determiná-la é necessário primeiro que os conceitos de TMEF (Tempo Médio Entre Falhas) e TMPR (Tempo Médio Para Reparo) sejam compreendidos.

O TMEF, ou conhecido ainda como MTBF, do inglês *Mean Time Between Failures*, representa o tempo médio entre duas falhas consecutivas, ou seja, mede o tempo no qual o equipamento estará funcionando até que o próximo problema seja constatado (PEREIRA, 2009). Assim, pode ser calculado pela Equação 2.3:

$$\text{TMEF} = (T1 + T2 + T3 + \dots + TN) / N$$

Equação 2.3 – TMEF

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif, 2007, p.102

Nessa equação, T1 é o tempo de funcionamento até que a primeira falha aconteça, T2 o tempo de funcionamento entre a primeira e segunda falha e assim sucessivamente até a falha N.

O TMR, ou MTTR (*Mean Time To Repair*), representa o tempo médio que a equipe de manutenção leva para conseguir consertar o equipamento, considerando desde o momento de solicitação do serviço (Pereira, 118). A Equação 2.4 demonstra o cálculo do TMR:

$$\text{TMR} = (t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_N) / N$$

Equação 2.4 – TMR

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif, 2007, p.102

Nesse caso, t_1 é o tempo de reparo da primeira falha, t_2 , o da segunda e assim até a falha N.

A disponibilidade de um ativo pode ser então calculada, com a utilização do TMEF e TMR, a partir da Equação 2.5:

$$\text{Disponibilidade} = (\text{TMEF}) / (\text{TMEF} + \text{TMR})$$

Equação 2.5 – Disponibilidade

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif, 2007, p.103

Portanto, para que se melhore a confiabilidade de um equipamento é necessário que o tempo no qual o equipamento esteja funcionando aumente e que o tempo no qual o mesmo esteja em reparo seja diminuído (KARDEC; NASCIF, 2007).

Ainda quanto ao TMEF e ao TMR, é possível relacioná-los à confiabilidade e à manutenibilidade, onde TMEF é o inverso da taxa de falhas (λ) e o TMR o inverso da taxa de reparos (μ) (KARDEC; NASCIF, 2007).

3. Manutenção

3.1. Definições

A manutenção é definida como a “Combinação de todas as 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.” (NBR 5462, 1994, p.6).

Segundo Xenos (2004), a manutenção tem como principal objetivo evitar que tanto os equipamentos quanto as instalações sofram algum tipo de degradação causada pelo seu uso ou mesmo pelo desgaste natural. Tal degradação é responsável por diminuir a qualidade dos produtos fabricados, causar perdas de desempenho nos equipamentos ou paradas na produção (XENOS, 2004).

Seguindo a mesma linha, Kardec e Nascif (2007) definem a missão da manutenção: “Garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequados.”

Por fim, é importante ressaltar que não se deve desprezar os ganhos com o correto gerenciamento da manutenção nas empresas, pois em casos mais críticos, a empresa pode correr sérios riscos de sobrevivência devido aos produtos de qualidade inferior ou pela baixa produtividade de seus equipamentos (XENOS, 2004).

Segundo Kardec e Nascif (2007), a prática da manutenção pode ser dividida em três fases diferentes.

A primeira fase aconteceu antes da Segunda Guerra Mundial, onde a manutenção era predominantemente corretiva, já que naquela época a produtividade estava longe de ser a principal preocupação, as indústrias eram pouco mecanizadas e os equipamentos eram simples (KARDEC; NASCIF, 2007).

Na fase seguinte, que se inicia com a Segunda Guerra Mundial e se estende até os anos 60, ocorreu um aumento significativo da mecanização e da complexidade dos equipamentos. Com isso, aumentou-se também a preocupação com a produtividade das instalações industriais, necessitando então de maior confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. Para tanto, era necessário então que as falhas

nos equipamentos fossem evitadas, surgindo para isso a manutenção preventiva (KARDEC; NASCIF, 2007).

Ainda nessa fase observou-se também que existiu um considerável aumento com os gastos em manutenção (KARDEC; NASCIF, 2007).

A última fase, que se estende até os dias de hoje e teve início na década de 70, é marcada por uma preocupação generalizada com as paradas nas linhas de produção, que acarretam em maiores custos e perda de qualidade dos produtos (KARDEC; NASCIF, 2007).

Percebe-se também um aumento na mecanização e principalmente na automação dos equipamentos, aumentando dessa maneira a complexidade dos ativos e a incidência das falhas (KARDEC; NASCIF, 2007).

Foi então nessa fase que o conceito de manutenção preditiva foi reforçado, bem como a preocupação com todas as fases da implantação de um sistema, que vão desde o projeto e fabricação até a instalação e manutenção (KARDEC; NASCIF, 2007).

3.2. Manutenção corretiva

A norma NBR 5462 (1994, p.7) define manutenção corretiva da seguinte maneira: “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.”

Da mesma maneira, Xenos (2004) define a Manutenção Corretiva como sendo a manutenção que é feita sempre depois da ocorrência de um defeito.

Ainda dentro da manutenção corretiva, existe uma outra técnica conhecida por *retrofit*, que consiste no aumento da produtividade, ou ainda na melhora na qualidade do produto, através de reformas ou processo de modernização dos equipamentos. Esse método, que costuma dar bons resultados, usualmente é aplicado quando a empresa não tem dinheiro para investir em novos ativos (PEREIRA, 2009).

A Figura 3.1 mostra como funciona a manutenção corretiva para equipamentos que vão perdendo desempenho com o passar do tempo. Deve-se antes ressaltar que nem todos os equipamentos apresentam este tipo de queda no desempenho, porém

esse exemplo serve como uma ilustração didática para o método (KARDEC; NASCIF, 2007).

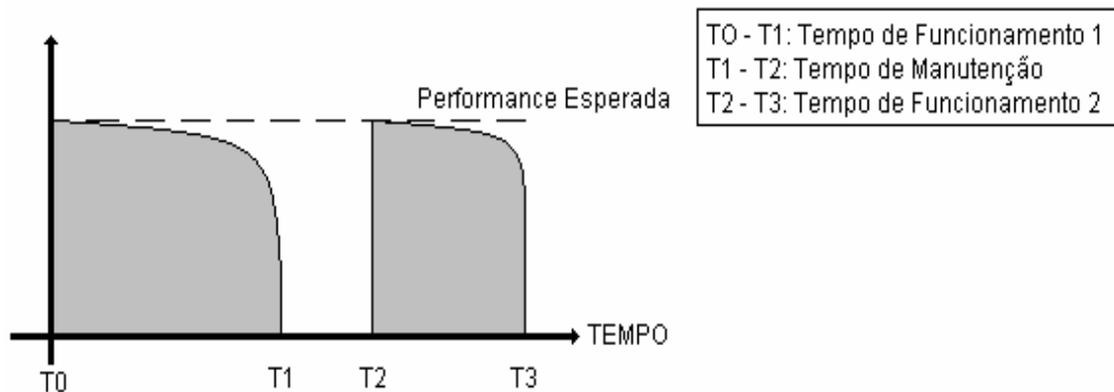


Figura 3.1 – Manutenção Corretiva

Fonte: adaptado de Kardec e Nascif ⁶, 2001, p.38 (*apud* GONÇALVES, 2010, p.16)

Já pensando pelo lado financeiro, a manutenção corretiva é considerada mais barata do que o método de prevenção de falhas, isso quando se pensa na execução dos serviços em si, pois a manutenção corretiva só acontece quando existe realmente a necessidade, já a preventiva acontece em tempos periódicos e, normalmente, em intervalos menores. Por outro lado, esse método pode gerar perdas consideráveis por paradas na produção (XENOS, 2004).

Ou seja, deve-se sempre levar em consideração as perdas potenciais com paradas nas linhas de produção antes da decisão por optar apenas pela manutenção corretiva quando se pensa somente nos custos de aplicação baixos desse método, pois esse tipo de manutenção pode acabar saindo muito mais caro do que o planejado inicialmente (XENOS, 2004).

Outro ponto a ser lembrado quando alguma empresa faz a opção pelo método da manutenção corretiva é a existência da necessidade de se ter todos os recursos necessários, como peças de reposição, ferramental e mão-de-obra, disponíveis às equipes de manutenção para que as mesmas possam agir rapidamente de maneira a minimizar os impactos das falhas nas linhas de produção (XENOS, 2004).

⁶ KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção**: Função Estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

Um problema recorrente quanto à visão que se tem sobre este método de manutenção é que ele é um método desorganizado, porém desde que seja oferecida uma boa estrutura de gestão e condições necessárias ele pode funcionar de maneira eficiente minimizando os efeitos de uma falha não prevista (PEREIRA, 2009).

Por outro lado, mesmo que seja oferecida à manutenção corretiva toda a estrutura necessária e que a mesma esteja funcionando de maneira eficiente isso não significa que os outros métodos de manutenção, como a manutenção preventiva, devam ser deixados de lado (PEREIRA, 2009).

Por fim, mesmo optando-se pela manutenção corretiva, não se deve achar que falhas são ocorrências normais e não tomar medidas para minimizá-las, pelo contrário, esforços devem ser direcionados com a finalidade de identificar suas causas fundamentais e tentar sanar todos os problemas para que não haja reincidências dessas falhas (XENOS, 2004).

3.3. Manutenção preventiva

Para Xenos (2004) a verdadeira razão da existência dos departamentos de manutenção nas empresas é o esforço para evitar que as falhas ocorram. Assim, o departamento de manutenção não deve existir apenas para ficar reparando as falhas (XENOS, 2004). Uma das maneiras de se prevenir das falhas é através da manutenção preventiva, que nada mais é do que a execução de algumas tarefas simples, porém sistemáticas e não esporádicas, como, por exemplo, a troca e reforma de peças e a realização de inspeções (XENOS, 2004). Afirma-se ainda que a manutenção preventiva deve ser o principal método de manutenção adotado por uma empresa (XENOS, 2004)

Segundo a norma NBR 5462 (1994, p.7) manutenção preventiva é a “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.”

O surgimento desse método de manutenção se deu por volta dos anos 30 devido à necessidade de se conseguir maior confiabilidade e disponibilidade por parte da indústria de aviação, já que para ser competitivo era necessário manter o equipamento em perfeito estado de funcionamento (PEREIRA, 2009).

A Figura 3.2, a exemplo do que foi feito para a manutenção corretiva, ilustra didaticamente o método preventivo.

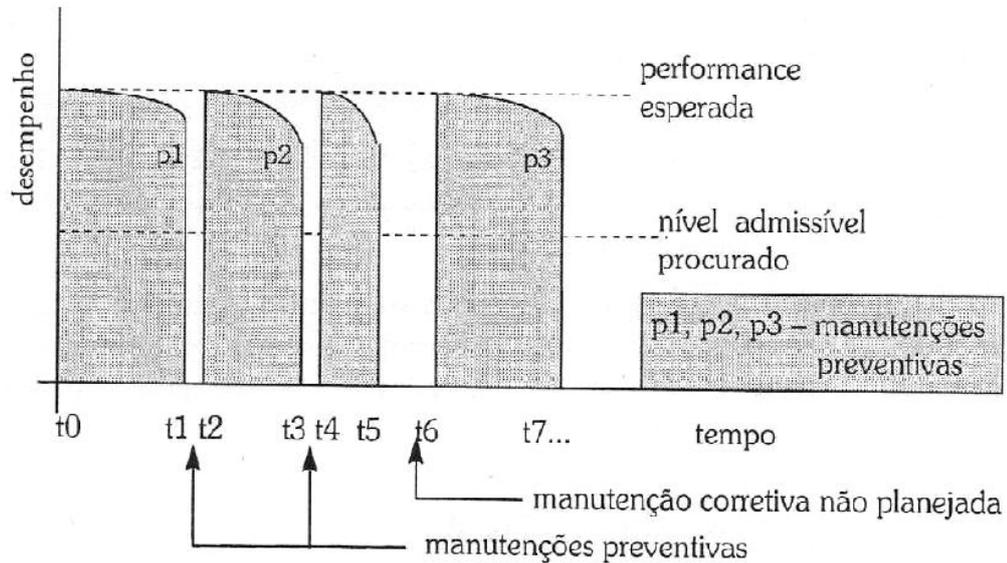


Figura 3.2 – Manutenção Preventiva

Fonte: Kardec e Nascif, 2007, p.40

Nessa figura nota-se que, mesmo adotando-se a manutenção preventiva, existe a possibilidade de ocorrer uma falha no intervalo dessas manutenções, necessitando-se então de uma manutenção corretiva não-planejada (KARDEC; NASCIF, 2007).

Já pensando pelo lado dos custos, o uso desse método é mais caro do que a manutenção corretiva, já que é necessário que as peças ou componentes sejam trocados ou reformados antes que os seus limites de vida sejam alcançados (XENOS, 2004).

Por outro lado, pode-se considerar que, em muitas vezes, a manutenção preventiva acaba saindo mais vantajosa financeiramente do que a corretiva, já que a incidência das falhas diminui, fazendo cair então a quantidade de paradas na linha de produção e por fim aumentando a disponibilidade dos equipamentos (XENOS, 2004).

A manutenção preventiva, de acordo com Xenos (2004), é composta pelas seguintes ações:

- Inspeções periódicas e medições de parâmetros visando à detecção de potenciais falhas.

- Reformas periódicas de partes do equipamento que se deterioraram devido ao uso.
- Trocas periódicas de peças ou componentes desgastados pelo uso.

Essas ações podem também ser classificadas ainda como **ações preventivas baseadas no tempo** ou **ações preventivas baseadas na condição** (XENOS, 2004). A diferença entre as duas é que nas do primeiro tipo as peças são trocadas ou reparadas a intervalos de tempo predeterminados, enquanto que nas do segundo tipo as peças só são trocadas ou reparadas após atingirem seus limites de vida, que por sua vez são monitorados a intervalos de tempo preestabelecidos (XENOS, 2004).

Finalizando, a manutenção preventiva, para funcionar eficientemente deve ser cumprida à risca, ela não deve ser deixada de lado para que problemas cotidianos sejam corrigidos no tempo programado para a mesma (XENOS, 2004)

3.4. Manutenção preditiva

A NBR 5462 (1994, p.7) fornece a seguinte definição para a manutenção preditiva:

Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Este método de manutenção tem a finalidade de otimizar a troca ou reforma das peças e componentes de uma máquina ou equipamentos, ou seja, permite que as peças e componentes sejam utilizados até sinalizarem que irão falhar, dessa maneira são trocados ou reformados apenas quando estão perto do seu final de vida (XENOS, 2004).

Veja na Figura 3.3, uma ilustração didática da manutenção preditiva.

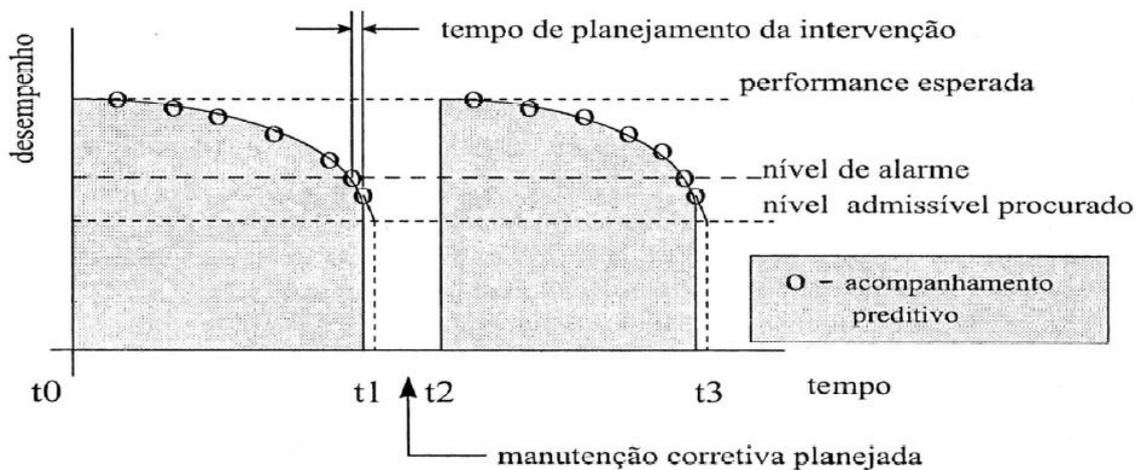


Figura 3.3 – Manutenção Preditiva

Fonte: Kardec e Nascif, 2007, p.43

A manutenção preditiva deve ser entendida como um dos métodos da manutenção preventiva, pois a manutenção preditiva é uma maneira de inspeção dos equipamentos, dessa maneira ela deve estar inserida dentro do planejamento do método de manutenção preventiva (XENOS, 2004).

Segundo Pereira (2009), as principais técnicas da manutenção preventiva são a termografia e a análise de vibração.

A termografia consiste primeiramente na aplicação de tensões térmicas no equipamento e posteriormente na medição, através da radiação térmica ou infravermelha emitida pelo objeto, da distribuição superficial de temperatura (PEREIRA, 2009). Dessa maneira é possível detectar as anomalias ou descontinuidades na superfície dos equipamentos, podendo então agir antes da ocorrência de alguma falha (PEREIRA, 2009).

Já a análise de vibração normalmente é utilizada em sistemas rotativos para detectar algumas anomalias: desbalanceamentos e desalinhamentos de eixos, empenamentos, folgas, vibração em motores elétricos, defeitos em engrenagens, problemas com rolamentos ou ressonância no equipamento (PEREIRA, 2009).

Outras técnicas de análise preditiva:

- Ultra-sonografia (PEREIRA, 2009).

- Análise dos óleos lubrificantes (NEPOMUCENO, 1989).
- Exame visual (MIRSHAWKA, 1991).
- Radiografia (MIRSHAWKA, 1991).
- Infiltração (em materiais absorventes) (MIRSHAWKA, 1991).
- Ecografia (MIRSHAWKA, 1991).
- Entre outros.

Um fator que deve ser sempre levado em consideração quando da decisão de se utilizar o método da manutenção preditiva é a necessidade de se ter técnicos bem qualificados para a operação dos sistemas de medição (PEREIRA, 2009).

De acordo com Pereira (2009), este método de manutenção, em comparação aos outros citados anteriormente, tem um custo de aplicação alto. Por outro lado, segundo o mesmo autor, existem estudos que dizem que é possível reduzir os prejuízos com as paradas de produção ocasionadas por quebras para um 1/3 do total anterior e também reduzir 1/3 dos gastos com a manutenção corretiva.

Os benefícios, de acordo com Pereira (2009), trazidos com a utilização desse método de manutenção, entre outros, são:

- Troca de componentes somente quando necessário, pois os equipamentos são monitorados periodicamente, não havendo então a substituição antes do atingimento do limite de vida do componente.
- Saber quais são os defeitos antes mesmo que ocorram.
- Maior disponibilidade dos equipamentos, bem como maior confiabilidade dos mesmos.
- Grande queda no número de quebras e falhas dos equipamentos.

3.5. Manutenção autônoma

Segundo Xenos (2004), a maioria das falhas em equipamentos são conseqüências de algumas causas fundamentais:

- Sujeira acumulada em partes do equipamento.
- Deficiências na lubrificação ou mesmo vazamento e deterioração dos lubrificantes.
- Folgas e vibrações.
- Erros operacionais.

Limpeza, lubrificação e reaperto são ações simples, mas que podem contribuir imensamente para a redução das causas fundamentais descritas acima (XENOS, 2004).

Com isso em mente pode-se seguir para uma definição e explanação acerca da manutenção autônoma.

A manutenção autônoma é um método no qual os operadores dos equipamentos realizam atividades simples de manutenção, como lubrificação, inspeção visual ou ainda limpeza nos equipamentos em que trabalham, fazendo com que dessa maneira possam apontar anomalias (ruídos, vibrações, alteração de temperatura etc.), permitindo, portanto, que as potenciais falhas sejam tratadas pelas equipes de manutenção antes mesmo de suas ocorrências (XENOS, 2004).

Esse método, além de contribuir de maneira eficaz na redução de paradas inesperadas nas linhas de produção e nas incidências de falhas, permite uma maior aproximação entre a operação e a manutenção, ajudando no sentido de aumentar o nível de colaboração entre ambas as partes (XENOS, 2004).

Não se deve, porém acreditar que somente a manutenção autônoma será suficiente para que a ocorrência de falhas e anomalias diminua ou mesmo pare por completo e deixar de lado os outros métodos de manutenção (XENOS, 2004). Pelo contrário, ela deve ser entendida como parte de todo o sistema de gerenciamento da manutenção (XENOS, 2004).

Outro ganho como a manutenção autônoma é quanto ao operador, que ao efetuar a acaba adquirindo um maior conhecimento acerca do equipamento que está operando, conseguindo por fim operá-lo já consciente dos danos que pode causar por mau manuseio (XENOS, 2004).

Um problema que pode ser gerado com a utilização desse método de manutenção é que após serem instruídos a apontar todas as anomalias de seus equipamentos, os operadores acabam por gerar inúmeros relatos para as equipes de manutenção, que por sua vez acabam por ficar entupidas de trabalho e não conseguem cumprir todas as ordens geradas, o que acaba por deixar essas equipes sem credibilidade e desacreditadas (XENOS, 2004).

3.6. TPM (*Total Productive Maintenance*)

A TPM (*Total Productive Maintenance*) ou em português MPT (Manutenção Produtiva Total) teve sua origem em meados dos anos 70 com a finalidade de se alcançar uma maior eficiência da área produtiva através de um sistema baseado no respeito individual e na participação total dos empregados (PEREIRA, 2009).

Tem ainda como algumas de suas características: aumento da confiabilidade, produtividade e disponibilidade dos equipamentos, meta de zero acidente, zero defeito e zero quebra/falha, qualidade constante e melhora na competitividade da empresa (KMITA, 2003).

Portanto, de acordo com Moraes (2004), a TPM é mais do que apenas mais uma política de manutenção, é uma filosofia de trabalho. Tal filosofia é dependente de todos os níveis hierárquicos da empresa, sendo necessário o envolvimento maciço tanto da operação quanto da administração (MORAES, 2004).

3.6.1. Pilares da TPM

A metodologia TPM é baseada em 8 pilares, que dão sustentação e envolvem todos os departamentos da organização (PEREIRA, 2009). A Figura 3.4 mostra quais são esses pilares.

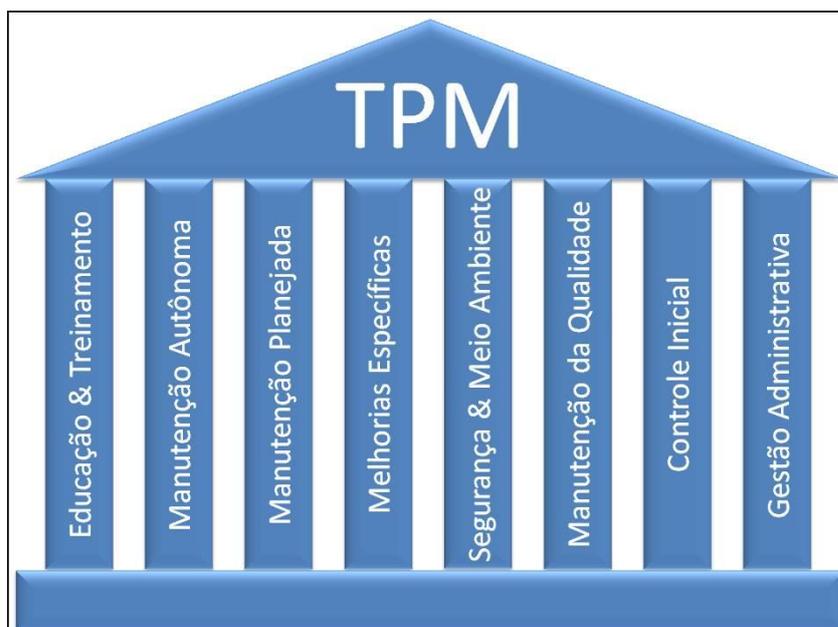


Figura 3.4 – Pilares da metodologia TPM

Fonte: Adaptado de Pereira, 2009, p.31

Educação & Treinamento. Para uma correta operação e seguidamente um aumento na produtividade é necessário que os operadores saibam manusear seus equipamentos, sejam eles simples ou complexos. Existe também a necessidade de que os responsáveis pela manutenção saibam realizar suas atividades de maneira correta. Para isso são necessários treinamentos técnicos (PEREIRA, 2009).

Manutenção Autônoma. Esse pilar já foi descrito na seção 3.5.

Manutenção Planejada. Representa todas as ações preventivas que são ou devem ser realizadas dentro da empresa (PEREIRA, 2009).

Melhorias Específicas. Esse pilar representa as ações de melhoria (PEREIRA, 2009).

Segurança & Meio Ambiente. A organização não deve se preocupar apenas com a obtenção do zero defeito, da perda zero ou ainda com a lucratividade das atividades da mesma. Precisa também ficar atenta aos índices de acidentes de trabalho e às questões ambientais como, por exemplo, os resíduos poluentes que podem ser deixados pelo processo produtivo (PEREIRA, 2009).

Manutenção da Qualidade. Esse pilar é o responsável por indicar ações para que a qualidade, tanto dos produtos quanto dos processos, seja mantida de acordo com padrões definidos (PEREIRA, 2009).

Controle Inicial. Aqui existe a preocupação com projeto do equipamento ou das instalações. Analisa-se se os ativos que serão comprados ou construídos são de fácil manutenção, tem componentes com qualidade, tem proteção em suas partes móveis etc. (PEREIRA, 2009).

Gestão Administrativa. Neste pilar existe a proposta em se avançar com o TPM por outras áreas da empresa, como RH, Finanças, Suprimentos, entre outras. Desse modo, essas áreas poderiam ajudar na obtenção da perda zero, pois existem ainda perdas onde a manutenção não tem interferência, como o caso de uma linha de produção parada por falta de matéria-prima (PEREIRA, 2009).

3.6.2. Resultados com a TPM

A Tabela 3.5 a seguir, mostra os principais resultados mensuráveis que podem ser obtidos após a implementação da Manutenção Produtiva Total na organização.

P Produtividade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento da produtividade de mão de obra de 1,4 a 1,5 vezes ▪ Aumento da produtividade em termos de valor agregado de 1,5 a 2 vezes ▪ Aumento do índice operacional dos equipamentos de 1,5 a 2 vezes
Q Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução do índice de falha de processo para até 10% dos níveis anteriores de falha ▪ Redução do índice de refugo para até 3% dos níveis anteriores ▪ Redução do nível de reclamações de clientes para até 25% dos níveis anteriores
C Custo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de até 30% nos estoques de processo ▪ Redução de até 30% do consumo de energia ▪ Redução dos níveis de consumo de fluidos hidráulicos para até 20% dos níveis anteriores ▪ Redução de até 30% no custo total de fabricação
D Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de até 50% do estoque de produtos acabados em nº de dias ▪ Aumento de 2 vezes no giro de estoque (3 a 6 vezes ao mês)
S Segurança	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zero absenteísmo por acidentes ▪ Zero ocorrência de contaminação do meio ambiente
M Moral	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de até 5 a 10 vezes no nº de sugestões ▪ Aumento de até 2 vezes no nº de reuniões de pequenos grupos

Tabela 3.5 – Resultados mensuráveis com a adoção da TPM

Fonte: adaptado de Nakajima ⁷, 1989 , p.7 (*apud* MORAES, 2004, p.38); Nakasato ⁸, 1994, p.18 (*apud* MORAES, 2004, p.38) e Shirose ⁹, 1994, p.10-12 (*apud* MORAES, 2004, p.38)

⁷ NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

⁸ NAKASATO, K. **Segundo Curso de Formação de Instrutores de TPM**. XV Evento Internacional de TPM. I.M.C Internacional Sistemas Educativos. 1994.

⁹ SHIROSE, K. **TPM para mandos intermédios de fábrica**. Madrid: Productivity Press. 1994.

4. A empresa

A empresa objeto do estudo desse trabalho é do ramo alimentício e trabalha em linha de produção de fluxo contínuo durante três turnos de produção. Dessa maneira, produz 24 horas por dia, salvo paradas para *setup*, módulos de manutenção programada, contagem de inventário, assepsia e paradas eventuais para diminuição da produção.

Apesar de as linhas de produção contarem com paradas de produção para manutenção programada, as mesmas ainda param para manutenção corretiva, diminuindo a produtividade e a eficiência da fábrica.

4.1. Manutenção na empresa

Antes de mostrar como funciona a manutenção dentro da organização, serão definidos os indicadores de eficiência e ineficiência dentro da mesma.

A eficiência da linha de produção é medida como sendo o resultado, em porcentagem, da divisão do total de **horas de produção líquida** pelo total de **horas de eficiência de linha**.

As **horas de produção líquida** são a soma das horas nas quais a linha está rodando. E as **horas de eficiência de linha** são a soma das horas nas quais a linha está disponível para produzir diminuída das horas de paradas por indisponibilidades externas, como falta de energia elétrica ou falta de algum suprimento.

Já a ineficiência de um equipamento é medida como sendo o resultado em porcentagem da divisão do total de **horas no qual o equipamento ficou parado** (sem contar o tempo de paradas por indisponibilidades externas) pelo total de **horas de eficiência de linha**.

Agora sim, será explicado como funciona a manutenção na empresa. Existem dois caminhos que as atividades de manutenção podem percorrer dentro da organização. O primeiro é quando são executadas as ordens do plano de manutenção, que são ordens de manutenção preventiva, ou até mesmo preditiva. E através da realização dessas ordens é possível identificar necessidades de intervenções corretivas. Esse caminho é demonstrado na Figura 4.1

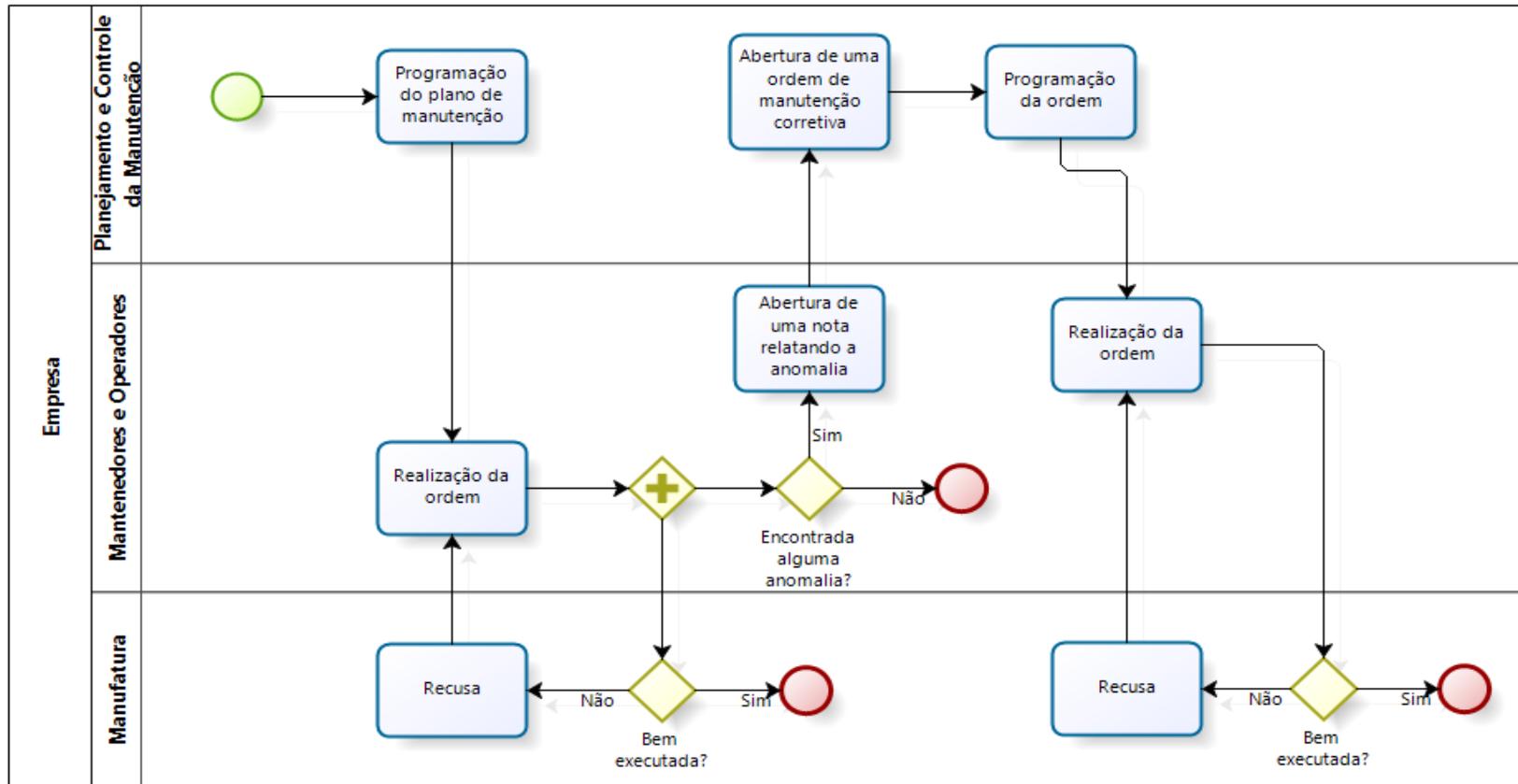


Figura 4.1 – Modelagem de processos: Plano de Manutenção

Fonte: o Autor

O segundo caminho é quando os operadores identificam alguma anomalia nos equipamentos da linha produtiva, relatam essa anomalia e medidas corretivas são tomadas para sanar tais problemas. A Figura 4.2, demonstra, através de uma modelagem, o que foi explanado acima.

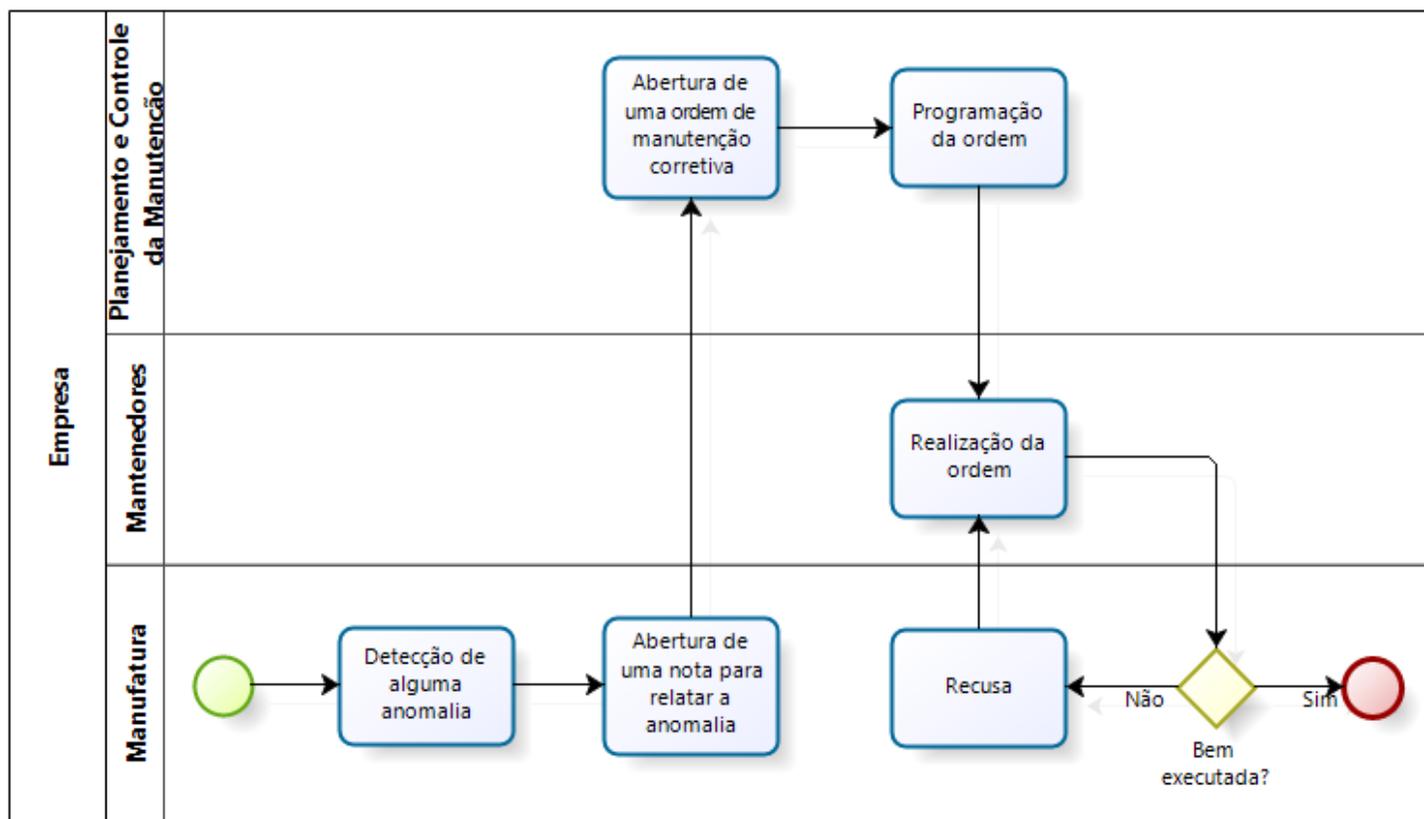


Figura 4.2 – Modelagem de Processos: Manutenção Corretiva

Fonte: o Autor

4.2. Recomendações do fabricante frente ao plano de manutenção

As recomendações do fabricante são encontradas nos documentos técnicos dos equipamentos e estão disponíveis para consulta dentro da empresa.

As recomendações foram primeiramente listadas para que depois fosse possível procurar itens do plano de manutenção criado para esses equipamentos que contemplassem tais recomendações.

Ao todo foram encontradas 41 recomendações nos documentos técnicos consultados.

Foram consideradas 3 situações possíveis para essas recomendações:

- Situação 1: a recomendação é totalmente atendida pelos itens do plano de manutenção, ou seja, o serviço é feito no local indicado, com a frequência mínima recomendada, com o lubrificante correto etc.;
- Situação 2: a recomendação é parcialmente atendida, como por exemplo, a frequência mínima recomendada não é seguida;
- Situação 3: a recomendação não é atendida, ou seja, nada é mencionado nos itens do plano de manutenção quanto a essa recomendação.

O Gráfico 4.1 demonstra a distribuição dessas situações para todas as recomendações listadas a partir dos documentos técnicos.

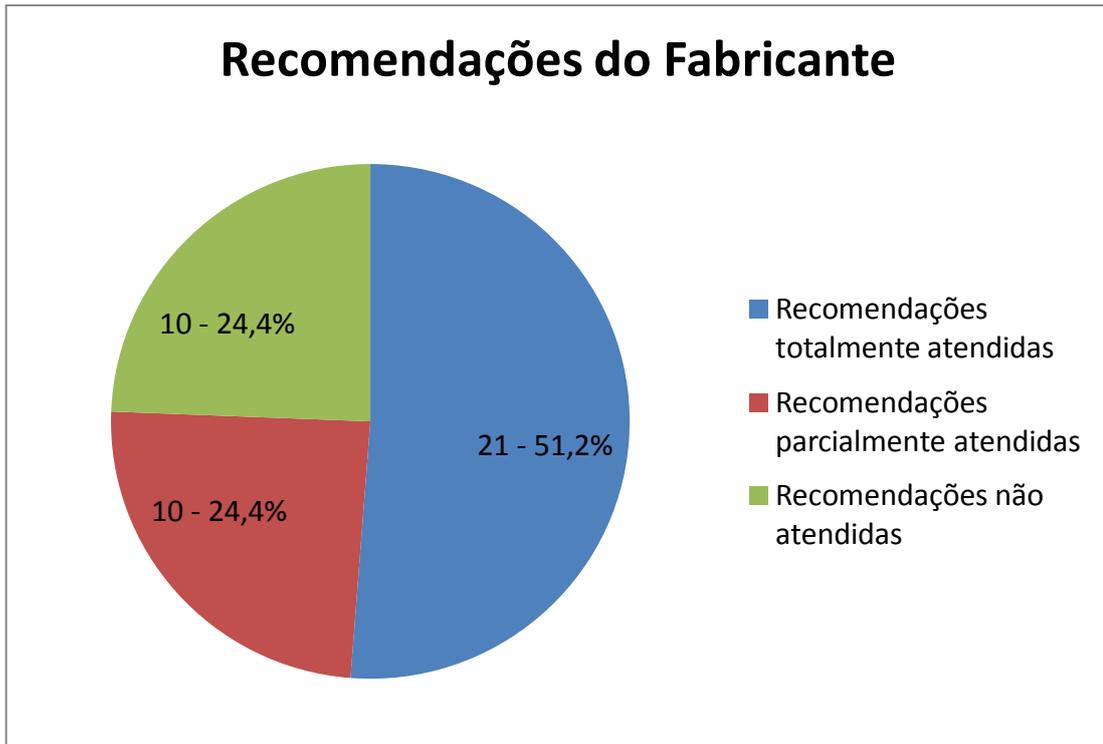


Gráfico 4.1 – Recomendações do fabricante frente ao plano de manutenção

Fonte: o Autor

Neste gráfico pode-se notar que apenas 51,2% das recomendações listadas estão sendo completamente atendidas pelos itens do plano de manutenção, enquanto 21,4% estão sendo apenas parcialmente contempladas e outras 21,4% nem são mencionadas no plano de manutenção.

Esse quadro não é satisfatório, sendo que o ideal seria contemplar totalmente os 100% das recomendações do fabricante, pois tais recomendações estão disponíveis nos documentos técnicos presentes na empresa desde a instalação dos equipamentos nas linhas de produção.

4.3. Histórico da manutenção

O histórico da manutenção nesses equipamentos é consultado no sistema ERP da organização. A manutenção é dividida ainda em plano de manutenção e ordens de manutenção corretiva. Essa divisão foi mostrada na seção 4.1 (Manutenção na empresa), pelas Figuras 4.1 (Modelagem de processos: Plano de Manutenção) e 4.2 (Modelagem de Processos: Manutenção Corretiva).

a) Plano de manutenção

O Gráfico 4.2, a seguir, mostra o comportamento quanto à porcentagem de não cumprimento das ordens relacionadas ao plano de manutenção no período de maio de 2010 a maio de 2011 para um dos equipamento críticos em uma das 3 linhas. Bem como a ineficiência do mesmo equipamento neste período.

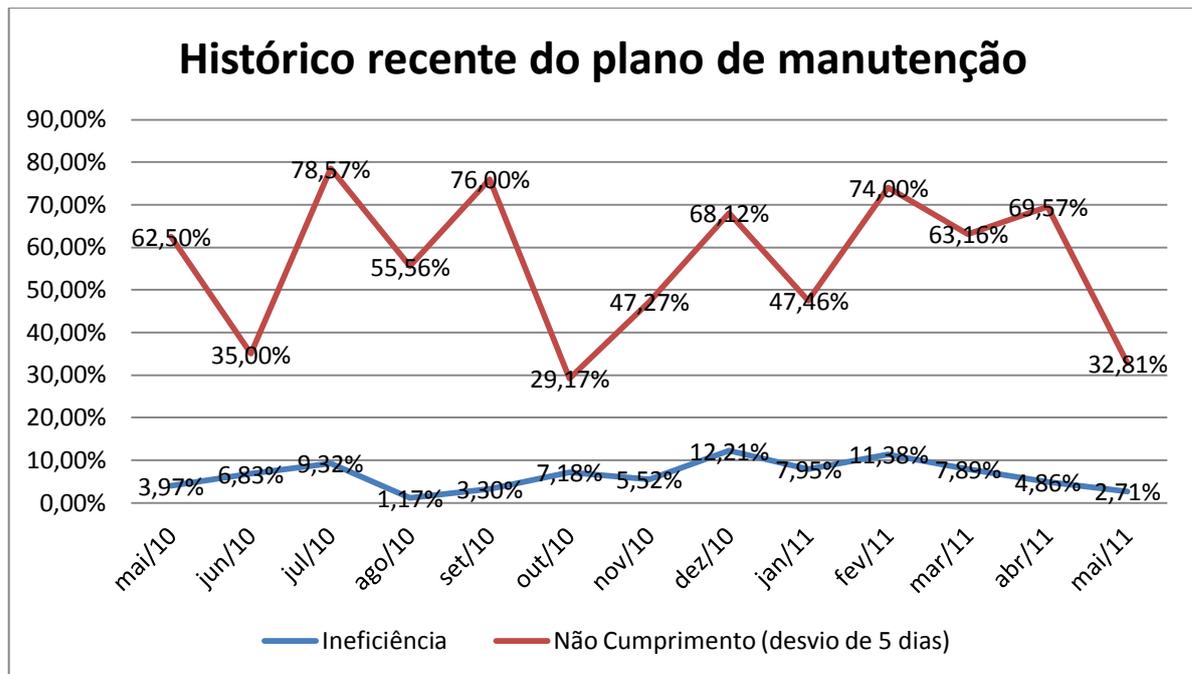


Gráfico 4.2 – Histórico recente do plano de manutenção

Fonte: o Autor

No gráfico considera-se um desvio de 5 dias, para mais ou para menos, para considerar se a ordem foi realizada em dia, ou seja, se uma ordem estava programada para ter sido realizada em 15/01/2011, mas foi realizada entre os dias 10/01/2011 e 20/01/2011, considera-se que tal ordem foi realizada em dia.

Pode-se observar também a ineficiência do equipamento durante o mesmo período. Comparando-se as duas curvas percebe-se que, na maioria dos meses, ambas tem o mesmo comportamento, sendo que o pico de ineficiência, que aconteceu em dezembro de 2010 e teve um total de 12,21%, aconteceu logo após dois meses seguidos de crescimento do não cumprimento em dia das ordens.

A Tabela 4.1 demonstra um exemplo do histórico de um item do plano de manutenção do equipamento em questão coletado no sistema ERP da organização.

Ao total são 219 itens no plano de manutenção para este equipamento para apenas uma das 3 linhas.

N°	Data planejada	Data concluída	Desvio (dias)
1	22/03/2010	21/05/2010	60
2	19/04/2010	21/05/2010	32
3	17/05/2010	04/06/2010	18
4	14/06/2010	10/06/2010	-4
5	12/07/2010	31/07/2010	19
6	09/08/2010	12/08/2010	3
7	06/09/2010	14/08/2010	-23
8	04/10/2010	14/08/2010	-51
9	01/11/2010	14/08/2010	-79
10	09/08/2010	27/08/2010	18
11	06/09/2010	10/09/2010	4
12	04/10/2010	13/10/2010	9
13	01/11/2010	04/11/2010	3
14	29/11/2010	01/12/2010	2
15	27/12/2010	04/01/2011	8
16	24/01/2011	28/01/2011	4
17	21/02/2011	02/03/2011	9
18	21/03/2011	30/05/2011	70
19	18/04/2011	30/05/2011	42
20	16/05/2011	25/05/2011	9

Tabela 4.1 – Histórico de um item do plano de manutenção

Fonte: o Autor

Por essa tabela, podemos notar que esse item do plano de manutenção, que deveria ser realizado a cada quatro semanas, ficou sem ser feito por quase 3 meses (período de 02/03/2011 a 30/05/2011).

Cada item do plano de manutenção é ainda classificado quanto ao centro de trabalho responsável, ou seja, quanto à especialidade dos mantenedores, podendo ser operacional, mecânico, elétrico, instrumentação, automação ou externo. O Gráfico 4.3 mostra a distribuição das ordens de manutenção geradas a partir do plano de manutenção que não foram realizadas em dia (considerado em dia mesmo com um desvio de 5 dias para mais ou para menos) para o mesmo período considerado no Gráfico 4.2, de maio de 2010 a maio de 2011.

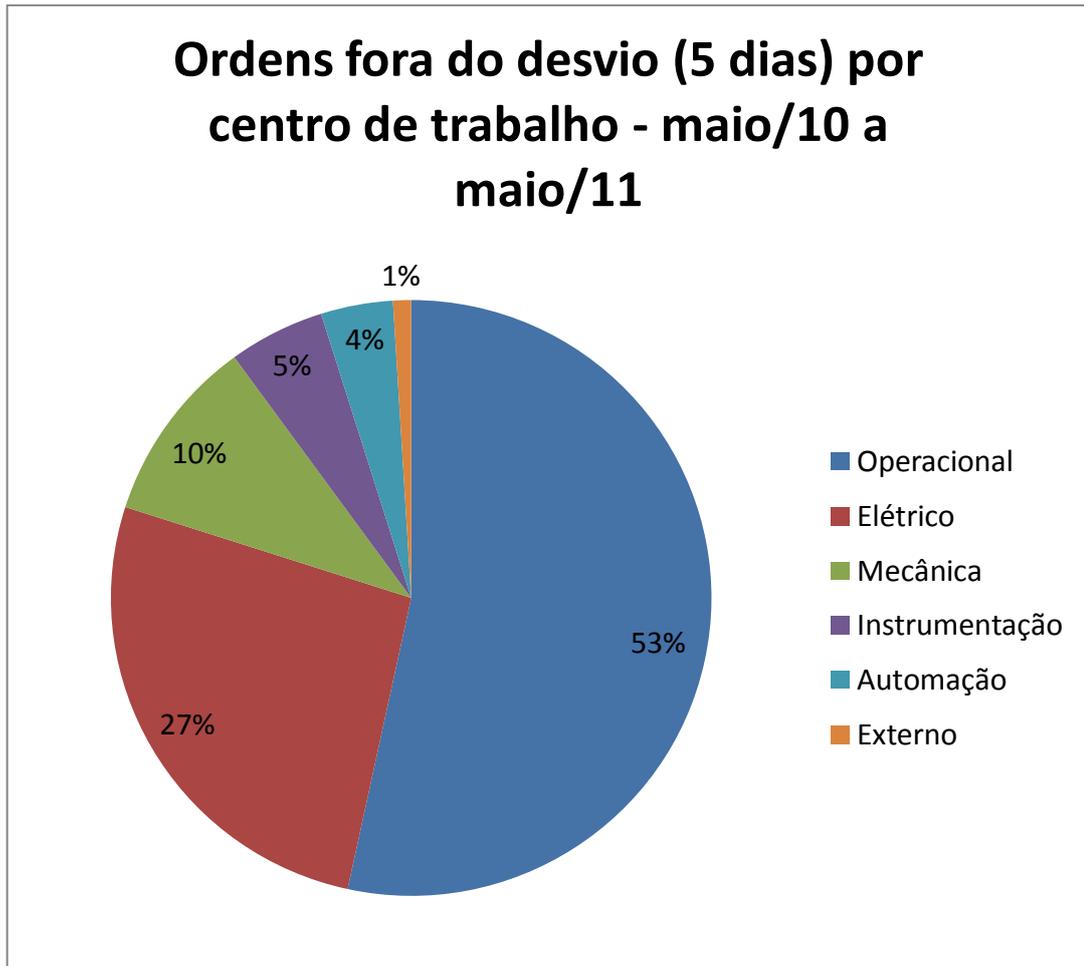


Gráfico 4.3 – Ordens fora do desvio (5 dias) por centro de trabalho – maio/10 a maio/11

Fonte: o Autor

Já o Gráfico 4.4 utiliza a mesma distribuição, mas considerando dessa vez as paradas na linha de produção.

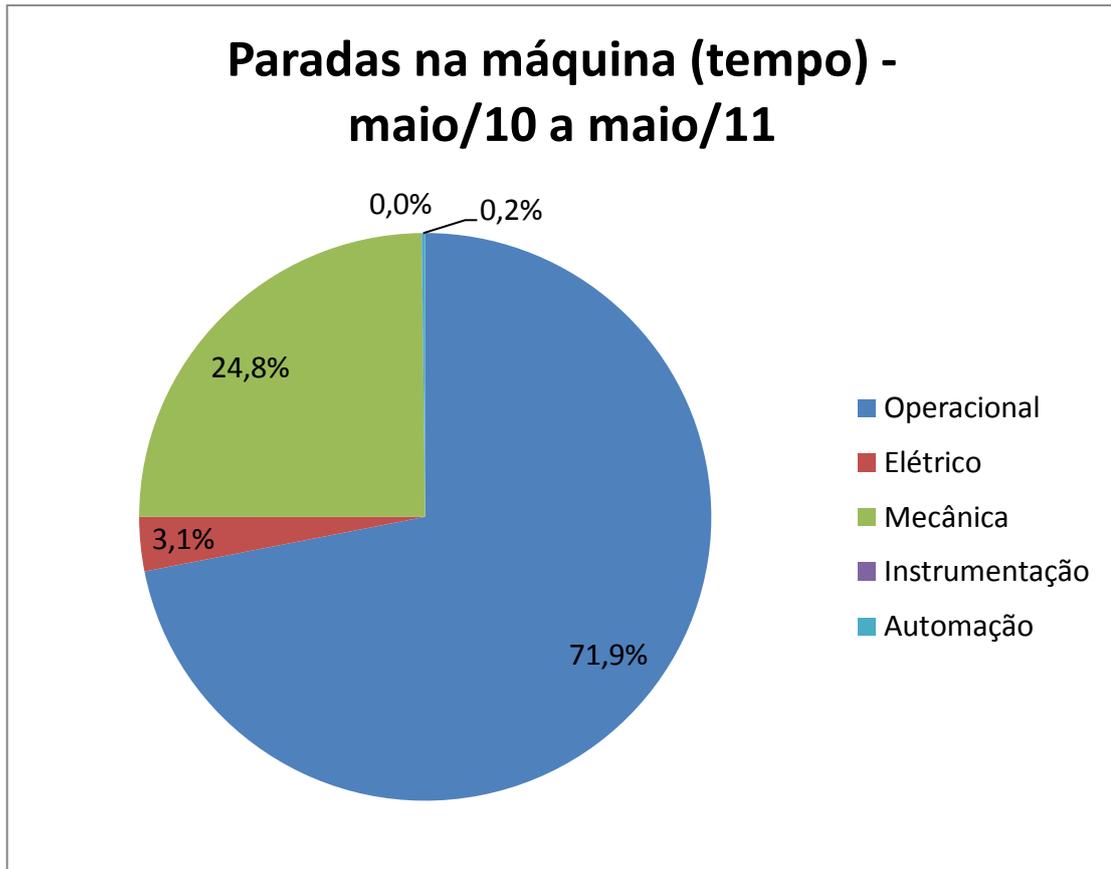


Gráfico 4.4 – Paradas na máquina (tempo) – maio/10 a maio/11

Fonte: o Autor

Percebe-se através da comparação dos dois gráficos, que a não realização das ordens geradas pelo plano de manutenção tem relação direta com as paradas na máquina, pois, em ambos os gráficos, as três maiores incidências são as mesmas, trocando as posições 2 e 3 de um gráfico para o outro.

Logicamente que a não realização de ordens de manutenção operacionais podem gerar falhas elétricas ou mecânicas. Ou mesmo a não realização de ordens mecânicas podem acarretar em problemas operacionais ou de outros tipos.

Porém, pode-se afirmar que o maior problema neste equipamento é de ordem operacional e que as partes mecânicas e elétricas também sofrem problemas com falhas e com a não realização das ordens.

Pode-se então relacionar o cumprimento em dia dos itens do plano de manutenção com a ineficiência da máquina. Entretanto, não é esse o único fator responsável pelos problemas no equipamento.

b) Ordens de manutenção corretiva

Esses dados, como já foi mencionado anteriormente, foram colhidos do sistema ERP da organização. O Gráfico 4.5 mostra a comparação entre as ordens de manutenção corretiva que ainda estavam em andamento e as que já haviam sido finalizadas até o dia 15/06/2011. Considerando o período de consulta se iniciando em 05/07/2010.

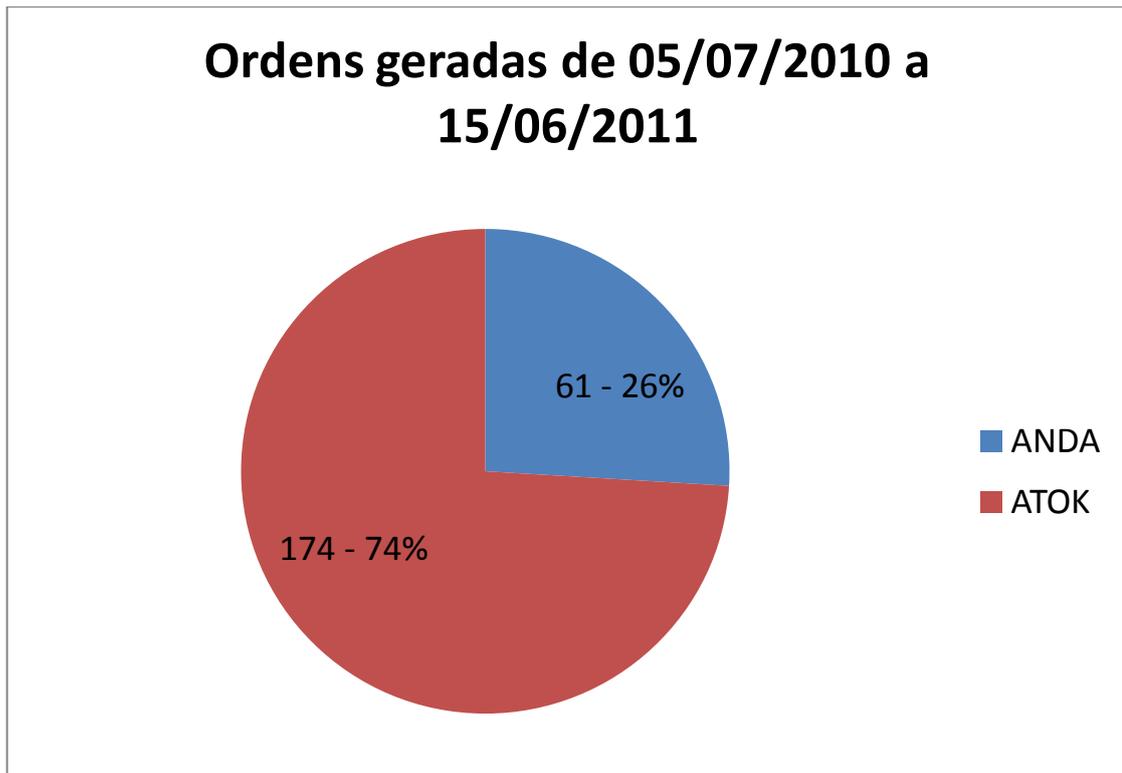


Gráfico 4.5 – Ordens de manutenção corretiva geradas de 05/07/2010 a 15/06/2011

Fonte: o Autor

Percebe-se aqui, que muitas ordens de manutenção corretiva ainda não haviam sido concluídas até a data de consulta, sendo que pouco mais de um quarto das ordens programadas ainda estavam em andamento.

Por outro lado, pode-se pensar que as ordens que ainda estavam em andamento teriam sido abertas, solicitando o serviço de manutenção, pouco antes do dia 15/06/2011 e que o Gráfico 4.5 pode ser tendencioso, não mostrando o real desvio em dias dessas ordens.

Para que não exista esta dúvida, o Gráfico 4.6 mostra uma distribuição das ordens que ainda estavam em andamento até o dia 15/06 com relação aos dias de atraso.

Esse atraso é calculado através do dia de consulta (15/06) e o dia para o qual essas ordens estavam programadas.

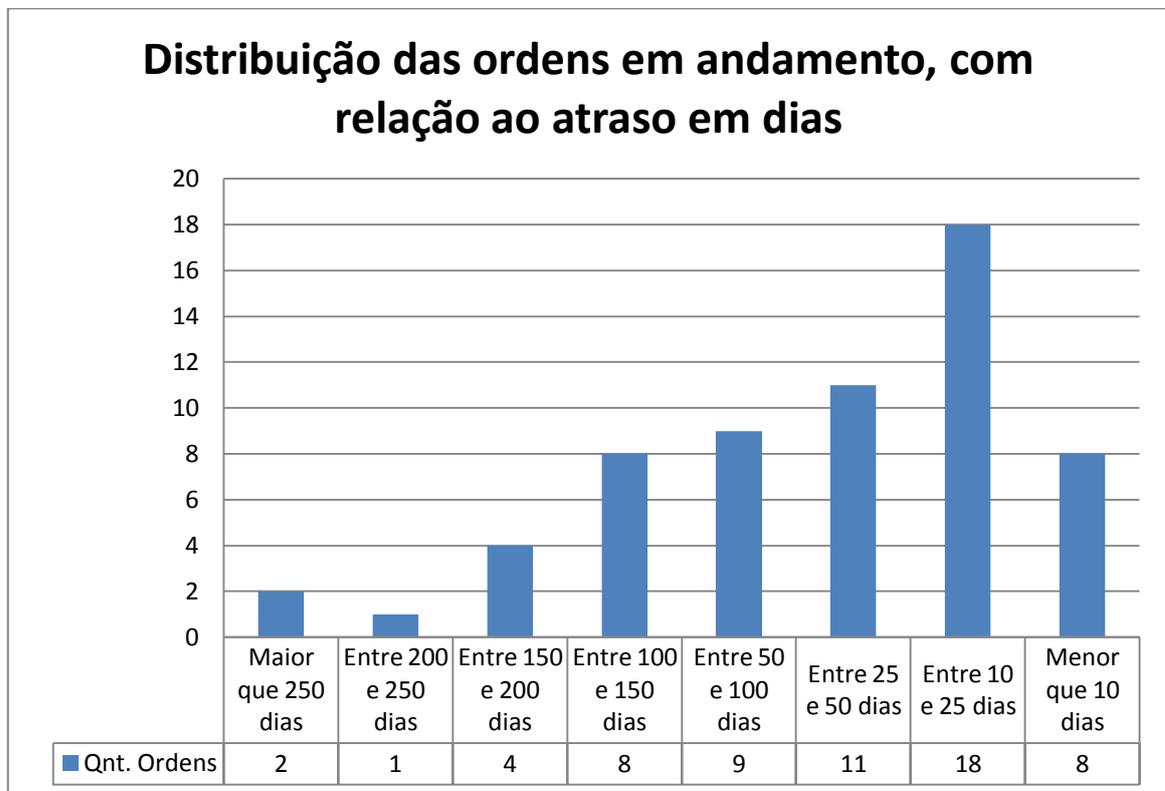


Gráfico 4.6 – Distribuição das ordens de manutenção corretiva em andamento com relação ao atraso

Fonte: o Autor

Por este último gráfico pode-se ver que existem algumas ordens de manutenção corretiva com muitos dias de atraso (mais do que 50 dias) e várias ordens com um tanto médio de dias (até 50 dias).

Já o Gráfico 4.7 mostra a mesma distribuição, mas para as ordens que já haviam sido atendidas, calculando o atraso através do dia para o qual as ordens estavam programadas e o dia da última alteração da ordem.

Não é possível ter certeza do dia de realização dessas ordens, pois, quando a conclusão do serviço é inserida no sistema, é possível colocar como data de realização qualquer data, por isso, na grande maioria das ordens está registrado, como data de realização, o dia em que a mesma deveria ser realizada.

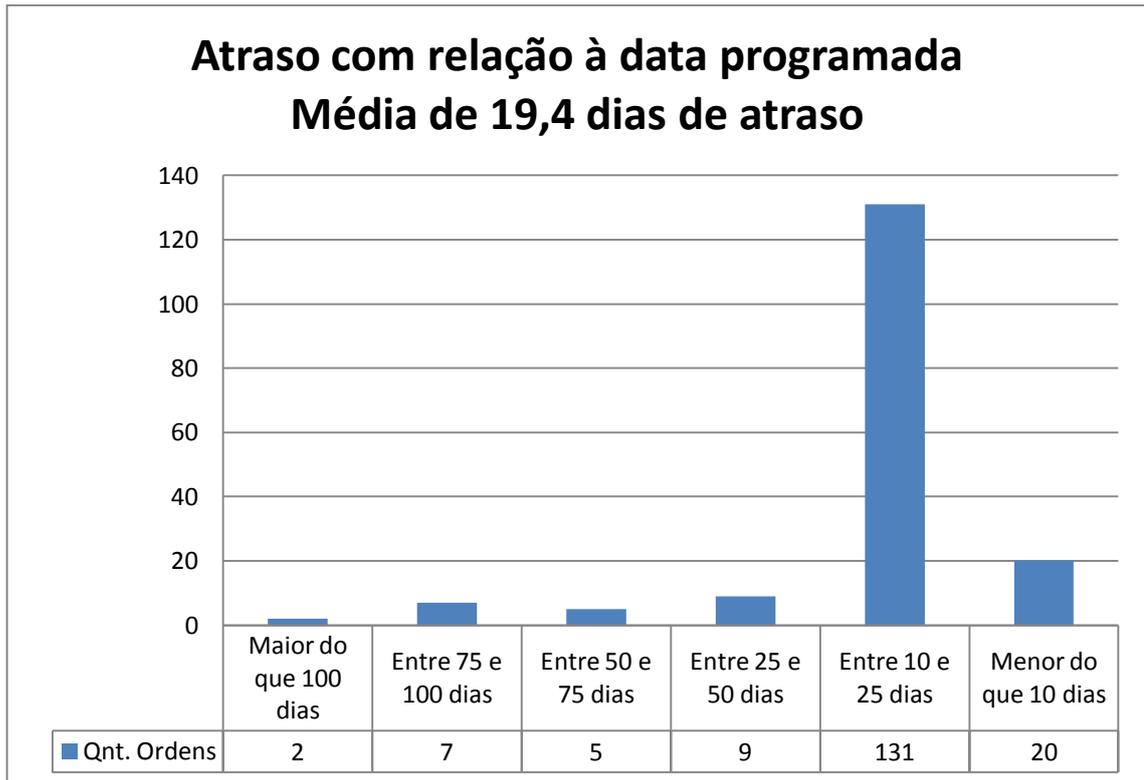


Gráfico 4.7 – Distribuição das ordens atendidas com relação ao atraso (data programada)

Fonte: o Autor

Dessa maneira pode-se observar que as ordens de manutenção corretiva têm demorado bastante para serem concluídas, sendo que a média de demora é de 19,4 dias após a data para a qual estavam programadas, fazendo com que o equipamento opere fora do padrão, com alguma anomalia, durante todo esse período.

Já se for considerada a data na qual a ordem entrou no sistema, para que se possa analisar a prontidão do atendimento, esse desvio cresce. Isso pode ser visto no Gráfico 4.8.

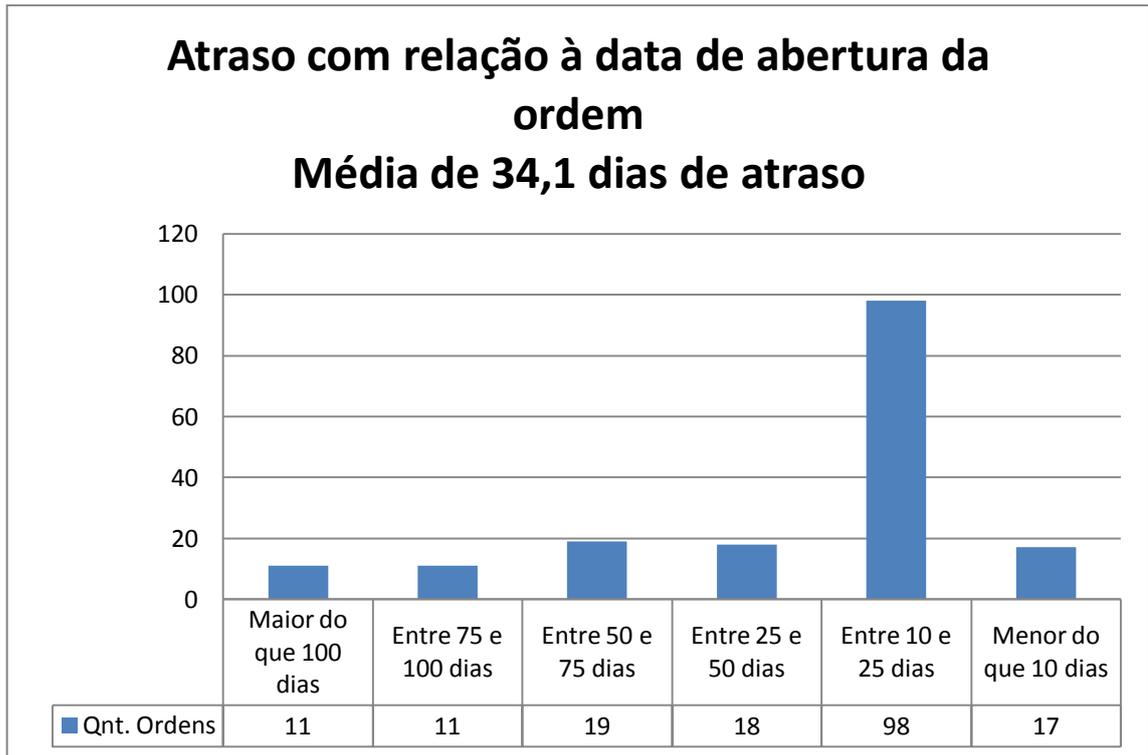


Gráfico 4.8 – Distribuição das ordens atendidas com relação ao atraso (data de entrada no sistema)

Fonte: o Autor

Verifica-se agora que a média de atraso aumentou consideravelmente, saindo de 19,4 para 34,1 dias. Ou seja, após a abertura da ordem de manutenção corretiva, o serviço demora, em média, pouco mais de um mês para ser efetuado. Isso é muito tempo, considerando que o equipamento fica operando com algum tipo de anomalia por todo esse período.

4.4. Entrevista e conversa com operadores

O último passo para que fosse possível encerrar a coleta de dados acerca da manutenção nos equipamentos críticos estudados nesse trabalho foi a entrevista e conversa com os operadores responsáveis pela operação das máquinas em questão.

Para tanto, foi criado um roteiro no qual essa conversa foi baseada, esse roteiro é apresentado no **Apêndice A**, no final deste trabalho.

Ao total foram entrevistados sete operadores responsáveis pela operação desses equipamentos, sendo dois da linha 1, dois da linha 2 e três da linha 3.

As repostas dos sete operadores entrevistados também estão por completo no **Apêndice A**.

A partir da pergunta 1 pode-se perceber que o nível de qualidade dos serviços de manutenção efetuados nos equipamentos críticos estudados nesse trabalho é apenas regular na visão dos operadores dos mesmos equipamentos. Sendo que o motivo para tal resultado, ainda segundo os mesmo operadores, é principalmente quanto ao excesso de trabalho para os mantenedores, acarretando por sua vez em uma priorização de serviços mais críticos. Esses serviços efetuados são na maioria de manutenção corretiva e são feitos às pressas, não ficando tão bom quanto deveriam. Dessa maneira, como a manutenção corretiva é muitas vezes deixada de lado, os mesmos problemas tendem a ocorrer novamente. Por outro lado, pôde-se notar, durante a conversa com cada um desses operadores, que o maior descontentamento dos mesmos era quanto a não realização das ordens de manutenção e que isso influenciava na percepção de qualidade dos serviços por eles.

Com a pergunta 2 consegue-se notar que a disponibilidade de ferramentas está atrelada à linha ao qual pertence o equipamento. Na linha 1, existem ferramentas disponíveis na minoria das vezes, pois não existe armário de ferramentas perto do equipamento. Já na linha 2, houve uma divergência quanto às respostas dos operadores, um considerou que as ferramenta estão sempre disponíveis e outro que estão disponíveis apenas na minoria das vezes. Por fim, na linha 3 os operadores responderam que as ferramentas, ou nunca estão disponíveis ou estão na minoria das vezes, isso devido aos operadores levarem as ferramentas embora, ou mesmo pelas ferramentas sumirem sem explicação.

A partir da terceira pergunta foi identificado que o principal problema para que sempre existam peças e componentes disponíveis para a rápida intervenção de manutenção é a burocracia, pois é necessário que essas peças, primeiramente sejam requisitadas para que depois as mesmas sejam pegas no almoxarifado ou ainda, caso não estejam disponíveis em estoque, sejam aprovadas para a compra.

Com a quarta pergunta nota-se que a questão de treinamento não é problemática, já que apenas um operador sentiu falta de treinamentos, sendo que o mesmo ainda é novo na função.

Por fim, pode-se notar que a partir da pergunta 5, todos os operadores consideraram que se o plano de manutenção criado para os equipamentos fosse realizado em sua totalidade, e com uma boa qualidade, os equipamentos em questão funcionariam melhor e sofreriam bem menos com a deterioração. Tal melhora por sua vez refletiria na melhora da eficiência das linhas de produção.

4.5. Ferramentas para análise e tratamento das falhas

Para a análise e o tratamento das falhas dos equipamentos, existe o **Grupo de Melhoria de Resultados de Eficiência**, que é um grupo que tem por finalidade aumentar a eficiência das linhas produtivas da empresa. Para isso, faz, dentre outras coisas, a análise e o tratamento das falhas dos dois equipamentos que mais impactam negativamente na eficiência por linha de produção.

O ciclo, que tem duração de um ano, das atividades quanto à análise e ao tratamento de falhas dos equipamentos nesse grupo se iniciam por identificar, através de gráficos de Pareto, quais os dois piores equipamentos por linha de produção no primeiro quadrimestre do ano, considerando-se as suas ineficiências. Nesse caso, os equipamentos estudados nesse trabalho estão incluídos nesse ano (2011), pois dois deles foram os piores de cada uma de suas linhas produtivas, enquanto um foi o segundo pior.

Em seguida é feita uma estratificação das falhas nos equipamentos selecionados e, novamente utilizando o gráfico de Pareto, são identificadas as principais falhas de cada equipamento.

Para as principais falhas de cada equipamento aplica-se então o Diagrama de Causa e Efeito para identificar as causas prováveis de cada falha.

O próximo passo é a aplicação da matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) para a priorização das causas prováveis identificadas. Essa matriz GUT faz a priorização das falhas através da quantificação (atribuindo notas) da gravidade da falha, da urgência que a mesma necessita ser eliminada e da sua tendência de incidência.

Na seqüência aplica-se o método dos 5 Porquês para encontrar as causas fundamentais das causas priorizadas no passo anterior.

Com as causas fundamentais identificadas faz-se um plano de ação com a finalidade de saná-las. Por fim, tanto a execução das ações contidas no plano, quanto os resultados obtidos com as mesmas são acompanhados com a finalidade de verificar se as ações estão surtindo efeito e qual a lacuna que ainda falta ser preenchida com relação à meta da organização.

Resumidamente, as atividades desse grupo de melhoria, com relação à análise e tratamento das falhas, são, durante todo o ano:

- a) Identificar, com auxílio do gráfico de Pareto, os dois piores equipamentos por linha de produção;
- b) Identificar, novamente através do gráfico de Pareto, as falhas com mais incidência em cada equipamento;
- c) Identificar, através do Diagrama de Causa e Efeito, as causas prováveis das falhas com maior incidência;
- d) Priorizar, com a utilização da Matriz GUT, as causas prováveis identificadas na fase anterior;
- e) Identificar, dessa vez utilizando o método dos 5 Porquês, as causas fundamentais das causas prováveis priorizadas;
- f) Propor ações para sanar os problemas;
- g) Acompanhar a evolução das ações e dos índices de eficiência das linhas e dos equipamentos.

O Gráfico 4.9 demonstra a evolução, no ano de 2011, da porcentagem de ocupação das linhas de produção nas quais estão os equipamentos estudados nesse trabalho.

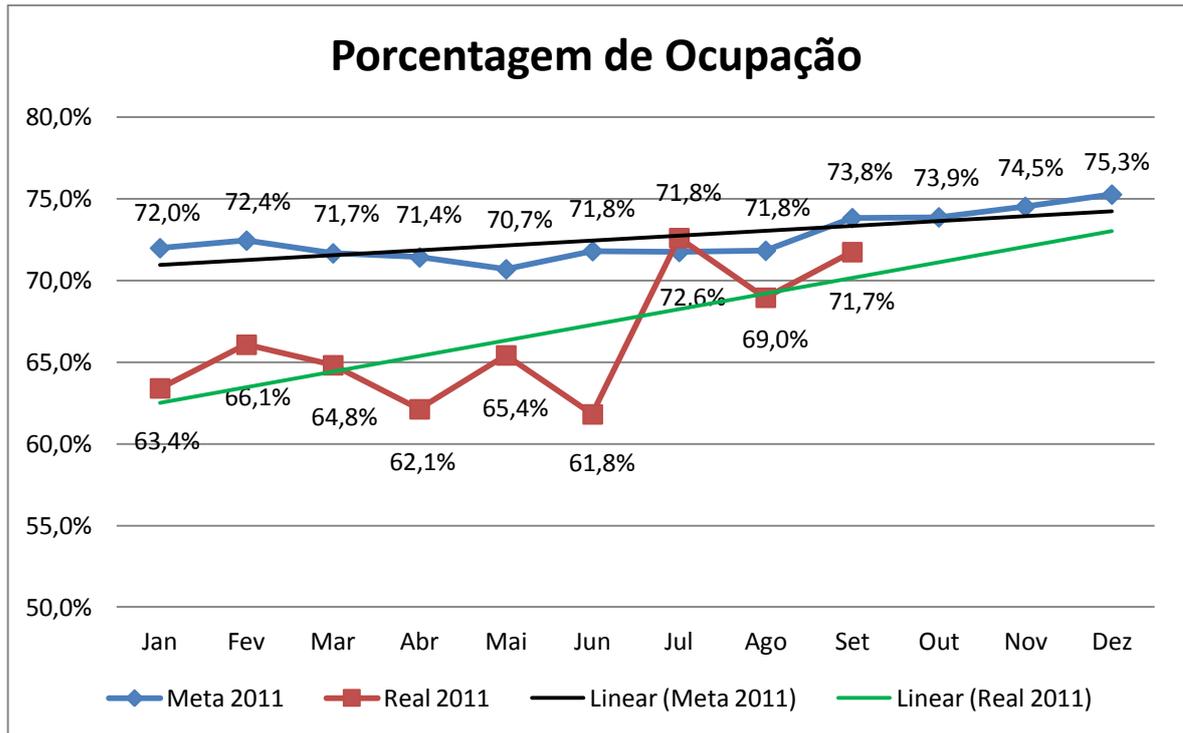


Gráfico 4.9 – Evolução da Porcentagem de Ocupação das Linhas Produtivas

Fonte: o Autor

Através do Gráfico 4.9 percebe-se que a ocupação das linhas produtivas da empresa tem tido uma evolução positiva durante o ano. Essa evolução pode ser vista através da comparação da projeção linear da meta com a projeção linear real, onde a linha verde está cada vez mais próxima da linha preta, sugerindo então que o real tem se aproximado da meta e que as atividades desse grupo tem surtido efeito.

Por fim, pode-se notar que, com as atividades do **Grupo de Melhoria de Resultado de Eficiência**, existe uma sistemática muito bem estruturada com relação à análise e ao tratamento das falhas nos equipamentos estudados nesse trabalho.

5. Considerações finais e conclusões

5.1. Pontos principais

A Tabela 5.1 logo abaixo resume os principais problemas identificados através da coleta de dados das seções anteriores (seções 4.2 a 4.5).

Dados		Principais problemas
Recomendações do fabricante frente ao plano de manutenção		Apenas 51,2% das recomendações do fabricante dos equipamentos, com relação à manutenção, estão sendo contemplados pelo plano de manutenção criado para os mesmos. Enquanto 24,4% das mesmas são apenas parcialmente contempladas nesses planos. Por outro lado, de acordo com a opinião dos operadores, esse não é o fator de maior influência nos problemas com os equipamentos, já que consideram que se o plano de manutenção fosse feito de maneira correta e com qualidade os equipamentos funcionariam bem melhor, além de não terem citado qualquer item faltante nesse plano.
Histórico da manutenção	Plano de manutenção	Ordens realizadas com muito desvio, principalmente ordens de trabalho operacionais, mecânicas e elétricas. Sendo que, em julho de 2010, aconteceu um pico no qual 78,57% das ordens de serviço não foram realizadas em dia.
	Ordens de manutenção corretiva	Demora na realização das ordens de trabalho, tendo um desvio de 19,4 dias entre a data programada e a data de realização. Esse desvio sobe para 34,1 dias se for considerada a data na qual a ordem de trabalho entrou no sistema.
Entrevista e conversa com operadores		<ul style="list-style-type: none"> - Nível de qualidade dos serviços efetuados de manutenção nos equipamentos é apenas regular. - Nas linhas produtivas 1 e 3 as ferramentas para uso dos operadores estão disponíveis apenas na minoria das vezes. Um operador da linha 2 também considera que as ferramentas em sua linha estão disponíveis na minoria das vezes. - Burocracia atrapalha para que sempre existam peças e componentes para a rápida intervenção de manutenção nos equipamentos.
Ferramentas para análise e tratamento das falhas		Não foram identificados problemas nesse item.

Tabela 5.1 – Principais problemas detectados

Fonte: o Autor

Percebe-se que existem diversos problemas quanto à gestão da manutenção nos equipamentos estudados nesse trabalho, enquanto as atividades para análise e tratamento das falhas seguem uma sistemática que tem surtido efeito positivo com relação ao aumento da eficiência das linhas de produção.

5.2. Considerações

Para que esse quadro possa ser melhorado, nada muito complexo precisa ser sugerido de imediato. Poder-se-ia pensar primeiramente na adoção da TPM pela organização, o que sem dúvida seria um avanço na área de manutenção para a empresa, porém pode-se perceber que a empresa já se utiliza de alguns dos pilares da TPM, como:

- **Educação & Treinamento.** Evidenciado pela pergunta 4 da entrevista realizada com os operadores (Tabela A.1 do Apêndice A).
- **Manutenção Autônoma.** Que pode ser comprovado verificando-se o Gráfico 4.3, onde se percebe que existe uma grande quantidade de ordens de manutenção que devem ser realizadas pelos operadores dos equipamentos, sendo essas ordens compostas por lubrificação, limpeza, inspeção etc.
- **Manutenção Planejada.** Esse pilar pode ser percebido através da constatação da existência de planos de manutenção para os equipamentos (seção 4.2), ou seja, existe um planejamento para a execução de manutenção preventiva, preditiva e corretiva nas máquinas.

Por outro lado, é notável também que os dois últimos pilares (Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada), dentre outras coisas, não têm funcionado como deveriam, pois muito é deixado de ser feito com relação à manutenção nos equipamentos. Ou seja, antes que seja implantado qualquer método dentro da organização é preciso que o que já existe na mesma seja feito da maneira correta para que então se torne possível verificar se o método e ferramentas atuais são suficientes para surtir efeito.

Dessa maneira, mais importante seria primeiramente dar foco na realização dos itens do plano de manutenção e nas ordens de manutenção corretiva, pois caso os mesmos sejam deixados de lado, ou mesmo sejam realizados apenas parcialmente, como vem ocorrendo nos equipamentos em questão, acaba por ocorrer o conhecido efeito de “bola de neve”, onde os problemas deixam de ser detectados previamente

(falta de manutenção preventiva e preditiva), e quando o são acabam incidindo diversas vezes nos equipamentos (falta de manutenção corretiva), ou seja, os mesmo problemas ocorrem diversas vezes e novos problemas vão ocorrendo para também se tornarem reincidentes.

Para que seja possível colocar isso em prática, ou seja, para que seja possível realizar todas as ordens de manutenção em dia, tanto as do plano de manutenção quanto as corretivas, é necessário disponibilizar aos operadores e aos mantenedores os treinamentos necessários e tempo suficiente para a realização dos serviços, além de ferramentas, peças e componentes necessários para a realização dessas ordens.

5.3. Conclusões

O mais importante de início é direcionar esforços para que os operadores e os profissionais da manutenção tenham as condições necessárias para realizar todas as atividades de manutenção, isto é, garantir que sempre tenham a disposição as ferramentas necessárias e também as peças de reposição mais utilizadas. Além disso, é extremamente importante proporcionar o tempo necessário para a realização dos serviços de manutenção.

Quanto à disponibilidade de ferramentas, já existe a sistemática de controle de ferramentas e de disposição das mesmas em armários perto dos equipamentos. Porém essa sistemática não tem sido eficiente devido a um período de pouca importância dada à mesma. Isso vem mudando com atitudes de deixar operadores como responsáveis pelos armários, assumindo papel de donos dos mesmos, além da verificação periódica de um *checklist* de ferramentas presente em cada armário, repondo as faltantes ou avariadas.

Com relação ao tempo disponível para que os operadores ou mantenedores realizem seus respectivos serviços nos equipamentos, medidas como acompanhamento da alocação dos mantenedores nos serviços e posteriormente a realização de contratações, caso haja constatação de escassez de mão-de-obra devem ser tomadas. A organização tem se movimentado no sentido de contratações, mas esse é um processo um pouco mais demorado, já que, depois de contratado, o novo operador necessita de um período de treinamento para poder efetuar todas as suas atividades.

No que diz respeito à disponibilidade de peças e componentes para a rápida intervenção dos operadores e mantenedores, a empresa tem uma sistemática de deixar em estoque peças com maior rotatividade e custos baixos, deixando as peças que são pouco utilizadas ou com um preço mais alto para serem adquiridas somente com a constatação da necessidade. O que deve ser feito então é uma verificação mais detalhada se todas as peças com maior rotatividade e com custo mais baixo estão realmente listadas e têm sido mantidas em estoque.

Além desses pontos, deve-se atentar ao fato de que existe um problema no sistema da empresa, onde os operadores e mantenedores podem colocar como data de conclusão dos serviços de manutenção qualquer dia, dessa maneira, os mesmos colocam essa data coincidindo com a data na qual o serviço deveria ser realizado. Isso gera um problema de confiabilidade dos dados, devendo então ser evitado ao máximo, ou seja, deveria ser possível colocar apenas a data atual, ou no máximo a data do último dia útil anterior, como data de conclusão do serviço.

Por fim, deve-se realizar um acompanhamento da situação após a tomada de todas essas medidas, verificando se foram eficazes para melhorar em curto prazo o quadro negativo constatado no início deste trabalho. Caso tenham ajudado a melhorar a situação, outros problemas, que estavam sendo “escondidos” por esses problemas maiores, aparecerão e deverão ser atacados com a finalidade de eliminá-los.

6. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

FONSECA, A. V. M. da; MIYAKE, D. I. Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade. In: XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Fortaleza, 2006.

GONÇALVES, G. **Termografia em Painéis Elétricos**: Análises em Disjuntores Motor. 2010. 61 f. Trabalho de conclusão de Curso – SENAI, Joinville, 2010.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção**: Função Estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2007.

KMITA, S. F. Manutenção Produtiva Total (TPM): uma ferramenta para o aumento do índice de eficiência global da empresa. In: XXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ouro Preto, 2003.

LINS, B. F. E. Ferramentas básicas da qualidade. **Ciência da Informação**, Brasília, v.22, n.2, p.153-161, maio/ago, 1993.

MIGUEL, P. A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v.17, p. 216-229, jan/abr, 2007.

MIRSHAWKA, V. **Manutenção Preditiva**: Caminho para Zero Defeitos. São Paulo: Makron McGraw-Hill, 1991.

MORAES, P. H. de A. **Manutenção Produtiva Total**: Estudo de Caso em uma Empresa Automobilística. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1989.

PEREIRA, M. J. **Engenharia de Manutenção**: Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2009.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade. Nova Lima: IDNG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

Apêndice A – Roteiro de perguntas e respostas dos operadores entrevistados

Tabela A.1 – Roteiro de entrevista com operadores

Função:		Tempo na função:		
Tempo de companhia:		Data:		
1-Como você classifica o nível de qualidade dos serviços de manutenção que são feitos no equipamento?				
Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Por quê?				
2-Existem ferramentas disponíveis e de qualidade para que as atividades de manutenção possam ser realizadas?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê?				
3-Existem peças e componentes disponíveis para a rápida intervenção nos equipamentos?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê?				
4-Você possui todos os treinamentos necessários para atuar sobre o equipamento?				
Caso não, por quê?				
5-Se o plano de manutenção fosse bem realizado, o equipamento funcionaria melhor?				
O que pode ser feito para melhorar este quadro?				

Tabela A.2 – Respostas do Operador 1

Função: Operador linha 1		Tempo na função: 4 meses		
Tempo de companhia: 4 meses		Data: 06/10/2011		
1-Como você classifica o nível de qualidade dos serviços de manutenção que são feitos no equipamento?				
Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Por quê? Regular. Quando manutenção é apenas para a troca de peças, o serviço fica bom, mas quando é necessário conserto de alguma parte, o serviço deixa a desejar.				
2-Existem ferramentas disponíveis e de qualidade para que as atividades de manutenção possam ser realizadas?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê? Minoria das vezes. Falta um armário de ferramentas perto desse equipamento. Estão utilizando de outro equipamento.				
3-Existem peças e componentes disponíveis para a rápida intervenção nos equipamentos?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê? Minoria das vezes. Burocracia atrapalha. A peça ou componente não é liberada no estoque ou não há em estoque.				
4-Você possui todos os treinamentos necessários para atuar sobre o equipamento?				
Caso não, por quê? Sim. Mas ainda está aprendendo durante a operação do equipamento.				
5-Se o plano de manutenção fosse bem realizado, o equipamento funcionaria melhor?				
O que pode ser feito para melhorar este quadro? Sim.				

Fonte: o Autor

Tabela A.3 – Respostas do Operador 2

Função: Operador linha 1		Tempo na função: 7 meses		
Tempo de companhia: 6 anos		Data: 06/10/2011		
1-Como você classifica o nível de qualidade dos serviços de manutenção que são feitos no equipamento?				
Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Por quê?				
Regular. Tempo curto, priorizando as coisas mais críticas.				
2-Existem ferramentas disponíveis e de qualidade para que as atividades de manutenção possam ser realizadas?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê?				
Minoria das vezes. Não existe ferramenta perto deste equipamento.				
3-Existem peças e componentes disponíveis para a rápida intervenção nos equipamentos?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê?				
Maioria das vezes. Não tem no estoque ou não é liberado para comprar.				
4-Você possui todos os treinamentos necessários para atuar sobre o equipamento?				
Caso não, por quê?				
Sim.				
5-Se o plano de manutenção fosse bem realizado, o equipamento funcionaria melhor?				
O que pode ser feito para melhorar este quadro?				
Sim. Existem serviços que não são priorizados, mesmo com notas abertas pelos operadores.				

Fonte: o Autor

Tabela A.4 – Respostas do Operador 3

Função: Operador linha 2		Tempo na função: 5 anos		
Tempo de companhia: 5 anos		Data: 28/09/2011		
1-Como você classifica o nível de qualidade dos serviços de manutenção que são feitos no equipamento?				
Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Por quê? Regular. É muito trabalho para poucas pessoas.				
2-Existem ferramentas disponíveis e de qualidade para que as atividades de manutenção possam ser realizadas?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê? Minoria das vezes. Faltam ferramentas, pois o suporte dado aos operadores é fraco.				
3-Existem peças e componentes disponíveis para a rápida intervenção nos equipamentos?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê? Minoria das vezes. Demora na requisição devido à burocracia.				
4-Você possui todos os treinamentos necessários para atuar sobre o equipamento?				
Caso não, por quê? Sim. Mas poderia ser melhor.				
5-Se o plano de manutenção fosse bem realizado, o equipamento funcionaria melhor?				
O que pode ser feito para melhorar este quadro? Sim. Operador acredita faltar união, organização, gente qualificada. Acredita ainda que exista muito serviço para poucas pessoas, desanimando os operadores.				

Fonte: o Autor

Tabela A.5 – Respostas do Operador 4

Função: Operador linha 2		Tempo na função: 3 anos		
Tempo de companhia: 5 anos		Data: 04/10/2011		
1-Como você classifica o nível de qualidade dos serviços de manutenção que são feitos no equipamento?				
Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Por quê?				
Regular. Falta conhecimento e experiência para os mantenedores.				
2-Existem ferramentas disponíveis e de qualidade para que as atividades de manutenção possam ser realizadas?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê?				
Sempre.				
3-Existem peças e componentes disponíveis para a rápida intervenção nos equipamentos?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê?				
Minoria das vezes. Burocracia atrapalha. Dependendo do valor da peça demora-se mais para a compra.				
4-Você possui todos os treinamentos necessários para atuar sobre o equipamento?				
Caso não, por quê?				
Sim. Mas falta para os operadores novos.				
5-Se o plano de manutenção fosse bem realizado, o equipamento funcionaria melhor?				
O que pode ser feito para melhorar este quadro?				
Sim. Já melhora muito se as ordens de serviços programadas forem cumpridas.				

Fonte: o Autor

Tabela A.6 – Respostas do Operador 5

Função: Operador linha 3		Tempo na função: 1 ano		
Tempo de companhia: 4 anos		Data: 27/09/2011		
1-Como você classifica o nível de qualidade dos serviços de manutenção que são feitos no equipamento?				
Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Por quê? Regular. Deixa muito a desejar. O serviço é deixado de fazer e o que faz fica razoável, isso porque são poucas pessoas para o tanto de serviço que tem.				
2-Existem ferramentas disponíveis e de qualidade para que as atividades de manutenção possam ser realizadas?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê? Nunca. As ferramentas são roubadas				
3-Existem peças e componentes disponíveis para a rápida intervenção nos equipamentos?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê? Minoria das vezes. Existe muita burocracia				
4-Você possui todos os treinamentos necessários para atuar sobre o equipamento?				
Caso não, por quê? Sim.				
5-Se o plano de manutenção fosse bem realizado, o equipamento funcionaria melhor?				
O que pode ser feito para melhorar este quadro? Sim.				

Fonte: o Autor

Tabela A.7 – Respostas do Operador 6

Função: Operador linha 3		Tempo na função: 4 meses		
Tempo de companhia: 18 anos		Data: 27/09/2011		
1-Como você classifica o nível de qualidade dos serviços de manutenção que são feitos no equipamento?				
Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Por quê?				
Ruim. Pois faltam peças, a demora para trocar os componentes é muito grande. E são efetuados mais serviços corretivos do que preventivos.				
2-Existem ferramentas disponíveis e de qualidade para que as atividades de manutenção possam ser realizadas?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê?				
Minoria das vezes. Faltam muitas ferramentas, pois o armário de ferramentas sofre muito com roubos.				
3-Existem peças e componentes disponíveis para a rápida intervenção nos equipamentos?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê?				
Minoria das vezes. Existe muita burocracia, atrasando o atendimento da ordem de manutenção. Existe demora para que a decisão sobre a troca seja tomada. E por fim a questão monetária, pois existe um orçamento máximo dentro do mês que pode ser usado.				
4-Você possui todos os treinamentos necessários para atuar sobre o equipamento?				
Caso não, por quê?				
Sim.				
5-Se o plano de manutenção fosse bem realizado, o equipamento funcionaria melhor?				
O que pode ser feito para melhorar este quadro?				
Sim. O plano é excelente, mas o cumprimento é ruim. Acredita ser dessa forma por falta de planejamento quando a linha sofre parada programada para manutenção.				

Fonte: o Autor

Tabela A.8 – Respostas do Operador 7

Função: Operador linha 3		Tempo na função: 3meses		
Tempo de companhia: 3 meses		Data: 28/09/2011		
1-Como você classifica o nível de qualidade dos serviços de manutenção que são feitos no equipamento?				
Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Por quê?				
Bom. Muita coisa é deixada de fazer, mas o que é feito é bem feito.				
2-Existem ferramentas disponíveis e de qualidade para que as atividades de manutenção possam ser realizadas?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê?				
Nunca. As ferramentas são roubadas, não são conservadas. Seria preciso mais segurança, um armário mais adequado.				
3-Existem peças e componentes disponíveis para a rápida intervenção nos equipamentos?				
Sempre	Maioria das vezes	Minoria das vezes	Nunca	
Caso não seja sempre, por quê?				
Maioria das vezes. Não tem na área de produção, mas quando é necessário, o supervisor de linha disponibiliza. Mas quando não existem peças no almoxarifado, o serviço de manutenção atrasa.				
4-Você possui todos os treinamentos necessários para atuar sobre o equipamento?				
Caso não, por quê?				
Não, precisa de treinamento mais específico. O treinamento é mais durante o cotidiano de trabalho.				
5-Se o plano de manutenção fosse bem realizado, o equipamento funcionaria melhor?				
O que pode ser feito para melhorar este quadro?				
Sim.				

Fonte: o Autor