

UNESP

Faculdade de Engenharia do Campus Guaratinguetá

**Guaratinguetá
2012**

PATRÍCIA GODOY VICENTE

ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA FERRAMENTA FTA NO
ESTUDO DE FALHAS DE MANUTENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA.

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva

Guaratinguetá
2012

V632a Vicente, Patrícia Godoy
Análise da aplicabilidade da ferramenta FTA no estudo de falhas de manutenção em uma indústria / Patrícia Godoy Vicente – Guaratinguetá : [s.n], 2012.
64 f : il.
Bibliografia: f. 62-64

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012.
Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva

1. Gestão da qualidade total 2. Confiabilidade (Engenharia) I. Título


CDU 658.56

ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA FERRAMENTA FTA NO
ESTUDO DE FALHAS DE MANUTENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA.

PATRÍCIA GODOY VICENTE


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA
DE GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

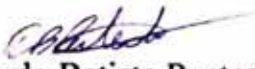
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Antonio Wagner Forti 
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Messias Borges Silva
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. Fabricio Maciel Gomes
UNESP- FEG


Prof. Ricardo Batista Pentead
UNESP- FEG

Dezembro de 2012

DADOS CURRICULARES

PATRÍCIA GODOY VICENTE

NASCIMENTO 22.05.1989 – SÃO JOSÉ DOS CAMPOS/SP

FILIAÇÃO Marlene Godoy Vicente
Antônio Carlos Vicente

2007/2012 Curso de Graduação
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Dedicatória

aos meus amigos, à minha família, em especial
aos meus pais Antônio e Marlene, pelo apoio e
incentivo em toda a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e capacidade para seguir meus objetivos, iluminando meu caminho e guiando minha vida.

À minha família, em especial meus queridos pais, pelo apoio, carinho, incentivo e compreensão em todos os momentos.

Agradeço aos meus amigos pelo companheirismo e amizade ao longo dos anos de faculdade, pelos estudos, dificuldades, alegrias e todos os momentos compartilhados.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Messias Borges Silva, pelo apoio e direcionamento para realização desse trabalho.

Epígrafe

“A sabedoria não se transmite, é preciso que nós a descubramos fazendo uma caminhada que ninguém pode fazer em nosso lugar e que ninguém nos pode evitar, porque a sabedoria é uma maneira de ver as coisas”.

Marcel Proust

VICENTE, P. G., **Análise da aplicabilidade da ferramenta FTA no estudo de falhas de manutenção em uma indústria.** 2012. 64 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá 2012.

RESUMO

A competitividade no setor industrial está cada vez mais acirrada. Nesse contexto, a qualidade nos serviços de manutenção é muitas vezes negligenciada devido ao senso de urgência que surge nessas empresas. Assim, torna-se cada vez mais necessário a utilização de ferramentas da Manutenção Centrada na Confiabilidade para auxiliar na gestão da manutenção de forma efetiva e eficaz, direcionando recursos. Este trabalho tem como objetivo avaliar a utilização da Àrvore de Falhas para identificação de caminhos críticos no setor de manutenção em uma indústria. Utiliza-se para isso as ferramentas da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), para coleta, disposição e priorização das causas em problemas nos transportadores da indústria. O estudo tem seu enfoque na fundamentação teórica sobre métodos de solução de problemas e técnicas para identificação das causas fundamentais, utilizando a árvore de falhas.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção Centrada na Confiabilidade, Gestão da Qualidade, Àrvore de Falhas.

VICENTE, P. G., **Analysis of applicability of the tool in the study of FTA maintenance failures in an industry.** 2012. 64 f. Monograph (Undergraduate Work in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá 2012.

ABSTRACT

The competitiveness in the industrial sector is increasingly fierce. In this context, the quality of maintenance is often neglected due to the sense of urgency that arises in these companies. Thus, it becomes increasingly necessary to use tools of Reliability Centered Maintenance to assist in managing maintenance effectively and efficiently, and directing resources. This study aims to evaluate the use of the fault tree to identify critical paths in the maintenance sector in an industry. The proposal uses the tools of Reliability Centered Maintenance (MCC) for the collection, disposal and prioritizing causes problems in the transport industry. The study has its focus on the theoretical foundation of problem solving methods and techniques to identify the root causes, using the fault tree.

KEY-WORDS: Reliability Centered Maintenance, Quality Management, Fault Tree

LISTA DE FIGUAS

Figura 1 – Evolução da manutenção	17
Figura 2 – Métodos de Manutenção Planejada.....	18
Figura 3 – O processo de implementação da MCC	23
Figura 4 – Descrição da Pontuação para os itens Gravidade, Urgência e Tendência	27
Figura 5 – Portas Lógicas “E” ou “OU”	29
Figura 6 – Representação dos Eventos	30
Figura 7 – Planta Esquemática do Envase de Cerveja	36
Figura 8 – Vista Geral de uma linha de Envase de Cerveja	36
Figura 9 –Gráfico de Pareto Referente à indisponibilidade por linha	44
Figura 10– Gráfico de Pareto da Indisponibilidade por trecho da linha 502	46
Figura 11 –Gráfico de Pareto da Indisponibilidade por trecho da linha 504	48
Figura 12 – FTA 1-Árvore de Falhas da Indisponibilidade no Sistema de Transporte ..	53
Figura 13 –FTA 2- Àrvore de Falhas referente a falha ou queima dos motores	54
Figura 14 –Gráfico da Vibração do Rolamento de um motor 200 CV	57

SUMÁRIO

DADOS CURRICULARES	5
Dedicatória	6
AGRADECIMENTOS.....	7
Epígrafe.....	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
SUMÁRIO	12
1.Introdução.....	14
1.1 Objetivos	15
1.2 Justificativas.....	15
2. Revisão Bibliográfica.....	16
2.1 Introdução à Manutenção	16
2.1.1 Breve Histórico	18
2.1.2 Métodos de Manutenção	19
2.1.3 Manutenção Corretiva.....	19
2.1.4 Manutenção Preventiva.....	19
2.2.5 Manutenção de Rotina	19
2.2.6 Manutenção Preditiva	20
2.2 Manutenção Centrada em Confiabilidade.....	20
2.2.1 Objetivo	20
2.2.2 Definições	21
2.2.3 Funções	21
2.2.4 Padrões de Desempenho	21
2.2.5 Falha	21
2.2.6 Modo de Falha.....	21
2.2.7 Causa da Falha	21
2.2.8 Efeito de Falha	21
2.2.9 Etapas para implementação da Metodologia MCC	21
2.3 Gestão da Manutenção.....	24
2.4 Ferramentas de Suporte a Gestão da Manutenção	24
2.4.1 Diagrama de Pareto	24
2.4.2 Metodologia 5S	25
2.4.3 Brainstorming.....	26
2.4.4 Estratificação.....	26
2.4.5 Matriz de Priorização.....	27
2.5 Árvore de Falhas - FTA.....	28
2.5.1 Introdução	28
2.5.2 Símbolos e Definições para Construção de Árvore de Falhas.....	29
3. Metodologia	31
3.1 Contextualização	31
3.2 Descrição do sistema	32
3.2.1 Fluxo de Manutenção na Fábrica.....	32
3.2.2 Equipamentos Presentes na Linha de Envase.....	33
3.2.3 Transportadores	37
3.3.2.1 Composição Básica dos Transportares.....	38

3.2.2.2 Trechos Constituintes dos Sistemas de Transportes	41
3.3 Sistema de coleta de dados	42
3.4 Sistema de análise de dados	43
3.5 Árvore de Falhas	52
3.5.1Elaboração.....	52
3.5.2Considerações	54
3.5.3 Recomendações	55
3.5.4 Planejamento das Ações e Análise das Alternativas Estratégicas	58
3.4.5 Montagem do Plano de Ação	58
3.5.6Execução do Plano de Ação	59
3.5.7Verificação dos Resultados	59
4. Conclusões.....	61
5. Referências	62
6. Bibliografia Consultada.....	64

1 Introdução

A Manutenção sofreu uma evolução que acompanhou o desenvolvimento social e tecnológico da humanidade. Com a revolução industrial, principalmente, no pós- guerra surgiu grandes mudanças na organização da produção. Dentre essas mudanças no âmbito tecnológico tem-se a produção em larga escala, a organização do trabalho e a automatização. No campo social, o desenvolvimento advém da conscientização de garantir a segurança física dos seres humanos e da preservação dos recursos ambientais.

Paralelamente, ao desenvolvimento da manutenção desenvolve-se o conceito de confiabilidade ainda na década de 50. Já nas décadas de 60 e 70 desenvolvem-se os conceitos associados à Manutenção Centrada em Confiabilidade, decorrentes das análises na indústria aérea americana, sendo que a partir de 70, muitas indústrias iniciaram a utilização dessa metodologia.

Tendo em vista que o custo de manutenção se elevou muito em relação aos custos de produção, a Manutenção Centrada em Confiabilidade difundiu-se no setor industrial nos últimos 20 anos. Hoje a manutenção desempenha um papel fundamental nas empresas, impactando de maneira significativa os custos de um produto, por ser responsável pela disponibilidade da produção. Devido ao cenário altamente competitivo entre as empresas tornam-se de suma importância que os conceitos da Manutenção Centrada em Confiabilidade estejam presentes nas rotinas de manutenção. Isso porque a manutenção é uma forma de se alcançar a competitividade.

Nesse contexto, há uma busca cada vez maior para uma manutenção centrada em planejamento e controle, sendo a área de manutenção hoje uma parte essencial no sucesso das empresas, e por isso foi escolhida como objeto de estudo nesse trabalho.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é a avaliar a utilização da Àrvore de Falhas nos transportadores de uma indústria de bebidas, levando em consideração à aplicabilidade da Manutenção Centrada na Confiabilidade. Como objetivo específico tem-se a apresentação de conceitos e métodos da manutenção com ênfase na Manutenção Centrada em Confiabilidade.

1.2 Justificativas

Atualmente a manutenção representa um setor chave nas indústrias, tendo em vista o cenário competitivo atual. Uma manutenção eficaz significa garantir a disponibilidade e a confiabilidade à linha de produção, além de aumentar a produtividade, a segurança operacional e ambiental e a redução de custos de uma empresa. Mesmo com a evolução da manutenção ao longo das décadas, boa parte das indústrias ainda opera de forma reativa, sem qualquer planejamento ou método. Dessa forma, torna-se imprescindível a utilização de ferramentas que consigam garantir tais requisitos aos equipamentos, reduzindo assim o número de falhas inesperadas, evitando futuros problemas e prejuízos. Diante do exposto acima, procurou-se estruturar o trabalho trazendo uma situação real de uma empresa e fazendo um estudo sobre a aplicabilidade de ferramentas e conceitos da Manutenção Centrada em Confiabilidade.

2 Revisão Bibliográfica

Nesse capítulo será apresentada uma introdução a alguns tópicos pertinentes para realização do trabalho. Será abordada uma breve introdução à manutenção e seus métodos. Também serão apresentados conceitos sobre a Manutenção Centrada em Confiabilidade, Gestão da Manutenção e suas ferramentas e por fim os conceitos sobre Àrvore de Falhas.

2.1 Introdução à Manutenção

2.1.1 Breve Histórico

Pode-se dividir a evolução da manutenção em três gerações distintas, que se caracterizam pela evolução tecnológica dos meios de produção, pela introdução e inserção de novos paradigmas nas atividades de manutenção.

A primeira geração estende-se de 1940 a 1950, com o final da Segunda Guerra Mundial. Esta pautada na mecanização da indústria, utilizando equipamentos simples. O planejamento da manutenção praticamente inexistia, sendo que as atividades consistiam em serviços de limpeza e lubrificação e tarefas corretivas para o reparo de falhas.

A segunda geração inicia-se, aproximadamente em 1950 e se estende até o ano de 1975. Nesse contexto está inserido o esforço de industrialização pós-guerra, a demanda por todo tipo de produto, a disseminação das linhas de produção contínuas, implantação da automatização. Nesse contexto, o aumento da expectativa da sociedade sobre o desempenho da indústria motivam a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas de manutenção preventivas, buscando-se a minimização dos impactos de falhas nos processos e meios de produção. Surgem técnicas de manutenção preditiva (1950), processo de revisão periódica de equipamentos, notadamente na indústria aeronáutica.

A terceira geração surge das necessidades frente à automação ocorrida a partir de 1975. Paralelo a isso o consumo em larga escala de produtos industrializados, a elevação dos custos, de mão de obra e de capital, associados à concorrência em escala mundial, levaram ao dimensionamento dos equipamentos nos limites da necessidade dos processos, estreitando as faixas operacionais e aumentando a importância da

manutenção. Somados a esse fatores surgem também a política “just-in-time”, que trabalha com estoques reduzidos, sendo que interrupções na linha de produção produzem paradas em toda uma linha. Nessa geração, surge, então, a necessidade de atender aos requisitos de maior disponibilidade, confiabilidade e vida útil, garantindo melhor qualidade e garantia dos produtos.

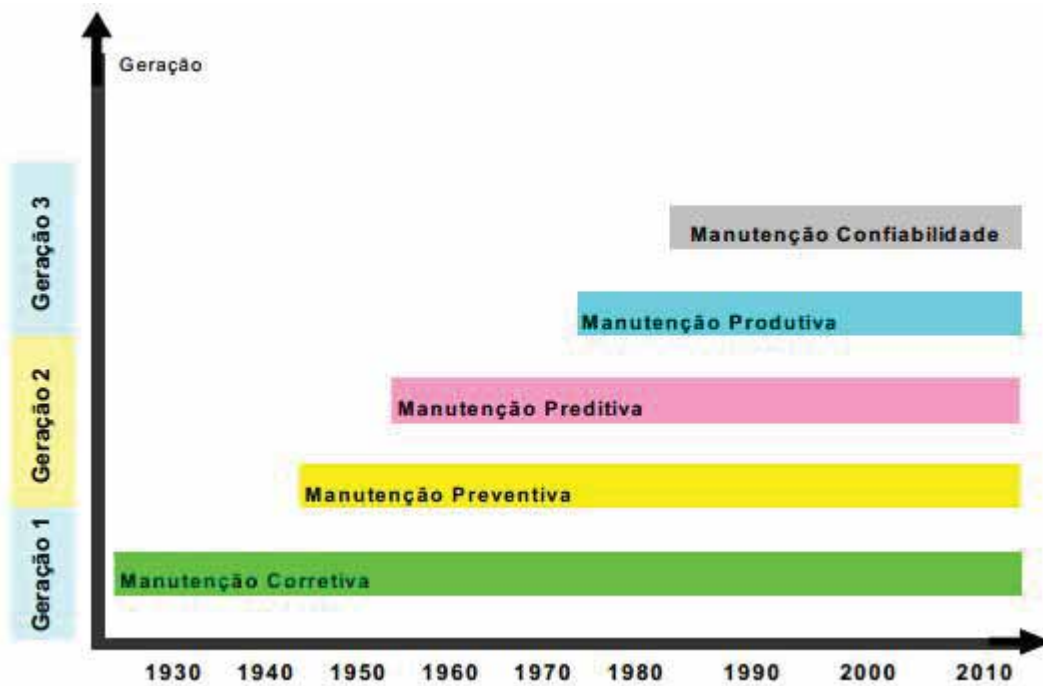


Figura 1- Evolução da manutenção.

Fonte: Siqueira (2005)

2.1.2 Métodos de Manutenção

Os métodos de manutenção caracterizam a maneira pela qual é realizada a manutenção nos equipamentos, sendo necessária a análise de suas características para se determinar qual método mais indicado para cada componente ou sistema. Uma das maneiras usuais de classificação dos métodos de manutenção consiste em classificá-los segundo a manutenção planejada e a manutenção não planejada.

Na manutenção não planejada ocorre a correção da falha depois que a mesma já ocorreu. Assim, ocorrem perdas inesperadas de produto, qualidade e elevados custos de manutenção. Para Patton (1995) a manutenção planejada pode ser dividida em: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva; e Manutenção por Melhorias. Além disso, a Manutenção Preventiva pode ser subdividida em: Manutenção de Rotina, Manutenção Periódica e Manutenção Preditiva. As considerações sobre cada um desses será descrita a seguir.

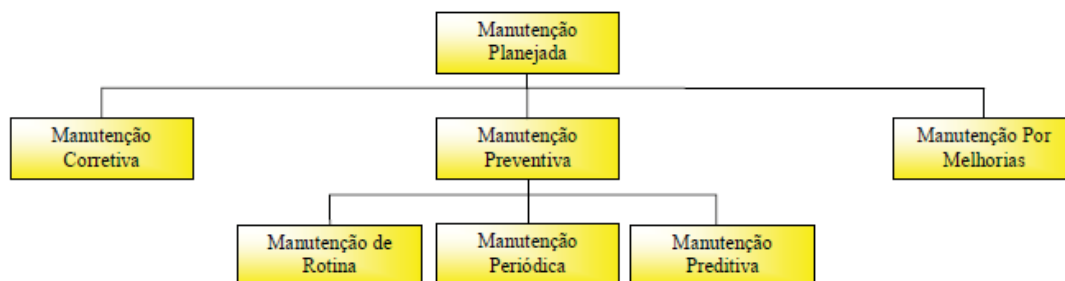


Figura 2 - Métodos da Manutenção Planejada.

Fonte- Zaions (2003).

2.1.3 Manutenção Corretiva

De acordo com a NBR-5462 (1994), a manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de da falha, tendo como objetivo a recolocação do item em condições de execução de suas funções requeridas. Essa manutenção por ocorrer de forma imprevisível podendo acarretar em alguns aspectos negativos como falha aleatória, e perigo a outros componentes, levando a inserção de custos adicionais ao sistema. Mas, para Bloch e Geitner (1997) a manutenção corretiva é inevitável isso pois existem modos de falhas que não respondem de maneira adequada aos serviços que são realizados de maneira periódica e nem podem ser detectados por inspeções.

2.1.4 Manutenção Preventiva

Conforme a NBR-5462 (1994), a manutenção preventiva pode ser definida como aquela em que é realizada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios previamente estabelecidos, destinados à redução da probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Nesse contexto, pode-se dizer que suas principais funções são prevenir a falha do item físico, detectar falhas potenciais e descobrir falhas ocultas.

Conforme Wyrebski (1997), a manutenção preventiva apresenta as seguintes vantagens e desvantagens. Como vantagens pode-se citar: assegura a continuidade do funcionamento das máquinas; facilidade para cumprir o planejado; aumento do tempo de vida das máquinas; as peças reservas podem ser previstas. As desvantagens são: (i) programa bem estruturado; (ii) equipe de mecânicos eficazes e treinados, (iii) plano de manutenção; e (iv) peças são trocadas antes de atingirem seus limites de vida.

2.1.5 Manutenção de Rotina

As tarefas da manutenção de rotina são realizadas no dia-a-dia para evitar a degradação dos itens físicos, sendo tratada por muitos autores como a manutenção autônoma. Takahashi & Osada (1993) apresentaram a manutenção autônoma como uma forma de redução dos custos com pessoal de manutenção, aumentando assim a vida útil dos equipamentos, concentrando-se, basicamente, em limpeza, lubrificação, reapertos e inspeção diária.

2.1.6 Manutenção Preditiva

Caracteriza-se pela medição e análise de variáveis da máquina que possam prognosticar uma eventual falha. Os parâmetros monitorados são: temperatura, óleos lubrificantes, os ruídos, a pressão, os ensaios não destrutivos e as vibrações.

2.2 Manutenção Centrada na Confiabilidade

2.2.1 Objetivo

Segundo Moubray (2000) a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) é descrita como um processo usado para a determinação do que precisa ser feito para garantir que qualquer item físico continue as funções desejadas. Nesse contexto, pode-se dizer que a MCC é uma técnica utilizada para a determinação do tipo de metodologia de manutenção mais efetivo para o tratamento de falhas potenciais.

Conforme Moubray (2000) os resultados esperados na sua implantação são: maior segurança humana e proteção ambiental; melhoria do desempenho operacional em termos de quantidade, qualidade do produto e serviço ao cliente; redução de custos; aumento da vida útil dos itens físicos; criação de um banco de dados completo; maior motivação do pessoal; e melhoria do trabalho em equipe.

2.2.2 Definições

È o principal produto da primeira etapa da metodologia MCC. As definições das funções são necessárias à identificação das atividades de manutenção recomendadas para cada sistema.

2.2.3 Funções

Segundo Zaions (2003) função pode ser definida como qualquer propósito pretendido para um processo ou produto.

2.2.4 Padrões de Desempenho

Segundo Zaions (2003), os equipamentos são projetados para assegurar um padrão mínimo de desempenho, dessa forma a máquina quando colocada em operação deverá apresentar um padrão mínimo de desempenho definido pelo usuário. Assim sendo, a manutenção deve manter o desempenho sempre acima do padrão mínimo desejado pelo usuário.

2. 2.5 Falha

Segundo a Norma NBR 5462 (1994) a falha é o término da capacidade do item no seu desempenho tendo em vista a sua função requerida. Pode-se dizer que é a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, assim sendo falha leva o item a um estado de indisponibilidade.

2.2.6 Modo de Falha

O modo de Falha é o evento que pode levar um ativo (sistema ou processo) a falhar, estando associado às prováveis causas de cada falha funcional. Nesse contexto, pode-se dizer que os modos de falhas são os eventos que levam a diminuição ou eliminação da função do produto.

2.2.7 Causa da Falha:

São os eventos que induzem o tipo de modo de falha. Segundo Bloch e Geitner (1997) essas falhas podem estar associadas a: falha de projeto; defeitos do material; deficiências durante o processo ou fabricação; defeitos de instalação e montagem; condições de serviço não previstas ou fora de projeto; deficiências de manutenção; operação indevida. Enquanto o modo descreve o que está errado, a causa descreverá o porquê do desvio da função requerida de um item.

2.2.8 Efeito de Falha

Segundo Siqueira (2005) o efeito ocorre quando um modo de falha se apresenta. Os estudos de efeitos de falha têm como finalidade pesquisar os impactos dos modos de falha nas funções do sistema e nas instalações. Através do estudo é possível definir as consequências das falhas. Esse feito leva em consideração o que ocorreria se nenhuma tarefa específica de manutenção fosse realizada para antecipar, prevenir ou detectar a falha.

2.2.9 Etapas para Implementação da Metodologia de MCC

Para implementação do MCC um número de etapas deve ser seguido. Essas etapas são descritas por Zaions (2003) do seguinte modo:

Etapa 1 - Preparação do Estudo. Essa etapa deve esclarecer e definir os objetivos e o escopo da análise.

Etapa 2- Seleção e Determinação do Sistema. Essa etapa compreende a determinação do que será analisado e em que nível: planta industrial, sistema, itens físicos ou componentes.

Etapa 3 – Análise das funções e Falhas Funcionais. Permite identificar as funções do sistema e as fronteiras entre os sistemas componentes da unidade fabril. Essa etapa compreende, também, a documentação de informações como descrição do sistema, diagrama de blocos das funções, interfaces de entrada e saída, lista de equipamentos e seus históricos.

Etapa 4- Seleção de Itens Críticos. O objetivo dessa etapa é identificar itens físicos potencialmente críticos com relação a falhas funcionais.

Etapa 5- Coleta e Análise de Informações. Essa etapa compreende a coleta e análise das informações necessárias para implementar a análise da MCC.

Etapa 6- Análise de Modos e Efeitos de Falhas. Permite identificar o papel que os itens físicos desempenham nas falhas funcionais.

Etapa7- Seleção de Tarefas Preventivas. Esse passo compreende a seleção das tarefas viáveis e efetivas na prevenção de falhas funcionais.

Etapa8- Definição das frequências das tarefas de manutenção preventiva. O objetivo dessa etapa é determinar o intervalo ótimo para realizar as tarefas de manutenção previstas na etapa sete.

Tais etapas podem ser observadas na Figura 3.

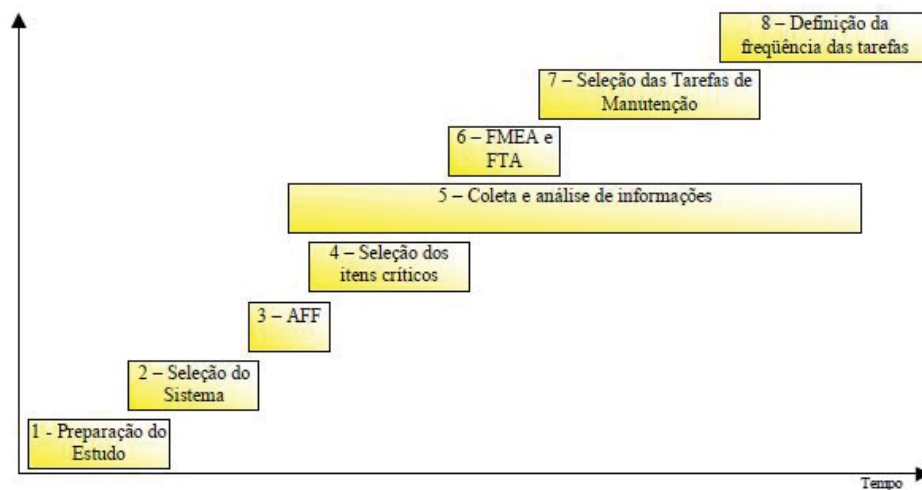


Figura 3- O processo de implementação da MCC

Fonte: Rausand 1998.

2.3 Gestão da Manutenção

A gestão da manutenção é formada por um conjunto de técnicas objetivando a melhoria de resultados. Essas técnicas são voltadas para o planejamento adequado e controle nas atividades da manutenção. Segundo Kardec & Nascif(2006), a manutenção para ser estratégica, deve ter seu enfoque nos resultados empresariais da organização. É preciso deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz. Nesse contexto, não basta, apenas, reparar o equipamento tão rápido quanto possível, mas sim manter a função do equipamento disponível para operação, reduzindo a probabilidade de uma parada não planejada. Conforme explicitado por Xenos (2004), o escopo da manutenção abrange mais do que simplesmente manter as condições originais, mas sim introduzir, melhorias que visam o aumento da produtividade.

2.4 Ferramentas de suporte a Gestão da Manutenção

2.4.1 Diagrama de Pareto:

O diagrama de Pareto criado no século XIX pelo italiano Vilfredo Pareto, é uma ferramenta gráfica para ajudar a identificar quais problemas são mais significativos, para que os esforços de melhoria possam ser focados onde eles terão o maior impacto. Os gráficos Pareto são um tipo de gráfico de barras em que o eixo horizontal representa as categorias de interesse em vez de uma escala contínua. É um recurso que permite definir uma priorização correta, garantindo a eficácia da manutenção. Segundo Werkema (1995), a estratificação do gráfico de Pareto nos permite identificar se a causa do problema considerado é comum a todo processo ou se existem causas específicas associada a diferentes fatores que compõe o processo. Definição de como elaborar o Diagrama de Pareto segundo Werkema (1995):

- Determine o objetivo do diagrama, ou seja, que tipo de perda você quer investigar;
- Defina o aspecto do tipo de perda, ou seja, como os dados serão classificados;
- Em uma tabela, ou folha de verificação, organize os dados com as categorias do aspecto que você definiu;

- Faça os cálculos de frequência e agrupe as categorias que ocorrem com baixa frequência, calcule também o total e a porcentagem de cada item sobre o total e o acumulado;
- Trace o diagrama ordenando as frequências das ocorrências da maior para a menor.

2.4.2 Metodologia 5S

A metodologia "5S" é uma ferramenta de gestão da manutenção imprescindível. As sujeiras constituem causas de defeitos e paradas temporárias podendo causar diferentes problemas no ambiente de trabalho. Existe também o lado psicológico sobre as pessoas, pois um ambiente pouco limpo induz as pessoas à indiferença, o que torna difícil a identificação das causas ocultas. A limpeza possibilita o alcance das condições operacionais básicas do equipamento, atacando e prevenindo folgas, atritos, imperfeições, solturas das fixações, deformações, vazamentos, trincas e outras anormalidades tanto dos equipamentos como das ferramentas e dispositivos. Para manutenção dos equipamentos a metodologia 5S proporciona a colocação dos equipamentos em perfeitas condições de uso, transformando a limpeza em oportunidades para inspeções detalhadas, proporcionando a identificação falhas reais ou potenciais, aumentando o nível de consciência do operador.

Esse método surgiu no Japão, nas décadas de 50 e 60, após a Segunda Guerra devido a necessidade de reconstrução e reestruturação pela qual o país passava. O programa tem este nome por englobar cinco conceitos básicos e simples, porém essenciais e que fazem a diferença no Sistema da Qualidade. Os cinco sentidos serão descritos abaixo:

1.º S - SEIRI – Senso de Utilização: Cujo conceito prevê a separação do útil em meio ao inútil, eliminando o desnecessário.

2.º S - SEITON – Senso de Arrumação: Cujo conceito prevê a identificação e arrumação de tudo, para que qualquer pessoa possa localizar algo facilmente

3.º S - SEISO – Senso da Limpeza: Cujo conceito prevê manutenção de um ambiente sempre limpo, eliminando as causas da sujeira.

4.º S - SEIKETSU – Senso da saúde e da Higiene: Cujo conceito prevê a manutenção de um ambiente de trabalho sempre favorável a saúde e higiene.

5.º S - SHITSUKE – Senso de auto disciplina:Cujo conceito prevê a realização dessas atitudes em hábitos, transformando os 5s's num modo de vida.

Segundo Silva (1996, p.27) os benefícios gerais do programa 5S são muitos, tanto tangíveis quanto intangíveis, dentre eles ressalta-se:

- Melhoria da qualidade;
- Prevenção de acidentes;
- Aumento da produtividade;
- Incentivo à criatividade;
- Melhoria do moral e bem-estar das pessoas;
- Prevenção quanto à parada por quebras e maior disponibilidade das máquinas;
- Conservação de energia e redução de custos;
- Higienização mental.

Ao adotar as práticas de 5S a empresa estará envolvida em melhorias significativas como prevenção de higiene e segurança, programa de redução de custos, programa de combate aos desperdícios, aumento na confiabilidade dos equipamentos.

2.4.3 Brainstorming

Segundo Eigeles (2003) È uma ferramenta destinada à geração de ideias ou sugestões criativas para problemas organizacionais. O processo é feito por um grupo de pessoas que expõem suas ideias de forma livre, em grande quantidade e no menor intervalo de tempo e o resultado dessas ideias é refinado para um tratamento posterior.

2.4.5 Estratificação:

A estratificação é uma ferramenta estatística da qualidade que visa agrupar as informações, os dados sob vários pontos de vista, de modo a focalizar a ação, ou seja, a “estratificação consiste na divisão de um grupo em diversos subgrupos com base em fatores apropriados, os quais são conhecidos como fatores de estratificação.” (WERKEMA. 1995).

2.4.6 Matriz de Priorização

A matriz de priorização é uma ferramenta de gestão utilizada para focalizar as ações de um grupo nos fatos mais relevantes, estabelecendo um grau de prioridade entre as opções. Ela é realizada através de uma tabela que permite a comparação de uma alternativa com as demais. Um exemplo de matriz de priorização é a matriz GUT, que leva em conta a gravidade, a urgência e a tendência de cada problema.

- Gravidade: indica o grau de impacto do problema sobre o sistema e os efeitos que surgirão em longo prazo caso o problema não seja resolvido.
- Urgência: indica a relação entre o tempo disponível ou necessário para resolução do problema.
- Tendência: indica o potencial de crescimento do problema, avaliação da tendência do crescimento, redução ou desaparecimento do problema em questão.

De acordo com os critérios estabelecidos é realizada uma pontuação de 1 a 5, para cada dimensão da matriz. Dessa forma, é possível classificar em ordem decrescente de pontos os problemas a serem tratados visando a melhoria do processo. Essa análise deve ser realizada por grupos de melhoria, de forma a obter a melhor priorização dos itens. Abaixo se encontra uma descrição dos pontos gravidade, urgência e tendência.

Pontos	G Gravidade	U Urgência	T Tendência
5	Os prejuízos ou dificuldades são extremamente graves	É necessária uma ação imediata	Se nada for feito, o agravamento da situação será imediato
4	Muito Graves	Com alguma urgência	Vai piorar a curto prazo
3	Graves	O mais cedo possível	Vai piorar a médio prazo
2	Pouco Graves	Pode esperar um pouco	Vai piorar a longo prazo
1	Sem Gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar ou pode até melhorar

Figura 4: Descrição da pontuação para os itens gravidade, urgência e tendência.

2.5 Àrvore de Falhas – FTA

2.5.1 Introdução

A Àrvore de Falhas também conhecida também por *Fault Tree Analysis* (FTA), é um método que permite descobrir e encadear, de forma lógica, eventos pontuais ou coletivos que conduzirão a um determinado modo de falha. Sua representação se dá na forma de um diagrama vertical, no qual o efeito (problema) se localiza no topo da árvore, e abaixo encontram-se as causas gerais.

Segundo Helman (1995) as finalidades da árvore de falhas podem ser listadas como: estabelecimento de um método padronizado de análise de falhas ou problemas; análise da confiabilidade de um produto ou processo; compreensão dos modos de falha de um sistema, de maneira dedutiva; priorização das ações corretivas que serão tomadas; análise e projeto de sistemas de segurança ou sistemas alternativos em equipamentos; compilação de informações para manutenção de sistemas e elaboração de procedimentos de manutenção; indicação clara e precisa de componentes mais críticos ou condições críticas de operação; compilação de informações para treinamento na operação de equipamentos; compilação de informações para planejamento de testes e inspeção; simplificação e otimização de equipamentos.

A árvore de falhas constitui-se como uma ferramenta viva, uma vez que pode ser atualizada ou complementada na proporção em que se obtêm novas informações sobre o sistema. Nesse contexto, essa ferramenta apresenta-se como uma forma de registrar dados da empresa, sendo uma ferramenta didática para o treinamento de pessoas encarregadas nas tarefas de manutenção do dado sistema.

Segundo Helman (1995) muitas empresas vêm utilizando esse método não só como meios de previsão de falhas em produtos e processos, mas também como técnicas de solução de problemas e ferramentas auxiliares no processo de desdobramento da função qualidade.

2.5.2 Símbolos e Definições para Construção de Árvore de Falhas

A árvore de falhas é um modelo gráfico de combinações sequenciais e paralelas que dão origem a ocorrência do efeito (cabeça da árvore). Para confecção da árvore utiliza-se lógica booleana (lógicas E ou OU) para representar as combinações de falhas individuais que levam ao efeito. Os desdobramentos são feitos até o momento em que o evento falha não pode ser mais dividido ou quando decide-se limitar a análise de um subsistema, chegando-se em um Evento Básico.

Conforme explicitado anteriormente à árvore de falhas é construída a partir da utilização de conectores lógicos como mostrado nas Figuras 5 e 6.

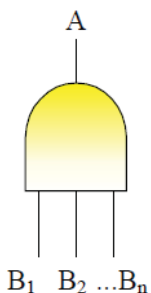
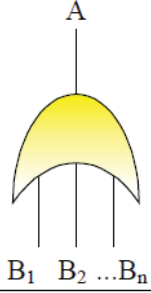
Símbolo	Nome	Relação causal
	E	O evento de saída "A" ocorre se todos os eventos de entrada "B ₁ , B ₂ ...B _n " ocorrerem simultaneamente.
	OU	O evento de saída "A" ocorre se pelo menos um dos eventos de entrada "B ₁ , B ₂ ...B _n " ocorrerem.

Figura 5: Portas Lógicas "E" e "OU"

Fonte Zaions (2005)





Símbolo	Descrição do evento
 retângulo	Evento representando combinação de outros eventos através da associação de portas lógicas
 círculo	Evento básico
 losango	Evento não desenvolvido
 <i>"transfer out"</i> e <i>"transfer in"</i>	Símbolo de transferência

Figura 6: Representação dos eventos

Fonte: Zaions (2003)

O evento denotado por um retângulo representa um evento de falha resultante de uma combinação de eventos básicos por meio de portas lógicas.

O evento denotado por um círculo representa um evento elementar independente de outros eventos. Conforme Zaions apud Scapin (1999), esses eventos são aqueles dos quais é possível obter informações de confiabilidade (tempo médio entre falhas, tempo médio até a falha, confiabilidade, taxa de falhas, etc).

O evento simbolizado por um losango representa um evento não desenvolvido devido à falta de informação. O evento denotado por um triângulo representa um evento de transferência. O par de triângulos *transfer-in* e *transfer-out* se refere a duas partes idênticas de relações causais. O triângulo *transfer-out* possui uma linha ao seu lado que sai de uma porta lógica de onde serão usados os eventos, enquanto que o triângulo *transfer-in* apresenta uma linha que sai de seu topo e vai para outra porta lógica e representa o ponto onde serão transferidas cópias dos eventos.

3 Metodologia

Esse capítulo trata dos métodos que foram adotados para desenvolvimento do trabalho, juntamente com o sistema de coleta, análise de dados e sugestões de melhoria a partir dos resultados encontrados.

Em primeiro lugar foi realizada uma pesquisa bibliográfica com os temas pertinentes, criando um acervo bibliográfico para auxiliar na elaboração do plano de pesquisa, envolvendo aspectos fundamentais da manutenção centrada em confiabilidade, bem como de suas ferramentas.

Em segundo lugar, determinaram-se técnicas para coleta e registro de dados, que foram utilizados posteriormente.

Em último lugar utilizou-se dos dados coletados, para realização de uma priorização, para construção de duas árvores de falhas, e posteriores recomendações acerca dos resultados obtidos.

3.1 Contextualização

O estudo foi realizado no setor de envase em uma indústria de bebidas, no setor de produção de cerveja, na unidade de Jacareí, São Paulo. O envase ou enchimento é a fase final do processo de produção, composto por diversas operações relacionadas ao enchimento dos vasilhames, que podem ser garrafas, latas de alumínio e barris de chope.

A unidade do estudo possui oito linhas de enchimento, sendo três linhas de enchimento de garrafas retornáveis inteiras (502, 503 e 504); duas linhas de garrafas long neck (541 e 542) e três linhas de latas (512, 513 e 514). A empresa trabalha em regime contínuo, 24 horas por dia e sete dias da semana.

O envase é a área que apresenta maior número de funcionários, com equipamentos mais complexos, que em geral demandam maior índice de manutenção. Nesse sentido, apresenta-se como uma área crítica, onde podem ocorrer perdas por acidentes, devido a uma operação não adequada.

O sistema em estudo são os transportadores da linha de envase da unidade, que vêm apresentando baixa eficiência, gerando considerável perda de produtividade da unidade, devido ao alto tempo de paradas não programadas.

Pode-se verificar que apesar de haver um plano de manutenção preventiva na empresa, o mesmo não está se apresentando de maneira satisfatória, já que não há uma atuação eficaz e bem planejada, sendo que o índice de manutenções corretivas não programadas é elevado.

Nesse contexto, propõem-se a utilização de ferramentas de manutenção centrada em confiabilidade, como a árvore de falhas para realização de manutenções preventivas eficazes, com direcionamento adequado dos recursos. O intuito é garantir uma melhor gestão da manutenção, e consequente aumento da disponibilidade do sistema, evitando longas horas de paradas dos trechos para as manutenções corretivas. Além dos benefícios de ganho de produtividade e garantia de maior confiabilidade do sistema em termos de segurança dos operários.

3.2 Descrição do Sistema

A seguir será descrito o fluxo de manutenção na fábrica, os equipamentos que constituem a linha de envase de cerveja, bem com a descrição do trecho dos transportadores.

3.2.1 Fluxo de Manutenção na Fábrica

Primeiramente há a divisão da equipe de manutenção em equipe da Preventiva e equipe dos GPA's (Grupo de Pronto Atendimento). A equipe da preventiva realiza trabalhos diários nas linhas, sendo que todas as linhas param uma vez por semana para o PCM (Planejamento e Controle da Manutenção), que é a realização das atividades de manutenção previstas para a semana. Já os GPA's ficam a disposição da linha atentos para alguma parada emergencial, sendo que são 2 GPA's por linha, um mecânico e um elétrico.

As linhas são divididas da seguinte maneira: 502,503 e 504 são de garrafas retornáveis inteiras; 541 e 542 são de garrafas long neck e 512, 513 e 514 são as linhas de latas. A divisão da Engenharia consiste na divisão de equipes, descrita a seguir:

- Equipe Mecânica Packaging Vidros: atua nas linhas (502,503,504,541,542), desenvolvendo trabalhos mecânicos
- Equipe Elétrica Packaging Vidros: atua nas linhas (502,503,504,541,542), desenvolvendo trabalhos elétricos.
- Equipe Mecânica Packaging Latas: atua nas linhas (512,513,514) desenvolvendo trabalhos mecânicos.
- Equipe Elétrica Packaging Latas: atua nas linhas (512,513,514) desenvolvendo trabalhos elétricos.
- Equipe de Transportes: atua nos sistema de transportes de todas as linhas.
- Equipe de Utilidades que acompanham as operações nas áreas de utilidades(operações em Caldeiras, usina de CO₂, Compressores de ar e Sistema de Frios)
- Equipe do Processo: realiza manutenções na parte de processos de fabricação da cerveja (adegas, filtração e brassagem).
- Equipe Pool GPA: são os técnicos Mecânicos e Elétricos que são responsáveis pela manutenção emergencial.
- Equipe PCM: São os técnicos responsáveis pelo detalhamento e planejamento das ordens de manutenção.

3.2.2 Equipamentos Presentes na Linha de Envase

Os equipamentos que constituem a linha de envase de uma indústria de bebidas estão descritos a seguir, com suas respectivas funções dentro do sistema.

- Despaletizadora

Responsável pelo desempilhamento das camadas de caixas contendo envazes vazios de garrafas retornáveis ou latas e garrafas novas.

- Desencaixotadora:

Equipamento no qual as garrafas retornáveis são retiradas das caixas. A desencaixotadora está presente nas linhas de envase referente as garrafas retornáveis.

- Lavadora de Garrafas

È um equipamento constituído por uma câmara fechada, no qual as garrafas são lavadas com uma solução alcalina e detergente. Os cames e o eixo dos empurradores são os responsáveis pela introdução das garrafas na lavadora.

- Rinser

È o responsável pela esterilização das latas e garrafas descartáveis.

- Inspetor de garrafas

Após a lavagem das garrafas, essas seguem por um equipamento de inspeção visual que verifica não conformidades nas mesmas, como trincas, diferenças na cor e sujidade. As garrafas não conformes são retiradas e mandadas para reciclagem.

- Inspetor de Latas

Após a passagem pelo pasteurizador as latas são submetidas inspetor de latas mal cheias que identifica e elimina do processo todas as latas que possam estar com nível de enchimento fora dos parâmetros do Inmetro.

- Enchedora

È o equipamento no qual a cerveja após a filtração é enviada para o envase em garrafas de vidros ou latas de alumínio.

- Pasteurizador

È um equipamento responsável pela inativação ou mesmo eliminação de micro-organismos presentes na bebida por meio do calor, prolongando o prazo de validade do produto. Ocorre o aquecimento do vasilhame até a temperatura de pasteurização (56 a 65°C para túnel e 70° C para flash pasteurização), sendo que deve se manter a temperatura por um determinado período (túnel cerca de 12 a 20 minutos e flash pasteurização cerca de 30 a 60 segundos).

- Rotuladora

Aplica rótulos e imprime dados de validade e lote nos produtos.

- Encaixotadora

Coloca os engradados de garrafas em caixas plásticas. A encaixotadora está presente apenas nas linhas de envase de garrafas retornáveis.

- Paletizadora

Sua finalidade é o empilhamento em camadas dos pacotes ou caixas contendo as embalagens prontas para o mercado.

- Envolvedora

Sua finalidade é o envolvimento dos paletes com um plástico transparente para se evitar que o produto caia dos paletes durante o transporte e possa ser enviado ao armazém. Está presente nas linhas em que são envasadas as latas e as garrafas não retornáveis.

- Empacotadora

Responsável pelo empacotamento das latas e garrafas não retornáveis.

As Figuras 7 e 8 mostram respectivamente uma planta esquemática de uma linha de envase de cerveja e sua vista geral.

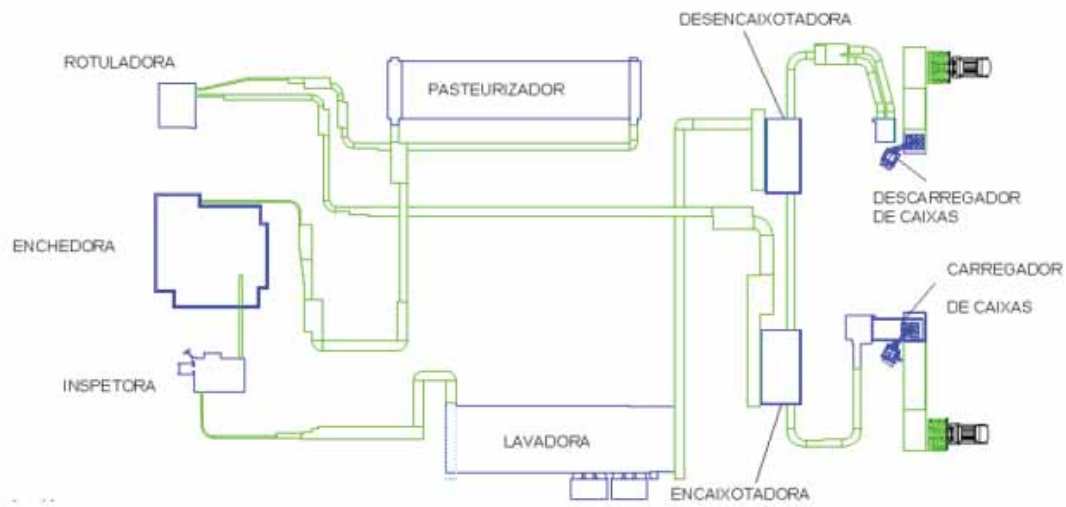


Figura 7: Planta Esquemática de Envase de Cerveja



Figura 8: Vista Geral de uma linha de envase de cerveja

Linha de Latas (Linhas: 512, 513 e 514): Despaletizadora, Rinser, Enchedora, Recravadora, Pasteurizador, Inspetor de Latas, Empacotadora, Paletizadora, Envolvedora.

Linha de Garrafas Descartáveis (Linhas: 541 e 542): Despaletizadora, Rinser, Enchedora, Pasteurizador, Rotuladora, Empacotadora, Paletizadora, Envolvedora.

Linha de Garrafas Retornáveis (Linhas: 502, 503 e 504): Despaletizadora, Desencaixotadora, Lavadora de Garrafas, Inspetor eletrônico, Enchedora, Pasteurizador, Rotuladora, Encaixotadora, Paletizadora.

3.2.3 Transportadores

Os transportadores de envase constituem os elementos que unem as diferentes máquinas de uma linha de envasamento. Possuem uma importância decisiva na eficiência da linha, pois servem como um pulmão.

A utilização das esteiras transportadoras nos processos de produção começou a partir da adoção do método de linha, com a adoção do modelo Fordista, no qual os carros eram colocados em uma esteira onde passam pelos postos de trabalho no qual os operários realizam uma única tarefa repetidamente. Tal fato foi satirizado no filme de Charlie Chaplin, Tempos Modernos (EUA, 1936) devido aos salários mal pagos, as longas jornadas de trabalho e a realização de tarefas simples demais.

Hoje em dia dificilmente encontramos processos que não utilizem esteiras transportadoras, ocorreu, porém, uma substituição de boa parte da mão de obra humana devido ao advento da automação industrial. Dessa forma, a mão de obra humana pode ser utilizada agora em processos mais complexos. Nesse contexto, é imprescindível que os transportadores mantenham sua confiabilidade e disponibilidade garantindo a produtividade requerida pela linha e a segurança dos seus colaboradores.

3.3.2.1 Composição Básica dos Transportadores

A seguir serão descritos os componentes básicos dos transportadores e suas principais funções:

A composição básica dos transportadores inclui:

- 1- Guia Lateral
- 2- Estrutura ou armação;
- 3- Esteiras ou correntes transportadoras;
- 4- Engrenagens;
- 5- Eixo que parte da caixa de redução;
- 6- Pés ajustáveis;
- 7- Suporte Lateral;
- 8- Motor de Acionamento

Além dos elementos básicos têm-se outros elementos presentes nesse sistema: sensores, fotocélulas, bicos injetores de lubrificação e bandejas coletoras de sabão.

A seguir será descrita a função básica dos componentes que constituem o sistema de transportadores:

- Guia Lateral

Sua função é reter o material até que esse alcance a velocidade da correia. São guias normalmente em paralelo, feitas em geral de aço. As extremidades inferiores das guias posicionam-se, com certa folga, acima da correia. Essa folga é vedada por uma tira retangular de borracha, situada na parte externa da guia e presa através de fixação, permitindo fácil ajuste ou troca da mesma.

- Acionamento de motores

È o conjunto formado pelo motor e pela caixa de redução, possuindo engrenagens de aço inox. Para trabalhar com diferentes rendimentos, as engrenagens possuem tamanhos distintos sendo que a regulagem pode ser feita por frequência ou de forma mecânica. Os motores nas esteiras podem estar na posição horizontal, ou na posição vertical que ocupa menor espaço.

- Sensores de acúmulo

Possuem como finalidade aumentar ou diminuir a velocidade da máquina quando o transportador estiver vazio ou cheio.

- Esteiras

As esteiras não devem ficar totalmente esticadas. Entre um elo e outro da corrente deve haver um espaçamento para as curvas dos transportadores. Os elos da corrente são unidos por pinos e há um apoio das correntes (travessa de aço inox e material plástico).

- Esticador

O esticador é responsável por manter a correia tensionada para que o torque do motor chegue a ela através do tambor de acionamento, prevenindo assim o deslizamento da correia, na partida. Além disso, proporciona o ajuste no comprimento da correia, absorvendo seu alongamento, ou contração.

- Sistema de alinhamento de envases

Como nas linhas há uma variação no tipo da garrafa surge a necessidade de modulação na velocidade do transportador, além da alteração na altura dos sensores e ajustem nas guias para estreitamento ou alargamento das linhas. Os envases tombados são expulsos pelas laterais, para não atrapalhar a cadência da máquina.

- Transportadores de Garrafas

Utilizam corrente de plataforma em aço inox, podendo utilizar malha plástica. São construídos de maneira modular com ajuste de altura e pés em material plástico.

- Transporte de latas

Para o transporte de lata pode-se usar esteiras plásticas, transporte teleférico com transporte por cabos lubrificados ou transporte a vácuo.

- Transportador de caixas

Os transportadores de garrafas podem ser dos seguintes tipos:

1. Corrente de plataforma de aço inox;
2. Corrente de plataforma em material plástico;
3. Corrente em plataforma emborrachada;
4. Correntes plásticas com roletes sem atrito
5. Roletes em trechos retos ou curvos.

- Lubrificação dos transportes

Para que se tenha um aumento da vida útil das esteiras é necessário um bom processo de lubrificação diminuindo o atrito entre os transportes e a embalagem, além de uma boa higienização para evitar o acúmulo de bactérias. O processo de lubrificação envolve:

1. Manômetro e reguladores de pressão;
2. Linhas adequadas de lubrificação;
3. Placas com orifícios coerentes;
4. Solenóides temporizadas;
5. Escolha ideal do lubrificante

3.2.2.2 Trechos Constituintes dos Sistemas de Transportes

A seguir serão descritos os trechos constituintes dos sistemas de transportes. O transporte de paletes será descrito com maiores detalhes por fazer parte do sistema de estudo.

- Transporte de Paletes:

É o trecho em que os Paletes com as caixas contendo as garrafas entram a linha de produção em sentido a despaletizadora. Os paletes são configurações de empilhamento, introduzidas nas linhas de envase através de empilhadeiras. O transporte de paletes é limitado, pois necessita de acionamentos suaves para que a carga não tombe. É um transportador de rolos, sendo que permite a movimentação dos paletes no sentido longitudinal dos patins. Os rolos ou roletes são um conjunto de rolos cilíndricos, formados por um eixo, dois rolamentos, vedação e suportes de sustentação. Os rolos são capazes de efetuar livre rotação em torno do seu eixo, e são usados para suportar e/ou guiar a correia transportadora.

O transporte de paletes é constituído pela mesa giratória, que possui coroas com ângulos de giro de até 360° aplicado ao transporte em rolos. Também é constituído pelo alinhador de paletes que é um dispositivo que serve para centralizar a carga de paletes para que os mesmos fiquem alinhados até a descarga. O alinhamento é feito através de barras laterais pelos quatro lados.

- Transporte Caixa Vasilhame

É o trecho que liga a desencaixotadora à lavadora de garrafas.

- Transporte Garrafas Pasteurizadas

É o trecho que liga o pasteurizador à rotuladora.

- Transporte Caixa Produto

È o trecho que liga a encaixotadora à paletizadora.

- Transporte Garrafas Lavadas

È o trecho do transporte que liga a lavadora de garrafas à enchedora de garrafas.

- Transporte Lata Vazia

E o trecho que liga a despaletizadora ao rinser.

- Transporte Latas Pasteurizada

È o trecho que liga o pasteurizador a empacotadora.

3.3 Sistema de coleta de dados

Segundo KUME (1993), os dados servem como guia para elaboração de ações. Sendo assim, a partir da coleta destes é que se entenderão os fatos significantes e com base nestes as devidas ações serão colocadas em prática. Para Werkema (1995), “os dados representam a base para a tomada de decisões confiáveis durante a análise de qualquer problema” (WERKEMA, 1995).

Para o estudo em questão foi realizada a coleta de dados dos tempos de indisponibilidade do sistema de transportadores das linhas de envase de uma fábrica de bebidas, referentes aos meses de Janeiro-2012 à Junho-2012.

A partir dos coletados foram realizadas estratificações por linha, por trecho e por falha. Por conseguinte foram aplicadas as ferramentas do Excel para criação do gráfico de Pareto. Dessa forma, focalizou-se nas áreas de maiores impactos.

Iniciou-se o estudo pela coleta de dados referente aos apontamentos realizados pela produção nos meses de Janeiro de 2012 a Junho de 2012, registrados no sistema sobre o tempo de parada dos transportadores da fábrica.

Com base nos dados coletados foi possível realizar a priorização das linhas mais críticas. Tendo-se definido as linhas mais críticas foi possível priorizar os trechos mais críticos dentro dessas linhas. Por fim, definidos os trechos mais impactantes foi possível detectar a falha de maior gravidade presente nesses trechos.

3.4 Sistema de análise de dados

A seguir segue os resultados dos dados coletados e as análises que foram feitas a partir dos mesmos. Os dados foram agrupados de forma estratificada para se analisar o impacto do problema no sistema.

A Tabela 1 referência os dados de indisponibilidade das linhas presentes na planta e suas frequências acumuladas, referente ao período analisado de Janeiro à Junho de 2012.

A partir dos dados dessa tabela montou-se um gráfico de Pareto descrito na Figura 9 com intuito de priorizar as linhas mais críticas dentro do sistema. As análises referentes a essa primeira coleta serão descritas na Tabela 1.

Tabela 1-Dados do tempo de indisponibilidade das linhas no período analisado

Tipo de parada	Horas	Frequência Acumulada
Linha 502	323,96	24%
Linha 504	220,47	41%
Linha 512	178,05	54%
Linha 514	147,05	65%
Linha 503	140,08	75%
Linha 513	118,27	84%
Linha 541	117,79	93%
Linha 542	91,69	100%
Total	1337,36	



Figura 9: Gráfico de Pareto referente à indisponibilidade por linha.

De acordo com Xenos (2004), a baixa disponibilidade significa que as máquinas não estão sendo capazes de executar suas funções em um dado instante ou então durante um intervalo de tempo determinado. De acordo com os dados coletados, pode-se inferir que a produtividade da empresa em questão fica comprometida devido ao alto tempo de indisponibilidade do sistema, totalizando 1337,36 horas de linha parada no primeiro semestre do de 2012, devido a falhas advindas dos transportadores das linhas de envase da empresa.

Nesse contexto, buscando-se uma priorização das linhas mais críticas para criação posterior da árvore de falhas contendo os pontos focos do sistema e tendo em vista os dados coletados, selecionaram-se as linhas 502 e 504 para o estudo em questão, apresentando essas linhas os maiores valores de tempo de indisponibilidade. Pode-se inferir da Figura 10 que suas frequências acumuladas totalizam um valor de 41% do tempo total de parada de transportadores do primeiro semestre do ano de 2012. Dessa forma, o posterior plano de ação será focado nessas duas linhas, e os resultados esperados objetivam uma melhora de significativa no sistema devido ao alto grau de indisponibilidade que as duas linhas vêm apresentando.

A partir da Tabela 1 verifica-se que a linha 502 apresentou um total de 323,96 horas de parada no primeiro semestre, o que significa 24% do tempo de transportadores

parados nos meses estudados. Já a linha 504 apresentou um total de 220,47 horas de parada, correspondendo a 16% do tempo total de parada nas condições explicitadas.

Com base na Tabela 1 verifica-se que a linha de menor impacto no tempo de parada e conseqüentemente melhores resultados no período analisado foi a linha 542. Devido ao seu baixo tempo de indisponibilidade no sistema essa linha poderia servir de referência para as demais, que poderiam usar essa como ferramenta de estudo e melhores práticas.

Seguindo-se os critérios definidos de estratificação, tendo-se priorizado as linhas com maior ineficiência, foi realizada uma estratificação objetivando-se identificar os trechos com maiores impactos. Os dados de tempo de paradas por trechos das linhas 502 e 504 são apresentados nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

Tabela 2: Indisponibilidade por trecho da linha 502

Tipo de parada	Horas	Frequência Acumulada
TRP Paletes	64,24	20%
TRP Garrafas Pasteurizadas	52,84	36%
TRP Caixa Produto	44,68	50%
TRP Garrafas ECH-PZ	37,98	62%
TRP Garrafas Rotuladas	32,39	72%
Alinhador ROT 2	22,87	79%
TRP Caixas Vazias	17,52	84%
TRP Garrafas Lavadas	16,76	89%
TRP Garrafas Vasilhame	12,29	93%
Alinhador ROT 1	8,27	96%
TRP Caixas Vasilhame	7,79	98%
Alinhador Inspetor 1	3,97	99%
Alinhador ECH 2	1,37	100%
Alinhador ECH 1	0,74	100%
Alinhador Inspetor 2	0,25	100%

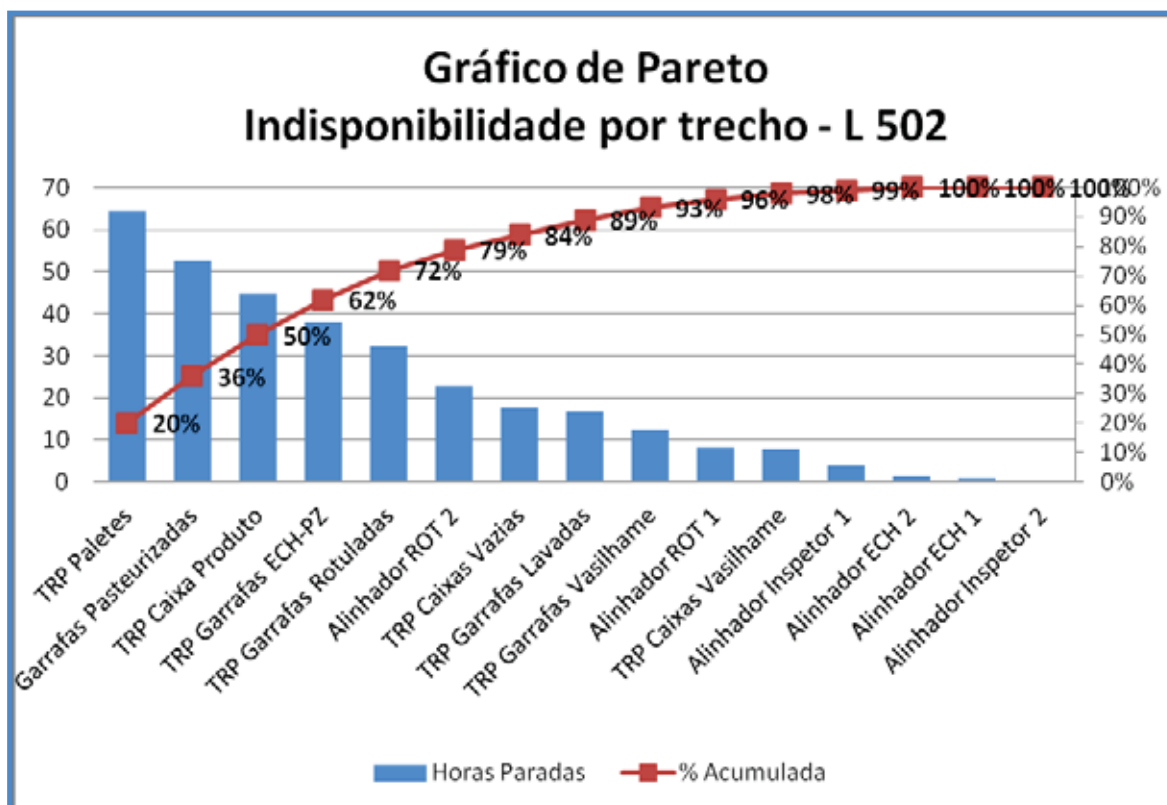


Figura 10: Gráfico de Pareto da Indisponibilidade por trecho da linha 502.

A partir da análise dos tempos de indisponibilidade por trecho da linha 502, pode-se chegar em três trechos de maior impacto no sistema, que constituirão a árvore de falhas. A seguir são descritos tais trechos com seus respectivos tempos de paradas no período analisado.

1. Transporte de Paletes

Esse trecho representa um total de 64,24 horas de indisponibilidade na linha 502 no período considerado, representando uma frequência relativa de 20% do total de horas.

2. Transporte Garrafas Pasteurizadas

Esse trecho representa um total de 52,84 horas de indisponibilidade na linha 502 no período considerado, representando uma frequência relativa de 16% do total de horas.

3. Transporte Caixa Produto

Esse trecho representa um total de 44,68 horas de indisponibilidade na linha 502 no período considerado, representando uma frequência relativa de 14% do total de horas.

A partir da análise da Tabela 2, e dos dados analisados, buscando-se uma frequência acumulada equivalente a 50%, a árvore de falhas referente a linha 502 será então constituída pelos trechos : Transporte de Paletes, Transporte de Garrafas Pasteurizadas e Transporte Caixa Produto.

Tabela 3: Indisponibilidade por trecho da linha 504

Tipo de parada	Horas	Frequência Acumulada
TRP Garrafas Lavadas	45,21	21%
TRP Caixa Produto	33,49	36%
TRP Paletes	31,01	50%
TRP Garrafas Pasteurizadas	30,09	63%
TRP Garrafas ECH-PZ	19,11	72%
TRP Caixa Vasilhame	16,77	80%
TRP Garrafas Rotuladas	12,82	85%
Alinhador Inspetor 2	8,99	90%
TRP Caixas Vazias	8,38	93%
TRP Garrafas Vasilhame	5,32	96%
Alinhador Rotuladora 1	3,51	97%
Alinhador Enchedora 1	2,19	98%
Alinhador Inspetor 1	1,56	99%
Alinhador Enchedora 2	1,09	100%
Alinhador Rotuladora 2	0,93	100%

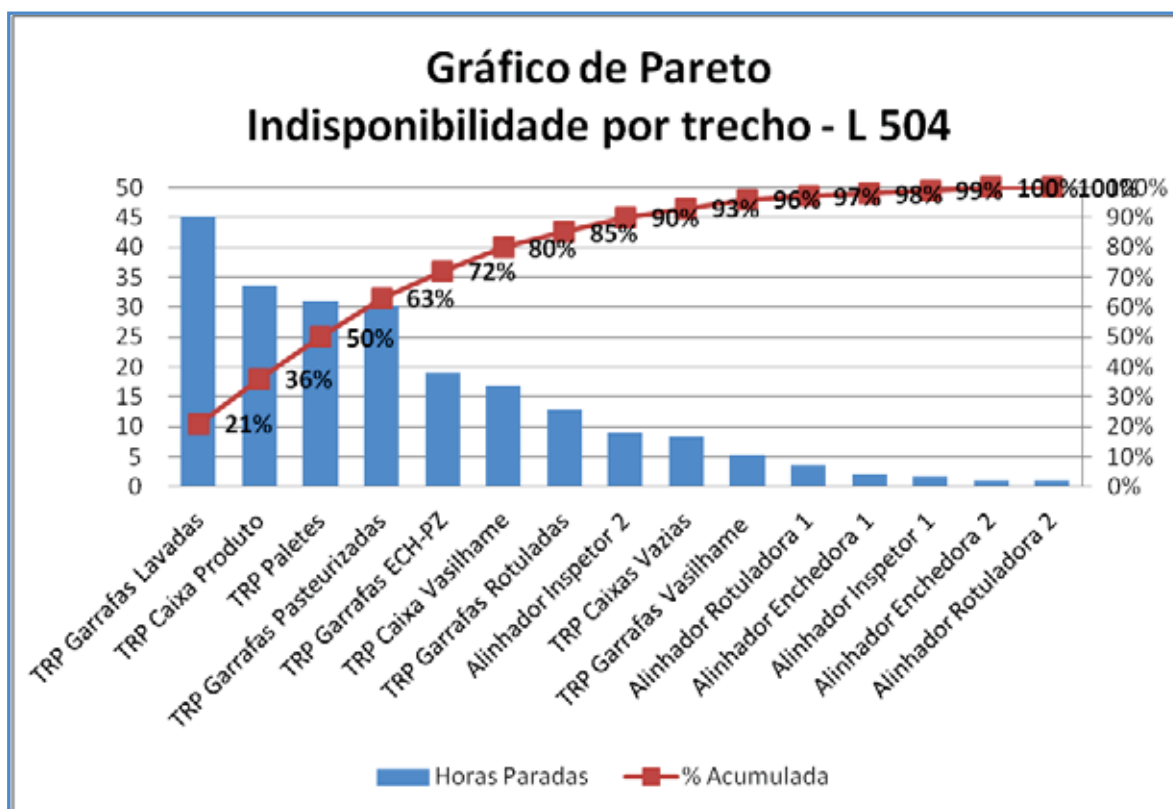


Figura 11: Gráfico de Pareto da Indisponibilidade por trecho da linha 504

A partir da análise da Tabela 3, e dos dados analisados, buscando-se uma frequência acumulada equivalente a 50%, a árvore de falhas referente à linha 504 será então constituída pelos trechos: Transporte Garrafas Pasteurizadas, Transporte Caixas Produtos e Transporte de Paletes.

1. Transporte de Garrafas Lavadas

Esse trecho representa um total de 45,21 horas de indisponibilidade na linha 504 no período considerado, representando uma frequência relativa de 21% do total de horas.

2. Transporte Caixa Produto

Esse trecho representa um total de 33,49 horas de indisponibilidade na linha 504 no período considerado, representando uma frequência relativa de 15% do total de horas.

3. Transporte Caixa Produto

Esse trecho representa um total de 31,01 horas de indisponibilidade na linha 504 no período considerado, representando uma frequência relativa de 14% do total de horas. A partir dos trechos dos transportadores analisados e priorizados das linhas 502 e 504, descritos anteriormente realizou-se a estratificação de suas falhas, que serão descritas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. As tabelas a seguir apresentam as falhas cuja frequência acumulada totaliza 80%. A árvore de falhas do estudo será formada com a falha crítica de cada trecho.

Tabela 4: Falhas críticas do Transporte de Paletes da linha 502

Tipo de Falha	Minutos	Frequência Acumulada
Falha ou queima do motor	1017,89	26%
Travamento de paletes na paletizadora	571,86	41%
Quebra da Corrente	544,26	56%
Desarme TRP	401,55	66%
Queda de Paleta de Produto	193,14	71%
Quebra do esticador da corrente do rolete	191,74	76%
Falha no sensor	180,79	81%

A partir da Tabela 4, verifica-se que a falha potencial do trecho Transporte de Paletes é:

- Falha ou queima do motor, representando 1017,89 minutos de parada, representando uma frequência relativa de 26 % no tempo de parada total do trecho e linha considerados.

A partir da análise da Tabela 4, buscando-se uma frequência relativa de 20%, a árvore de falhas referente a linha 502 e ao trecho transporte de paletes será constituída pelas seguinte falha : falha ou queima do motor

Tabela 5: Falhas Críticas do trecho Transportem de Garrafas Pasteurizadas da linha 502

Tipo de parada	Minutos	Frequência Acumulada
Saída de Esteira	1090,47	36%
Garrafas caídas travando TRP	938,13	66%
Quebra ou troca das rodas de tração	321,4	77%
Saída de Corrente	228,63	84%

A partir da Tabela 5 verifica-se que a falha potencial para o trecho Garrafas Pasteurizadas para linha 502 é:

- Saída de Esteira representando um total de 1090,47 minutos de parada, com uma frequência relativa de 36% no tempo de parada total do trecho e linha considerados.

Tabela 6: Falha Crítica do trecho Caixa Produto para linha 502

Tipo de parada	Minutos	Frequência Acumulada
Quebra da roda de tração	567,12	21%
Saída de Esteiras	382,56	35%
Desarme TRP	374,29	47%
Má formação de Camadas	300,2	58%
Travou Esteira	171,42	64%
Trabalho de Solda	137,16	69%
Queima ou falha do motor	128,22	74%
Ajustes na Modulação	114,64	78%
Falha na rampa de entrada	95,83	82%

A partir da Tabela 6 verifica-se que a falha potencial para o trecho Caixa Produto para linha 502 é:

- Quebra da roda de representando um total de 567,12 minutos de parada, com uma frequência relativa de 21% no tempo de parada total do trecho e linha considerados.

Tabela 7: Falhas Críticas do trecho Garrafas Lavadas para linha 504

Tipo de parada	Minutos	Frequência Acumulada
Travamento de garrafas	1197	44%
Saída de Esteira	341,29	56%
Falha do Motor	253,43	66%
Desarme do transporte	246,55	75%
Chapa de passagem danificada	164,3	81%

A partir da Tabela 7 verifica-se que a falha potencial para o trecho Garrafas Lavadas para linha 504 é:

- Travamento de Garrafas representando um total de 1197 minutos de parada, com uma frequência relativa de 44% no tempo de parada total do trecho e linha considerados.

Tabela 8: Falhas Críticas do trecho Caixa Produto para linha 504

Tipo de parada	Minutos	Frequência Acumulada
Troca da roda de tração	411,11	20%
Saída de Esteira	255,69	33%
Falha no Sensor	236,74	45%
Mesa talisca soltando varões	231,3	56%
Desarme transporte	230,18	68%
Travando Caixas	100,11	73%
Falha no stop de caixas	56,5	76%
Quebra da mesa talisca	55	78%
Ajuste no braço formador de camadas	50,13	81%

A partir da Tabela 8 verifica-se que a falha potencial para o trecho Caixa Produto para linha 504 é:

- Troca das Rodas de Tração representando um total de 411,11 minutos de parada, com uma frequência relativa de 20% no tempo de parada total do trecho e linha considerados.

Tabela 9: Falhas Críticas do Transporte de Paletes da linha 504

Tipo de parada	Minutos	Frequência Acumulada
Falha ou queima dos motores	563,95	39%
Rolete danificado	179,8	51%
Desarme transporte	143,48	61%
Falha no Sensor	115,84	69%
Soltou chaveta transporte	94,85	76%
Retirado elo da corrente	63,48	80%

A partir da Tabela 9 verifica-se que a falha potencial para o trecho Transporte de Paletes para linha 504 é:

- Falha ou queima dos motores representando um total de 563,95 minutos de parada, com uma frequência relativa de 39% no tempo de parada total do trecho e linha considerados.

3.5 Árvore de Falhas

3.5.1Elaboração

A partir da priorização realizada, por meio dos dados e das análises expostas acima foram elaboradas duas árvore de falhas, que permitiram um maior entendimento do fluxo. A primeira FTA tem como evento topo falha no sistema dos transportadores, devido ao grande número de horas paradas que o sistema apresentou na empresa durante o primeiro semestre. O intuito da criação da FTA número1 é chegar às falhas críticas do sistema, a fim de criar ações para cotenção desses problemas. A segunda FTA elaborada teve como evento topo Falha ou Queima dos motores. Essa falha representa um total de indisponibilidade de 1017,89 minutos no trecho Transporte de Paletes da linha 502, sendo a falha crítica da indisponibilidade no sistema de transporte. Fica claro que os motores elétricos representam um patrimônio da empresa, sendo um ativo que merece uma gestão adequada. A correta administração desse ativo tem impacto direto na produtividade de uma empresa. Para chegarem-se as suas principais causas foi realizado

um Brainstorming, levantando-se possíveis causas. Nas Figuras 12 e 13 serão apresentadas as árvores de falhas citadas anteriormente.

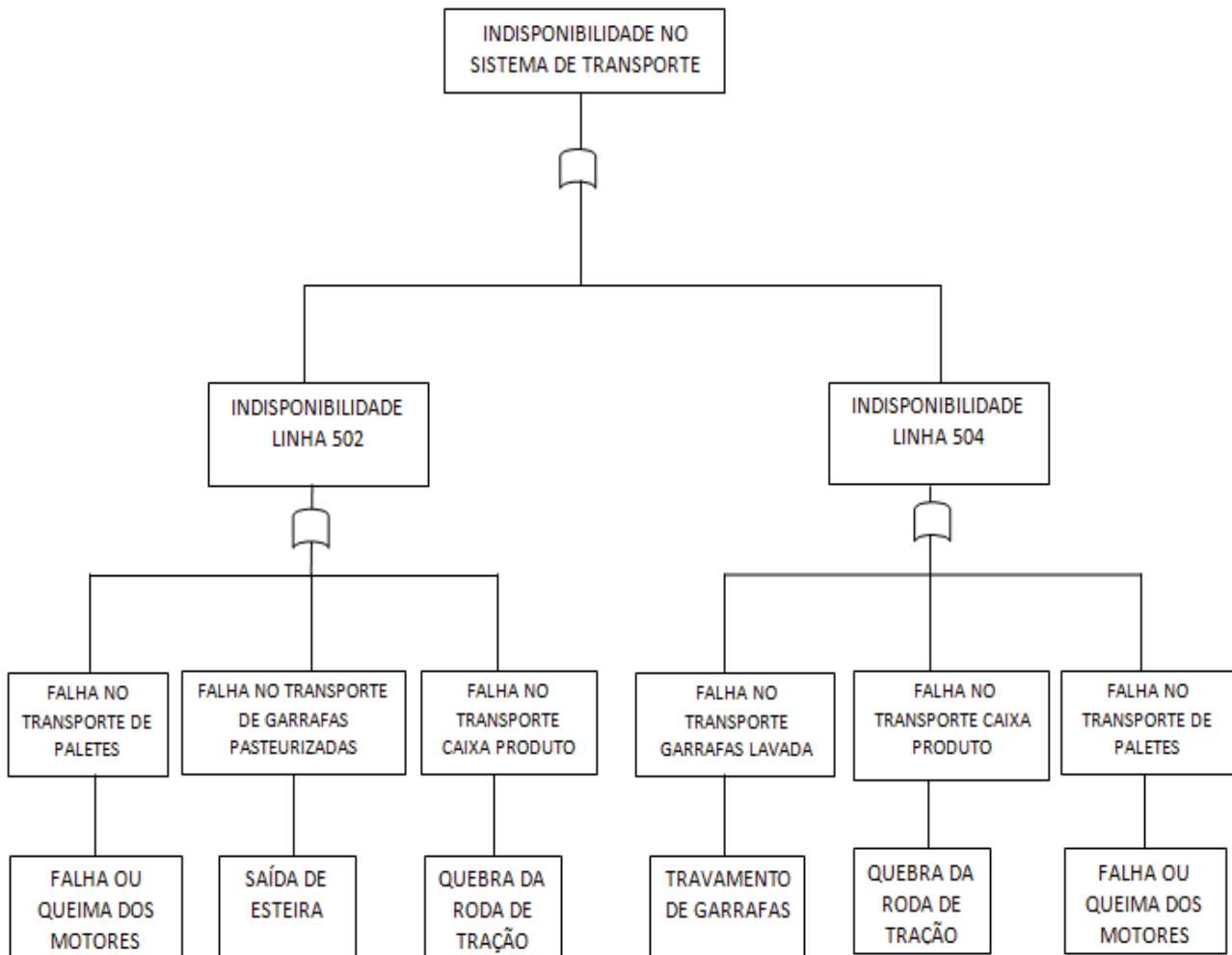


Figura 12: FTA 1- Àrvore de Falhas da Indisponibilidade no Sistema de Transporte

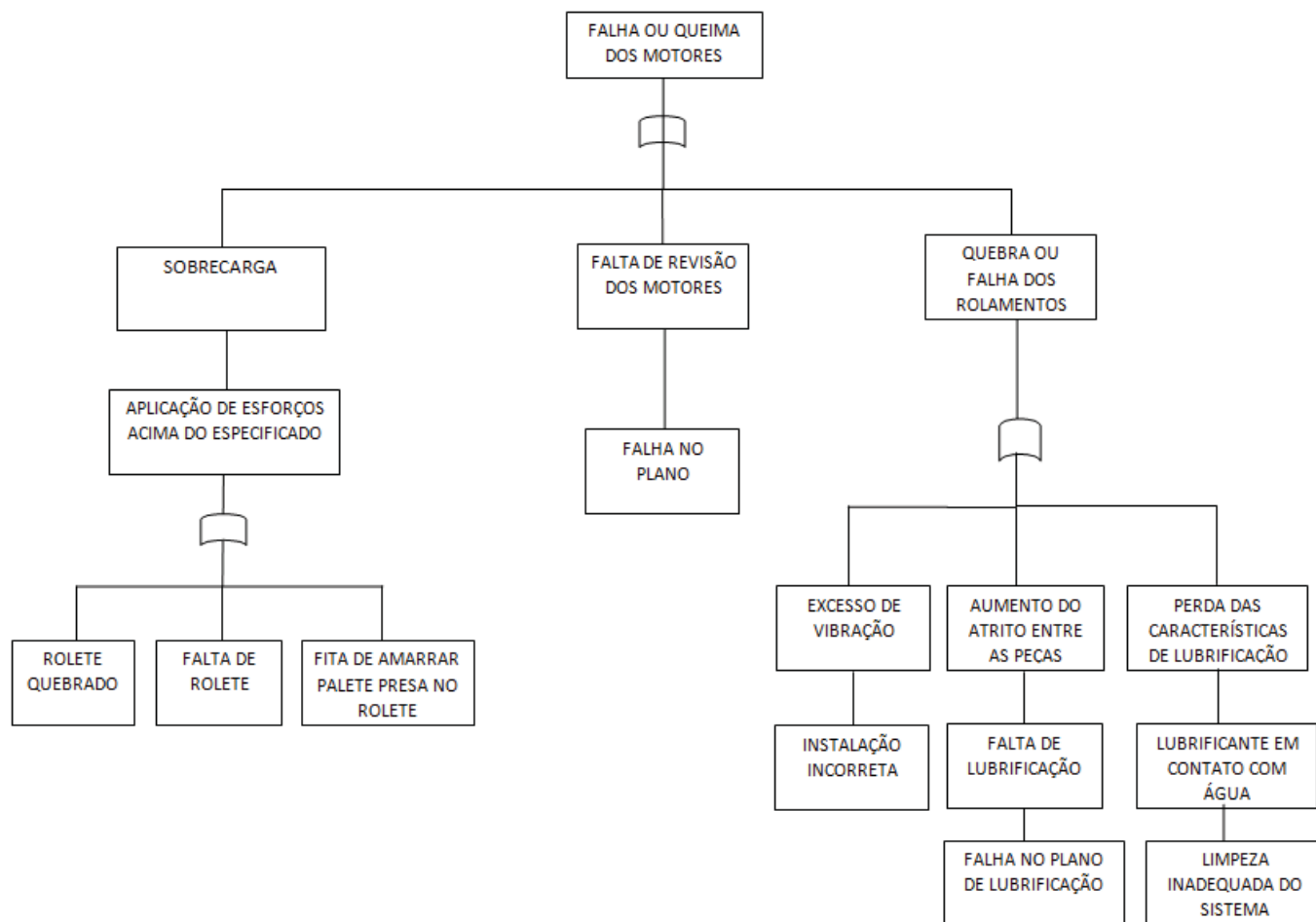


Figura 13: FTA 2- Árvore de Falhas referente à falha ou queima dos motores

3.5.2 Considerações

A partir das falhas críticas encontradas na FTA 1, sugere-se o desenvolvimento de novas árvores de falhas como a FTA 2, para as falhas críticas: saída de esteira, quebra da roda de tração e travamento de garrafas.

A partir da FTA, observa-se que o trecho Transporte de Paletes, trecho mais crítico da linha 502, é na linha 504 o terceiro trecho mais crítico. Também se observa da FTA 1 que o trecho Transporte Caixa Produto, terceiro trecho mais crítico na linha 502, é o segundo trecho mais crítico da linha 504. Além disso, pode-se inferir da FTA 1 que a falha ou queima dos motores é um item crítico tanto na linha 502, quanto na linha 504 para o trecho transporte de paletes e quebra da roda de tração, também é uma falha potencial em ambas linhas analisadas para o trecho Transporte Caixa Produto.

Dessa forma, muitas análises e conclusões a cerca do estudo primeiramente realizado na linha 502 (linha mais crítica), podem e devem ser expandido para linha 504 (segunda linha mais crítica). Nesse contexto, podem-se expandir os resultados positivos obtidos nas linhas 502 e 504, fontes primárias de atuação, para as demais linhas da empresa.

3.5.3 Recomendações

A partir da FTA, formada sobre a falha ou queima do motor propõem-se uma lista de recomendações para cada causa.

- 1) Rolete quebrado: Os roletes quebrados aumentam a força que o motor tem que fazer para manter o transporte em seu regime, isto causa uma sobrecarga até o momento em que ocorrerá o desligamento do motor, sendo que em alguns casos, o esforço é muito grande e pode levar a queima do mesmo. Sugere-se fazer a substituição dos roletes quebrados, e verificar o plano de inspeção dos roletes evitando que a linha pare por um tempo maior que o necessário. Assim, a troca dos roletes quebrados deve ser feita nos dias das paradas programadas para manutenção, que ocorrem uma vez por semana em cada linha. È importante que os roletes sejam trocados justamente nas paradas programadas, evitando-se que a troca seja realizada com a linha rodando, proporcionando assim algum risco aos operários.
- 2) Falta de rolete: Há trechos nos transporte que operam sem roletes pela falta dos mesmos em estoque. Deve-se verificar estoque de roletes, mantendo no mesmo uma quantidade para substituição quando necessário.
- 3) Fita de amarrar palete presa no rolete: A fita de amarrar palete é o componente que mantêm os paletes unidos. Os operários cortam essa fita manualmente, sendo que a mesma está se depositando no sistema de transporte. Seu acúmulo pode causar um sobrecarga no sistema devido ao esforço excessivo que o motor faz para garantir o escoamento dos elementos na esteira. Sugere-se verificar a efetividade da manutenção autônoma na área, objetivando-se melhorar as práticas de 5S, garantindo a limpeza e autoconservação do sistema. Deve-se também fornecer treinamentos aos colaboradores sobre a importância do tema.

- 4) Fazer um plano de envio dos motores para revisão por pessoal autorizado. É importante garantir que essa revisão ocorra de maneira adequada, pois uma má revisão pode levar a uma queima futura do motor. Como medida para garantir a segurança dos colaboradores é fundamental que os motores sejam identificados, garantindo o isolamento de todos os pontos de fornecimento de energia isto principalmente se existirem motores idênticos nesse local. Também é necessária a verificação das condições dos motores em estoque, isso porque um motor para ser rebobinado de maneira adequada leva cerca de dois dias, dessa forma é necessário garantir um número mínimo de motores em reserva. Todos os motores devem ter uma plaqueta indicando a data do último rebobinamento, sendo que a garantia para os serviços é em geral de seis meses. Além do explicitado acima, é recomendando fazer a substituição dos motores com mais de 15 anos de utilização.
- 5) Instalação Incorreta: Devem-se verificar as condições de instalação dos motores, verificando se os mesmo estão bem fixados, isso porque o excesso de vibração causa quebra dos rolamentos.
- 6) Falha na lubrificação do sistema: Verificar a efetividade dos planos de lubrificação. Também é importante verificar o *chec-list* de lubrificação, sendo que o mesmo deve conter informações claras e objetivas para garantir a adequada realização da tarefa.
- 7) Limpeza do sistema: É importante garantir a limpeza adequada do sistema, evitando a contaminação dos motores com a água, isso porque a graxa dos mancais em contato com a água faz com que as características lubrificantes sejam colocadas em risco. Os principais pontos de entrada de água são as vedações da caixa de ligação, o espaço entre o eixo e as tampas e entre as tampas e a carcaça. É importante garantir que os motores sejam cobertos com um envoltório plástico no momento em que são realizadas a limpeza da linha, evitando assim que água chegue as partes descritas.

Além do explicitado acima, é recomendável verificar a existência e o cumprimento dos planos de manutenções preventivas e preditivas do sistema de motores. Isso porque o custo da revisão de um motor é, no máximo 33% do custo do rebobinamento. No caso da manutenção preventiva deve-se verificar se há danos nas tampas e caixas de ligação, se o motor está demasiadamente aquecido, se a tampa traseira do motor não está solta e se o mesmo está apresentando ruído ou vibração anormal.

As manutenções preditivas nos motores e painéis elétricos também são de fundamental importância, pois permitem o monitoramento de variáveis importantes como temperatura, vibração, correntes, tensões. Dessa forma, é possível formar diagnósticos que ajudam a detectar e prevenir as falhas antes que as mesmas ocorram. Na Figura 14 tem-se um gráfico de vibração de um rolamento.

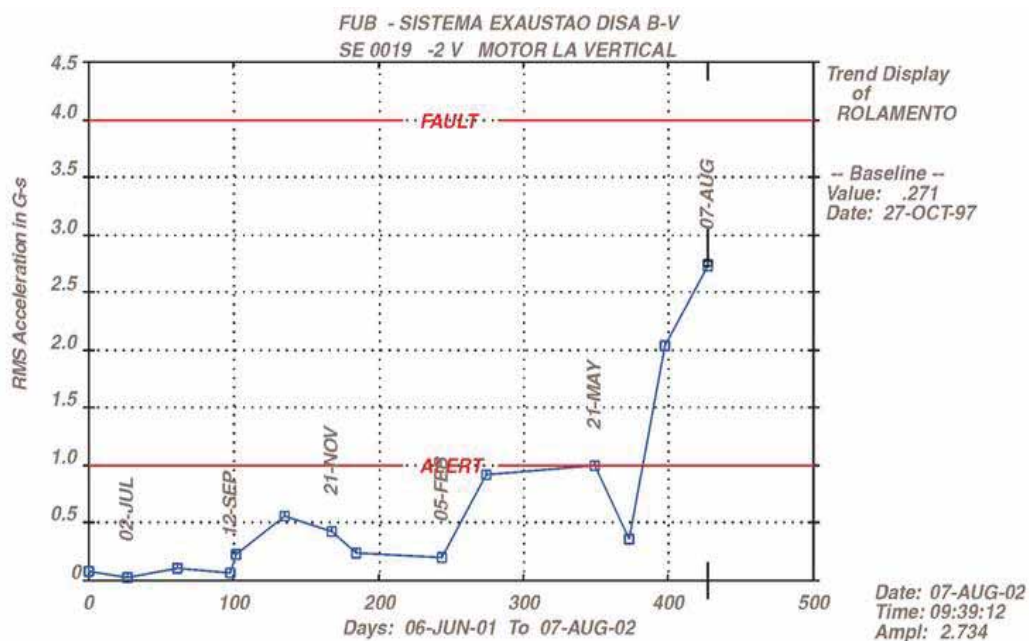


Figura 14 - Gráfico da Vibração do Rolamento de um motor 200 CV

Fonte: Revista Mecatrônica Atual - Nº21 - Maio/05

3.5.4 Planejamento das Ações e Análise das Alternativas Estratégicas

A partir dos itens priorizados na árvore de falhas e a partir da lista de recomendações deve-se criar um plano de ação, com o intuito de criar ações para o bloqueio das causas das falhas, evitando as recorrências das mesmas.

È recomendável que se reúna uma equipe para o tratamento das anomalias, pode-se realizar um novo Brainstorming de medidas para tomadas de ações sobre as causas fundamentais do problema. È importante que as ideias sejam transformadas em soluções de elevado potencial de implementação com os menores custos e com a maior facilidade de execução. È de fundamental importância testar as soluções escolhidas, com o intuito de garantir o alcance da meta e evitar efeitos correlatos indesejáveis.

Para se objetivar a seleção de ideias refinadas e combinada que darão origem a soluções potenciais pode-se utilizar o Diagrama de Ishikawa. A partir daí as soluções potenciais devem ser sequenciadas em ordem de importância, objetivando o menor custo, a maior facilidade, e maior rapidez, para tal pode-se usar uma matriz de priorização.

3.4.5 Montagem do Plano de Ação

Uma das ferramentas que pode ser utilizada para elaborar o plano de ação é a 5W1H (Marshall Junior, 2006) que representa as iniciais em inglês das perguntas:

- O quê? (What)
- Quem? (Who)
- Quando (When)
- Onde (Where)
- Por quê? (Why)
- Como (How)

Essa ferramenta permite a formalização das ações geradas a partir da criterização feita por meio da árvore de falhas, registrando as ações a serem tomadas, os prazos e os responsáveis pelo plano .

Para concluir o processo de análise de falhas deve-se fazer a verificação das ações. Caso não seja atingido os objetivos traçados deve-se agir sobre as causas que levarão ao não alcance das metas propostas. Caso o plano de ação tenha resultados positivos com o bloqueio das causas raízes das falhas as medidas utilizadas devem ser padronizadas. Todas as modificações realizadas nos planos já existente devem ser comunicadas internamente e toda equipe envolvida no processo deve ser treinada com os novos procedimentos.

3.5.6 Execução do Plano de Ação

A equipe deve realizar a execução do plano de ação conforme proposto pelo plano de ação. Associado ao plano de ação tem-se a realização de treinamentos, que podem ser dar por treinamentos práticos, palestras e reuniões. Durante a execução da ação deve-se fazer inspeções para garantir a eficácia e a transparência das mesmas. É de fundamental importância que o plano de ação seja cumprido na data estabelecida, e os resultados favoráveis ou desfavoráveis obtidos devem ser anotados.

3.5.7 Verificação dos Resultados

Por fim deve-se verificar a efetividade da meta almejada, sendo que os resultados obtidos devem ser monitorados para a confirmação do alcance do sucesso. Para verificação deve se comparar os dados antes e após a realização do plano de ação, sugere-se usar novos diagramas de Pareto para comparação do resultado. Se o resultado esperado não tiver sido atingido a equipe deverá certificar-se que todas as ações propostas pelo plano foram realizadas adequadamente, se a resposta for negativa deve-se retornar à análise do fenômeno, para uma análise mais crítica e profunda. Caso o resultado tenha atingindo as metas estabelecidas deve-se padronizar as soluções adotadas, no intuito de adotar novos procedimentos operacionais ou realizar a revisão de antigos procedimentos.

A medida que essas alterações ocorram, os resultados devem ser comunicados a todos os envolvidos. Deve se realizar o treinamento sobre os novos padrões ou modificações, que poderão ser feitos por meio de palestras, manuais, reuniões ou treinamentos no próprio local de trabalho. Esses novos padrões devem ser claros, para que facilitem o entendimento da equipe.

Por fim, devem-se monitorar as novas ações adotadas a fim de se garantir a efetividades dos resultados, para isso podem-se utilizar cartas de controle ou histogramas.

4 Conclusões

Tomando como base os estudos realizados na indústria de bebidas em questão, pode-se verificar a importância da aplicação das metodologias de análise de falhas. Essa utilização possibilita encontrar as áreas críticas, suas causas fundamentais e traçar estratégias de atuação, além disso, há um aumento no conhecimento das características do sistema estudado.

Após os dados levantados e analisados, pode-se verificar que há uma situação crítica no sistema de transportadores da empresa, o que acarreta um forte impacto na produtividade do sistema e na segurança dos colaboradores. Nesse sentido, o mapeamento através da Árvore de Falhas (FTA), juntamente com outras ferramentas da MCC apresentaram-se como ferramentas na identificação de falhas potenciais. Dessa forma, é possível através da utilização desses conceitos direcionarem esforços e recursos da organização para áreas de maior criticidade de forma eficiente e eficaz.

No estudo realizado não foi possível realizar o cálculo da probabilidade de falha do evento topo (falha ou queima dos motores) por falta de dados mais específicos sobre o sistema em questão. Apesar disso, a não determinação do mesmo não torna inválida a lógica presente no método, estando essa contida na relação funcional entre os eventos primários que levaram ao evento topo. Dessa forma, sugere-se como futuros trabalhos o cálculo da probabilidade de falha dos motores nos sistemas transporte de uma empresa.

Por fim, considerando-se o desenvolvimento do trabalho explicitado ao longo da dissertação, pode-se afirmar que o objetivo geral foi atingido, qual seja: avaliar a aplicabilidade dos conceitos da Manutenção Centrada em Confiabilidade, com a utilização da Árvore de Falhas em uma empresa de bebidas.

5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462 Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

BLOCH Heinz P.; GEITNER, Fred K. **Machinery Failure Analysis and Troubleshooting**- Volume 2. Houston: Gulf Publishing Company. 1997, 667p.

EIGELES, D. Facilitating a shared vision In the organization. Journal of European Industrial Training. Bradford, v. 27, n. 5. p. 208-219, 2003.

HELMAN, Horácio e ANDERY, Paulo R. P. **Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA**. Série Ferramentas da Qualidade. v. 11. Belo Horizonte: FCO/EEUFMG, 1995.

KARDEC, Alan; NACIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001

KUME, Hitoshi. **Métodos Estatísticos para melhoria da Qualidade**. 11ª ed. São Paulo: Gente, 1993. 245 p.

MARSHALL JUNIOR, I.; CIERCO, A. A.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; LEUSIN, S. **Gestão da Qualidade**. 7ª ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. São Paulo: Aladon LTDS, 200, 426 p.

PATTON, Joseph D. **Preventive Maintenance**. New York: Instrument Society of America, 1995.

RAUSAND, M. & OIEN, K. **The basic concepts of failure analysis**. **Reliability Engineering and System Safety**, n. 53, p. 73-83, 1996.

SILVA, João Martins. **O Ambiente da Qualidade na Prática – 5S** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implantação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

TAKAHASHI, Y. ; OSADA, T.; TPM/ MPT: **Manutenção Produtiva Total**, Instituto IMAM, 199. 322p. 1993

XENOS,Harilaus G. ; **Gerenciando a manutenção Produtiva**. São Paulo, INDG, 2004.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino; **Ferramentas Estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte, MG: Werkema Editora, 1995.

WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção produtiva total – um modelo adaptado**. Dissertação de mestrado. Florianópolis : UFSC, 1997.

ZAIIONS, D. R. **Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em Uma Planta de Celulose e Papel** – Dissertação Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Departamento de Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003.212f
Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3297>>
Acesso em: 20 ago. 2012

6 Bibliografia Consultada

ELLIOT, J.B. **Risk analysis, Two tools you can use to assure product safety and reliability**, Booth Scientific, 1998.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Ed. Qualitymark. Rio de Janeiro, 2001.

TAKAYAMA, M.A.S.; **Análise de falhas aplicada ao planejamento estratégico da manutenção**. Monografia submetida à coordenação de curso de engenharia de produção da Universidade de Juiz de Fora. Minas Gerais, 2008. Disponível em <<http://www.ufjf.br/ep/files/2010/05/TCC-Mariana.pdf>>
Acesso em: 26 out. 2012.