

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Politécnica
Ensino Continuoado Em Engenharia – PECE

**IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO DA DISPONIBILIDADE DE MÁQUINAS
OPERATRIZES DE ENSACAMENTO PARA DIMINUIÇÃO DE CUSTOS
OPERACIONAIS**

por

Richard Paulo Correa

Orientador: *Prof. Dr. Gilberto Francisco M. de Souza*

São Paulo

2006

Richard Paulo Correa

**IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO DA DISPONIBILIDADE DE MÁQUINAS
OPERATRIZES DE ENSACAMENTO PARA DIMINUIÇÃO DE CUSTOS
OPERACIONAIS**

**Monografia apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
certificado de Especialista em Engenharia e
Gestão de Operações e Serviços - MBA / USP.**

553

Orientador:

Prof. Dr. Gilberto Francisco M. de Souza

São Paulo

2006

DEDICATÓRIA

Á Liliam Geraldês Corrêa,

minha esposa, pela paciência dispensada.

Á Orlando José Corrêa e Maria Aparecida Corrêa,

meus pais, por me educarem pelo exemplo.

Á Gabriel Barbosa Corrêa,

meu filho, a quem tento educar pelo exemplo.

L

AGRADECIMENTOS

Pela orientação paciente, esclarecedora e animadora durante a elaboração desta monografia e durante todo o curso realizado: Prof. Dr. Gilberto Francisco M. de Souza
Prof. Dr. Adherbal Caminada Netto.

Pela infra-estrutura e disponibilização de material mais que suficiente para o aprofundamento em estudos e teses: Ao Programa de Educação Continuada em Engenharia (PECE) e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

E finalmente agradeço a Deus por ter me dado força e saúde para ter vivenciado esta experiência.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é descrever e analisar como é a média da disponibilidade de um setor de fabricação de argamassa de rejunte, e através da aplicação de métodos atuais de monitoramento, controle da manutenção e de análise da confiabilidade, identificar qual a melhor forma de se manter ou substituir o equipamento , melhorando a capacidade de produção de forma a obter um menor custo de produção por unidade de produto vendido, constituindo assim para a companhia uma vantagem competitiva frente aos seus concorrentes .

Palavras chaves: disponibilidade, confiabilidade, manutenção.

ABSTRACT

The purpose of this work is to describe and analyze the average availability and reliability of a civil material manufacturing plant.

Through the application of current methods used in maintenance control and reliability analysis a decision making procedure is developed to identify the best maintenance practice or even finding the reduction of the production cost. The change in maintenance policy aims the improvement of the plant productivity.

Key words: Availability, reliability, maintenance.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	2
AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
SUMÁRIO	6
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE FIGURAS	10
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2 OBJETIVO.....	15
1.3 A EMPRESA	17
1.3.1 Descrição da linha de produção analisada no estudo.....	18
1.4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	22
2-DEFINIÇÕES	24
2.1 DISPONIBILIDADE	24
2.3 TAXA DE FALHAS.....	25
2.3 CURVA ABC.....	27
2.4 CONFIABILIDADE	30
2.5 CONCEITUAÇÃO DOS TEMPOS, MTBF, MTTR E DISPONIBILIDADE.	34
2.6 DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL:.....	36
2.7 MÉTODO DOS GRÁFICOS - TESTES PARAMÉTRICOS	39
2.8 FMEA	44
3-IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	50
3.1 DADOS DOS EQUIPAMENTOS	50
3.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	53

3.3	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO DO EQUIPAMENTO	56
3.3.1	DESCRIÇÃO DOS SUBSISTEMAS	57
3.4	LEVANTAMENTO DE DADOS	59
3.5	LEVANTAMENTO DO DIAGRAMA DE PARETO	65
3.6	ENSACADEIRA	67
3.7	ALIMENTADOR.....	69
3.8	RESULTADOS DAS ANÁLISE DE PARETO	71
3.9	CURVAS DE CONFIABILIDADE ATUAL DO EQUIPAMENTO.....	73
3.10	LEVANTAMENTO DE VALORES PARA COMPOSIÇÃO DE EQUAÇÃO DE CONFIABILIDADE DA ENSACADEIRA	76
3.11	LEVANTAMENTO DE VALORES PELOS MÉTODOS DOS GRÁFICOS – ALIMENTADOR.....	78
3.12	LEVANTAMENTO DE VALORES PARA COMPOSIÇÃO DE EQUAÇÃO DE CONFIABILIDADE DO ALIMENTADOR	80
3.13	DIAGRAMA DE BLOCOS	82
3.13.1	Confiabilidade do sistema.....	82
3.14	LEVANTAMENTO DE DADOS DOS COMPONENTES MORDENTE E CONJUNTO DOSADOR	87
3.15	MORDENTES	89
3.16	CONJUNTO DOSADOR	92
4	MEDIDAS ADOTADAS	95
4.1	NOVO PLANO DE MANUTENÇÃO.....	95
4.2	VERIFICAÇÃO DO OBJETIVO.....	98
4.3	CUSTOS ENVOLVIDOS	100
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	101
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Formulário de FMEA	45
Tabela 2- Índice de Severidade.....	47
Tabela 3- Índice de Detecção	48
Tabela 4 Índice de Ocorrência.....	49
Tabela 5-Ensacadeira Bosch.....	50
Tabela 6- Ensacadeira Raumack.....	51
Tabela 7- Ensacadeira Fabrima.....	52
Tabela 8-Dados de Falha da Válvula Rotativa	59
Tabela 9-Dados de Falha do Alimentador	60
Tabela 10-Dados de Falha da Embalagem	61
Tabela 11-Dados de Falha do Datador	62
Tabela 12-Dados de Falha do PLC	63
Tabela 13-Dados de Falha Na Ensacadeira	64
Tabela 14-Distribuição de falhas por subsistema	65
Tabela 15- Distribuição de falhas por componente ensacadeira.....	66
Tabela 16- Distribuição de falhas por componente alimentador	69
Tabela 17- Taxa de Falhas Ensacadeira.....	74
Tabela 18-Taxa de falhas Ensacadeira - Após Aproximação estatística.....	75
Tabela 19-Taxa de Falhas -Alimentador.....	78
Tabela 20- Taxa de Falhas -Alimentador - Após Aproximação estatística	79
Tabela 21-Análise do Tipo FMEA da Ensacadeira.....	84

Tabela 22-Análise tipo FMEA Alimentador.....	85
Tabela 23-Levantamento de Dados Mordentes	87
Tabela 24-Levantamento de Dados Conjunto Dosador	88
Tabela 25- Taxa de falhas Mordentes	89
Tabela 26- Taxa de falhas conjunto dosador.....	92
Tabela 27-Procedimento Operacional Mordentes	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Representação Esquemática da Linha de Produção de Rejuntamento Epóxi.....	20
Figura 2- Fluxograma do Desenvolvimento do Trabalho.....	23
Figura 3-Curva da Banheira.....	25
Figura 4- Curva ABC	28
Figura 5- Função Probabilidade Acumulada.....	31
Figura 6-Função da Confiabilidade.....	32
Figura 7- Função Densidade de Probabilidade da Distribuição de Weibull.....	37
Figura 8- Papel de Weibull.....	40
Figura 9- Representação da definição de Pontos Equidistantes na Distribuição de Weibull.	42
Figura 10- Total de horas paradas por manutenção por equipamento e por mês no ano de 2005.....	54
Figura 11- Horas de Manutenção Fabrima C	55
Figura 12- Ensacadeira.....	56
Figura 13-Válvula Rotativa.....	57
Figura 14-Alimentador	57
Figura 15- Embalagem	57
Figura 16-Datador.....	58
Figura 17-PLC	58
Figura 18- Ensacadeira	58
Figura 19- Porcentagem de Falhas por Subsistemas	65

Figura 20- Porcentagem de Falhas por Componente -Ensacadeira	67
Figura 21- Porcentagem de Falhas por Componente - Alimentador	69
Figura 22 -Método dos gráficos- Ensacadeira.....	76
Figura 23- Método dos gráficos- Alimentador	80
Figura 24- Diagrama de Blocos.....	82
Figura 25 - Método dos gráficos-Mordentes.....	89
Figura 26- Método dos gráficos- Conjunto dosador.....	92

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

Até o início da década de 90 a indústria nacional encontrava-se, relativamente, em confortável posição: as grandes empresas pouco concorriam, possuindo suas fatias estáveis do mercado, e as pequenas empresas encaixavam-se em nichos específicos; foi somente após a abertura econômica promovida pelo ex-presidente Collor, que o mercado brasileiro começou a contar com a participação de novas empresas, tornando-se mais dinâmico, inaugurando uma nova época para o mercado nacional.

Uma constatação desta nova época é o surgimento de uma era em termos de competição sem precedentes na história. A competição está surgindo não apenas de concorrentes tradicionais, mas também da desintegração das barreiras de acessos a mercados anteriormente isolados e protegidos: as empresas não limitam mais seu crescimento às suas tradicionais bases de clientes. Segundo Montgomery (1998), “Uma poderosa força impulsiona o mundo na direção de uma convergência para a uniformização. E essa força é a tecnologia. Ela proletarizou as comunicações, os transportes, as viagens e faz com que lugares isolados e de povos empobrecidos entidades ansiosas por usufruírem dos atrativos da modernidade. O resultado deste fato é uma nova realidade comercial: a emergência dos mercados globalizados”. As empresas defrontam-se com um paradoxo: elas dispõem de oportunidades sem precedentes para poder desfrutar novos mercados; enquanto isso, os mercados tradicionais estão mudando acentuadamente, encolhendo ou então tornando-se intensamente

competitivos. O fato é que nenhuma empresa pode gozar de uma situação estável sem que esta esteja em uma fina sintonia com o ambiente que a cerca, adaptando-se as mudanças necessárias a favor da manutenção, ou conquista, de uma posição favorável no mercado.

A alta complexidade do mercado e da sociedade, aliado ao desenvolvimento científico e tecnológico, impõe as empresas repentinas mudanças em seus ambientes de negócios, podendo tornar qualquer negócio obsoleto, defasado ou inadequado subitamente; sejam estas mudanças provocadas por alterações dos hábitos do consumidor, ou pelo surgimento de uma nova tecnologia superior a existente, ou simplesmente pelo oferecimento de um produto similar com um preço mais convidativo ou com menor prazo de entrega. A permanência de um produto no mercado diminui vertiginosamente, tornando-o rapidamente obsoleto, devendo ser incrementado com novos artefatos tecnológicos de última geração e linhas condizentes com a moda em vigor.

A necessidade crescente dos clientes e do mercado não admite mais atrasos ou falta de produtos devido improdutividade de empresas, problemas como este podem ser resolvidos com a compra de um produto similar de um concorrente nacional ou internacional, neste sentido a inovação tecnológica das linhas de produção deve ser implementada o mais rápido possível para garantir sua funcionabilidade e disponibilidade. Neste cenário não existe mais espaço para improvisos, as linhas de produção devem funcionar todo o tempo que estiverem disponíveis não sendo admitido quebras ou manutenções não planejadas, manutenções estas que podem desencadear uma falta de produto no mercado, segundo Kardec (2003) “não é mais aceitável que o equipamento ou sistema pare de maneira não prevista” .

Estas são apenas alguns fatores ligados a competitividade de uma empresa, mas para que realmente isso venha a ser atingido, a empresa deve tomar postura pró-ativa,

antecipando-se aos problemas e concorrentes na conquista do mercado, mas para que atitude pró-ativa possa ser tomada é necessário tenha uma infra-estrutura organizacional que suporte as mudanças necessárias na busca por uma vantagem competitiva.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é descrever e analisar como é a média de disponibilidade de um setor de fabricação de argamassa de rejunte e através da aplicação de métodos atuais de monitoramento, de controle da manutenção e de análise da confiabilidade, procurar identificar qual a melhor forma de se manter ou substituir o equipamento e melhorar significativamente o volume de produção de forma a obter um menor custo de produção por unidade de produto ensacado e vendido, constituindo assim para a companhia uma vantagem competitiva frente aos seus concorrentes.

O redimensionando do plano de manutenção pode ser uma das soluções encontradas bem com uma substituição destes equipamentos por equipamentos novos, mais modernos e com uma melhor taxa de produção por tempo. Para facilitar e melhorar o foco deste estudo de caso, o trabalho é desenvolvido em um dos equipamentos que compõe uma linha de produção. Devido à similaridade dos equipamentos, adota-se um equipamento com atual índice de disponibilidade médio em relação aos demais e expande-se os resultados alcançados aos demais equipamentos que compõe esta linha de produção. Os resultados alcançados procuraram identificar possibilidades de melhoria da disponibilidade e estabilidade do processo de produção, estimar os custos envolvidos e buscar qual a melhor relação custo x benefício a se adotada.

Tendo os equipamentos a serem analisados tem uma média de utilização de 15 anos e uma disponibilidade variável e instável ao longo do tempo, o processo sofre muitas perdas de produção por intervenções da manutenção que podem em muitos casos serem eliminadas. Baseados em levantamento de dados do processo, no levantamento da curva da

confiabilidade do equipamento e em pesquisa bibliográfica de melhores métodos de manutenção procura-se recomendar a melhor política de manutenção a ser empregada neste equipamento, para se melhorar a disponibilidade do equipamento.

1.3 A empresa

A empresa foi fundada em 1937, tendo como seu primeiro fornecimento a argamassa de revestimento para a reforma do conhecido Viaduto do Chá, em São Paulo. Desde então, a empresa conquistou o reconhecimento pela qualidade dos seus produtos entre todos os que atuam no cenário da construção civil brasileira, dos aplicadores aos técnicos responsáveis, empreendedores, institutos de pesquisas, e toda a cadeia de distribuição de materiais de construção.

Sempre com ênfase na inovação e qualidade, a empresa tem sido a pioneira na introdução de novos produtos. Exemplos clássicos é a massa fina de acabamento, a argamassa colante para pisos, as argamassas decorativas Massa Raspada, e, mais recentemente, as argamassas de impermeabilização. A empresa foi incorporada a um grupo francês, em 1997, que é uma das maiores fabricantes de argamassa da Europa então todo “know-how” e tecnologia dessas empresas também foram somados à experiência acumulada, consolidando a posição de líder brasileira na produção de argamassas. A partir daí, a empresa entrou em uma nova fase, buscando a ampliação de sua linha de produtos e de sua cobertura geográfica no território brasileiro, mantendo seus compromissos com o mercado, ética e qualidade. Implantou três novas Unidades Produtivas e dois Centros de Distribuição, além de modernizar e ampliar seu primeiro Centro de Produção em São Paulo, e manter seu escritório de vendas no Rio de Janeiro.

1.3.1 Descrição da linha de produção analisada no estudo.

A linha em estudo é responsável por todo o volume de fabricação de rejuntamento epóxi da unidade fabril e este processo foi escolhido, pois representa 50% do total do faturamento financeiro obtido pela companhia, apesar de ser responsável pôr apenas 25% do total do faturamento em peso produzido pela fábrica.

Esta linha de fabricação indicada na Figura 1 é composta em seu processo final por seis ensacadeiras de processos que tem seu funcionamento semelhante, porém de fabricação variada, sendo três máquinas de fabricação da Fabrima, duas de fabricação da Bosch e uma de fabricação da Raumak, cada máquina apresenta variação em suas disponibilidades mensais devido a diversos problemas de manutenção e operação.

A linha de produção é composta originalmente por silos ou armazéns de matéria prima para o processo, são eles:

Três silos de abastecimento de areia;

Dois silos de abastecimento de cimento branco;

Dois silos de abastecimento de cimento;

Dois silos de abastecimento de cal

Um silo para entrada de aditivos a serem adicionados a mistura, esta entrada é feita manualmente pelo operador do processo de acordo com o produto a ser realizado, devendo o mesmo adicionar a quantidade e o aditivo recomendado pela ordem de produção a cada mistura a ser efetuada.

A seguir logo abaixo dos silos existe as transportadoras helicoidais (TH) que levam o material para uma balança eletrônica (BA052) que controla do peso dos materiais adicionados, assim que o peso de cada material é atingido nesta balança há o

descarregamento do material para o Misturador (MG 2A01). O misturador é o responsável pela mistura do material a ser executado , normalmente cada mistura demora em média 5 a 10 min. dependendo do processo que esta sendo executado.

Na seqüência do processo esta o silo de recebimento de material já processado (MG2A02) que recebe material do misturador e repassa para o transporte pneumático (TP2A01) que transporta o material via pressão pneumática para os silos de abastecimento que recebem o material pelo chaveamento de válvulas pneumáticas localizadas acima dos silos, ou seja:

Se pretende-se alimentar o silo A, válvula pneumática do silo A (VP2A01) é acionada , ela abre o silo para receber material e impede que o material atinja o próximo silo, e assim sequencialmente.

Chega-se então a ensacadeira que é o foco deste estudo, a ensacadeira cabe a formação da embalagem que recebera o produto, a alimentação desta embalagem com o peso correto de produto e a impressão na embalagem do lote produzido e da data de confecção do produto, percebe-se que se algo ocorrer a ensacadeira todo processo será interrompido ocasionando atrasos na entrega do material pronto.

Após a saída da ensacadeira o material já ensacado e impresso é transportado via correia transportadeira (TC) para as enfardadeiras (EF), que formaram fardos de 12 sacos para serem empilhados e transportados para o cliente final ou para o estoque existente na fábrica.

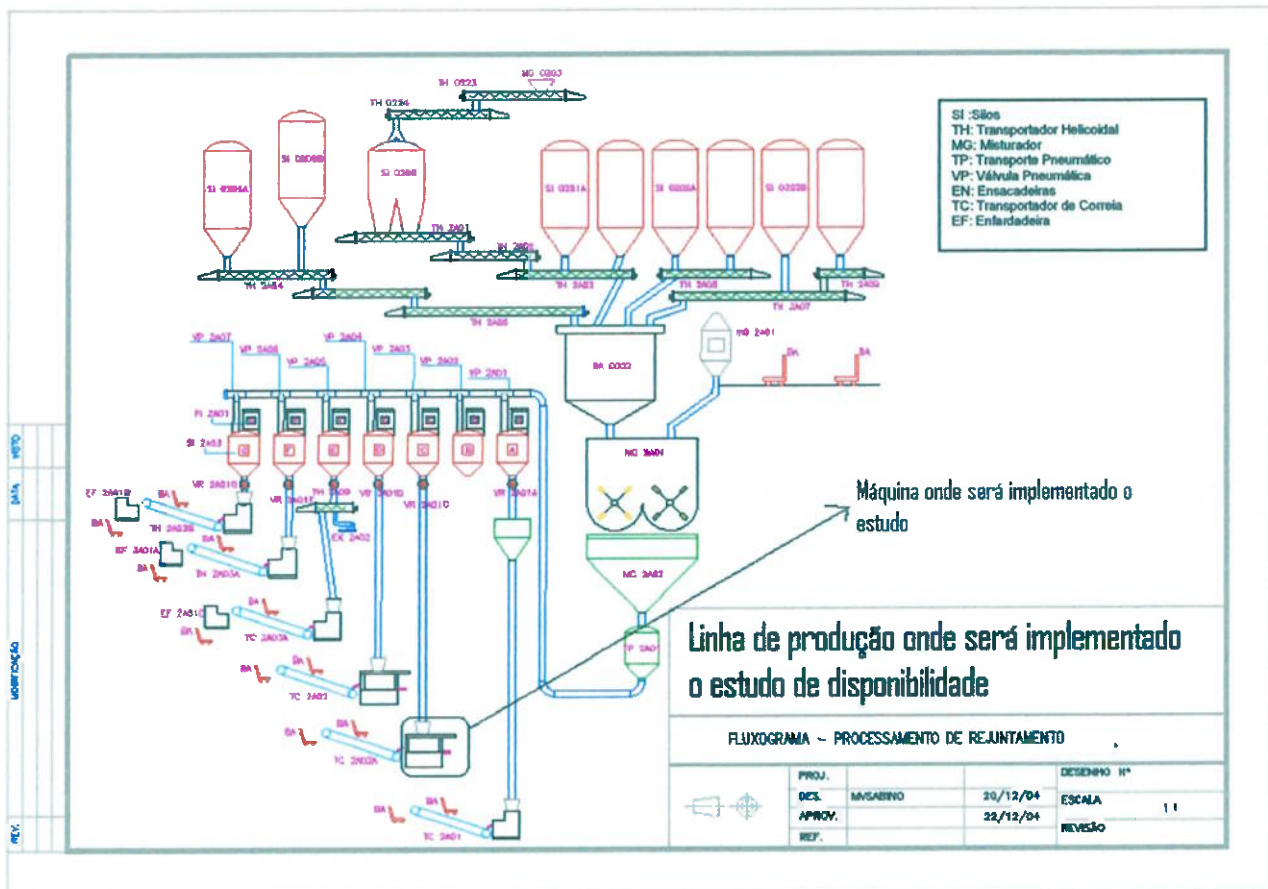


Figura 1 –Representação Esquemática da Linha de Produção de Rejuntamento Epóxi.

Tendo já uma taxa de utilização média de 15 anos e uma disponibilidade variável o objetivo deste trabalho é definir a disponibilidade atual e confiabilidade de um destes processos de ensaque de argamassa de rejunte, recomendando a melhor política de manutenção a ser empregado neste equipamento, avaliando seu custo ou recomendando sua substituição de tal forma que se possa ter melhor disponibilidade e melhor estabilidade deste processo resultando em um menor custo de fabricação por unidade de produto vendida.

Após o estudo do caso em uma das máquinas do setor e após o levantamento da

disponibilidade ideal a ser obtida nesta máquina com o novo método de manutenção define-se o número ideal de equipamentos que deverão existir neste setor, evitando-se assim gastos desnecessários com:

Energia elétrica;

Mão de obra;

Movimentação de materiais;

Gastos em manutenções de máquinas desnecessárias;

Gastos com peças extras em estoque;

Gastos com preparação em “*set up's*”;

1.4 Desenvolvimento do trabalho

O presente trabalho torna-se relevante à medida que procura trazer contribuições para a administração da produção, administração da manutenção e desenvolvimento organizacional a partir de um estudo de caso real de levantamento de dados de processo em operação e as dificuldades encontradas por este processo. Outra contribuição importante é de caráter prático, ou seja, trazer informações para os gerentes, consultores ou pessoas responsáveis pela sua implementação de sistemas de produção e manutenção com uma maior chance de se obter um sistema que atenda os objetivos da empresa.

No fluxograma indicado na Figura 2 são apresentadas as etapas que foram desenvolvidas neste trabalho.

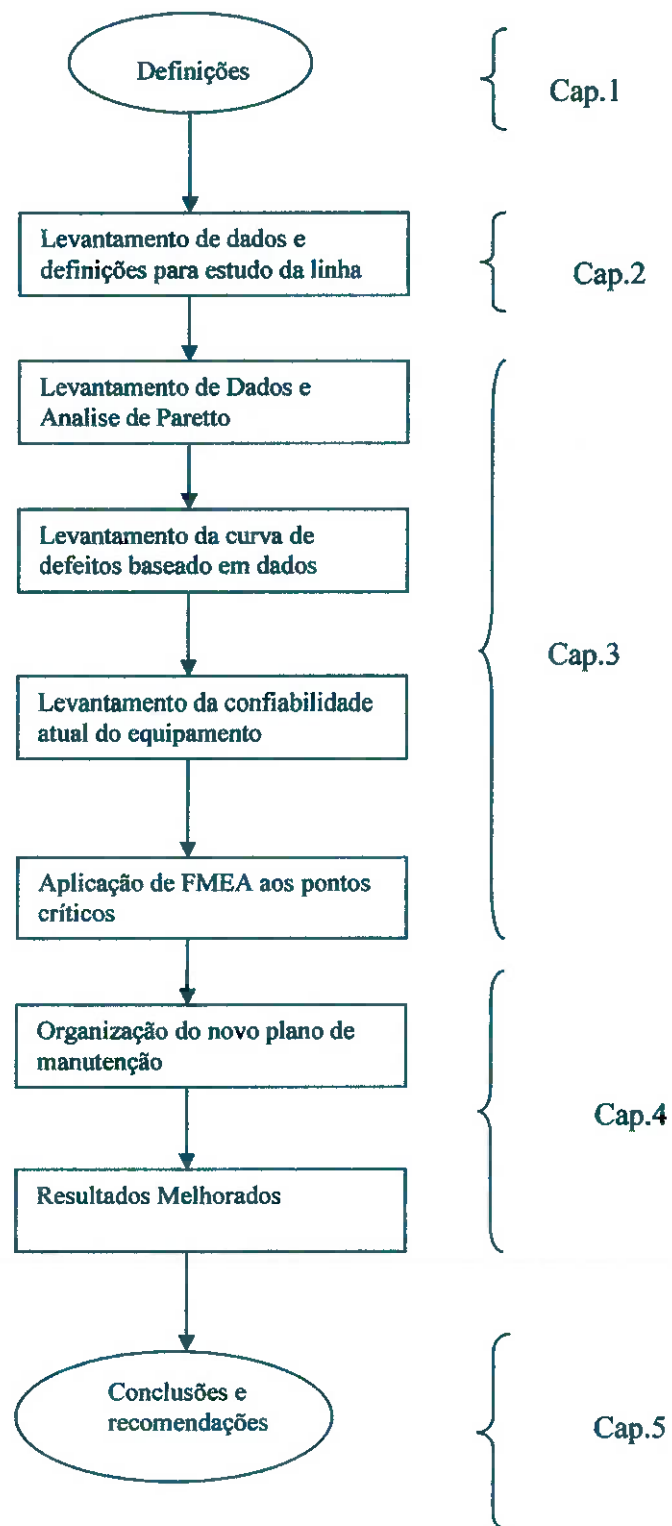


Figura 2- Fluxograma do Desenvolvimento do Trabalho.

2-Definições

2.1 Disponibilidade

Quando refere-se a disponibilidade de um equipamento ou setor está-se claramente referindo ao quanto se pôde contar com este equipamento, ou seja, o quanto este equipamento esteve apto a produzir em relação ao tempo total que ele deveria ter produzido, ou ainda gera-se uma previsão futura do quanto este equipamento estará disponível a produzir em relação ao tempo total que ele estará disponível. Ou seja: disponibilidade é a relação entre o tempo em que o equipamento ou instalação ficou disponível para produzir em relação ao tempo total previsto para o uso (Kardec, 2003). Em um ambiente ideal o correto seria que este equipamento produzisse cem por cento do tempo em que ele estará apto a funcionar, porém no ambiente real ocorrem perdas deste tempo como, quebras não programadas, diminuição de ritmo, deteriorização ou perda da qualidade do produto produzido e parada por risco ao ambiente ou a segurança.

2.3 Taxa de Falhas

A taxa de falhas (λ) de um componente ou sistema é definida como a quantidade esperada de falhas que este componente ou sistema deverá apresentar dentro de um determinado intervalo de tempo. Se um dispositivo apresenta uma falha a cada 1000 horas, sua taxa de falhas é de 0,001 falhas/hora.

Uma taxa de falhas (λ) constante é um dos meios mais simples de expressar os modos de falha de um componente ou sistema, entretanto isto nem sempre descreve o seu real comportamento. Para os diversos componentes e sistemas é possível observar que a taxa de falhas possuiu um forte relacionamento com o tempo, conforme a ilustra a Figura 3.

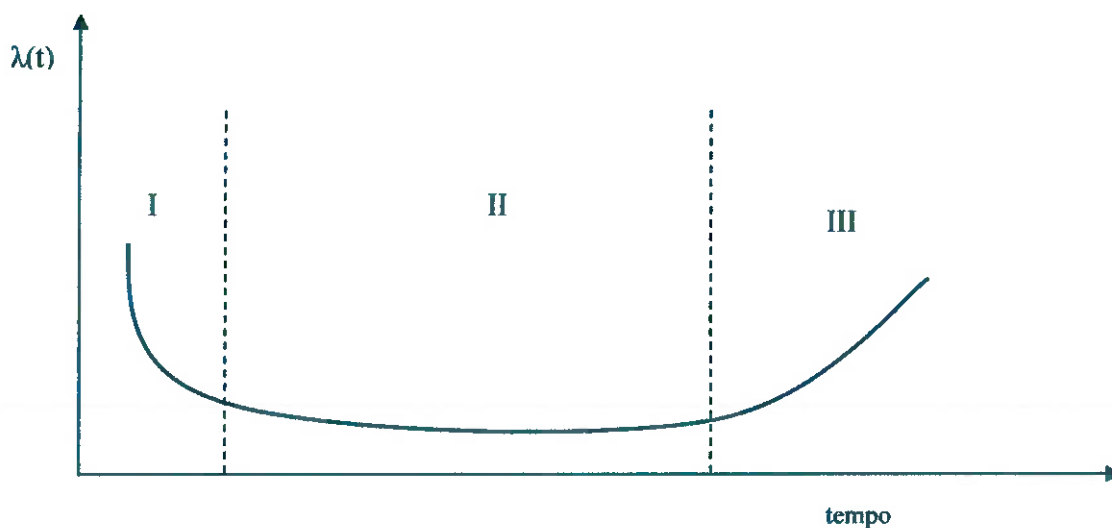


Figura 3-Curva da Banheira (KARDEC, 2003).

A curva apresentada na Figura 3 é obtida através da observação experimental de falhas em componentes e sistemas e, devido ao seu formato peculiar, é conhecida como a curva da banheira "*bathtub curve*". Nela é possível observar três zonas distintas:

I- A zona de mortalidade infantil, ou zona de falha precoce: Há grande incidência de falhas causadas por componentes com defeito de fabricação. Essas falhas também podem ser oriundas de problemas de instalação.

II- um período de vida útil: No qual a taxa de falhas é sensivelmente menor e relativamente constante ao longo do tempo. A ocorrência de falhas decorre de fatores menos controláveis, como sobrecargas devido interações dos materiais com o meio de operação.

III- A zona de envelhecimento ou de desgaste: Há um aumento na taxa de falha decorrente do desgaste natural associado com mecanismos cumulativos de falha-fadiga, desgaste ou corrosão, que será tanto maior quanto mais passar o tempo.

2.3 Curva ABC

O princípio da classificação ABC ou curva 80 – 20 é atribuído a Vilfredo Pareto, um renascentista italiano do século XIX, que em 1897 executou um estudo sobre a distribuição de renda. Através deste estudo, percebeu-se que a distribuição de riqueza não se dava de maneira uniforme, havendo grande concentração de riqueza 80% nas mãos de uma pequena parcela da população 20% (Ballou, 1993).

A partir de então, tal princípio de análise tem sido estendido a outras áreas e atividades tais como a industrial e a comercial, sendo mais amplamente aplicado a partir da segunda metade do século XX.

A curva ABC tem sido bastante utilizada para a administração de estoques, para a definição de políticas de vendas, para o planejamento da distribuição, para a programação da produção e uma série de problemas usuais de empresas, querem sejam estas de características industriais, comerciais ou de prestação de serviços.

Trata-se de uma ferramenta gerencial que permite identificar quais itens justificam atenção e tratamento adequados quanto à sua importância relativa.

A Técnica ABC

Assim sendo, como resultado de uma típica classificação ABC, surgirão grupos divididos em três classes, como segue representado na figura 4:

- **Classe A** : Itens que possuem alto valor de demanda ou consumo anual.
- **Classe B** : Itens que possuem um valor de demanda ou consumo anual intermediário.
- **Classe C** : Itens que possuem um valor de demanda ou consumo anual baixo.

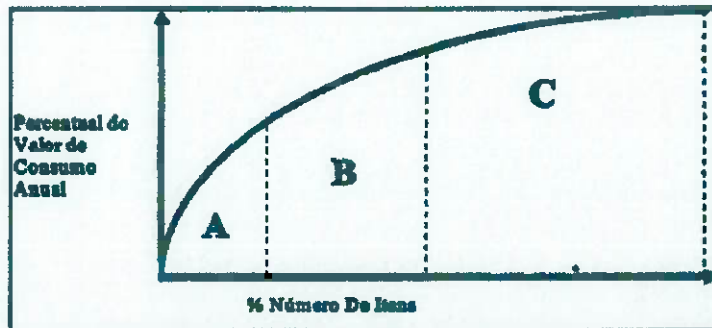


Figura 4-Curva ABC (Ballou, 1993).

Uma classificação ABC de itens tida como típica apresenta uma configuração na quais 20% dos itens são considerados A e que estes respondem por 65% do valor de demanda ou consumo anual. Os itens B representam 30% do total de número de itens e 25% do valor de demanda ou consumo anual. Tem-se ainda que os restantes 50% dos itens e 10% do valor de consumo anual serão considerados de classe C (Ballou,1993).

Embora se reconheça que tais percentuais de classificação possam variar de empresa para empresa, é importante observar que o princípio ABC no qual uma pequena percentagem de itens é responsável por uma grande percentagem do valor de demanda ou consumo anual, normalmente ocorre.

Apesar da configuração acima ser válida como "padrão típico", em se tratando de curva ABC a classificação não deve ter como regra rígida ser composta por três classes.

Assim, no caso em estudo a análise ABC deve obrigatoriamente refletir a dificuldade de controle de um ou dois itens e o impacto destes itens sobre a disponibilidade do sistema

como um todo, definindo assim o foco da análise do problema a ser estudado para se melhorar a disponibilidade do equipamento.

2.4 Confiabilidade

Define-se confiabilidade a probabilidade de um sistema, produto, máquina ou equipamento operar, dentro das especificações para as quais foi projetada e construída por um período de tempo determinado. A confiabilidade, portanto, está associada diretamente à operação bem sucedida, com ausência de paradas para manutenção ou de falhas.

Esta conceituação está diretamente ligada à definição clara de um critério de falha, o qual possibilita determinar a partir de que momento o equipamento sob análise é considerado com desempenho abaixo daquele considerado aceitável, ou seja, a partir de que momento considera-se a ocorrência de falha (Souza, 2005). Para efeito prático no estudo de caso do capítulo 3 será considerada falha a incapacidade de satisfazer ao padrão de produção previsto.

A confiabilidade $R(t)$ pode ser conceituada como a probabilidade de que um sistema ou equipamento sobreviva por um período de tempo específico.

Expressando esta conceituação em termos da variável aleatória t , o tempo até ocorrer à falha, e da correspondente função densidade de probabilidade (fdp) de ocorrência de falha $f(t)$, tem-se que, a probabilidade de falha, em um intervalo de tempo específico, pode ser definida pela relação:

$$f(t) \Delta t = P (t < t < t + \Delta t) \quad (1)$$

Sendo $F(t)$ a função de probabilidade acumulada, vem:

$$F(t) = P (t < t) \quad (2)$$

Ou seja, $F(t)$ expressa a probabilidade de ocorrer à falha até um tempo t .

Esta função $F(t)$ é crescente com o tempo, atingindo um valor unitário quando t tende ao infinito, tal como indicado na Figura 5:

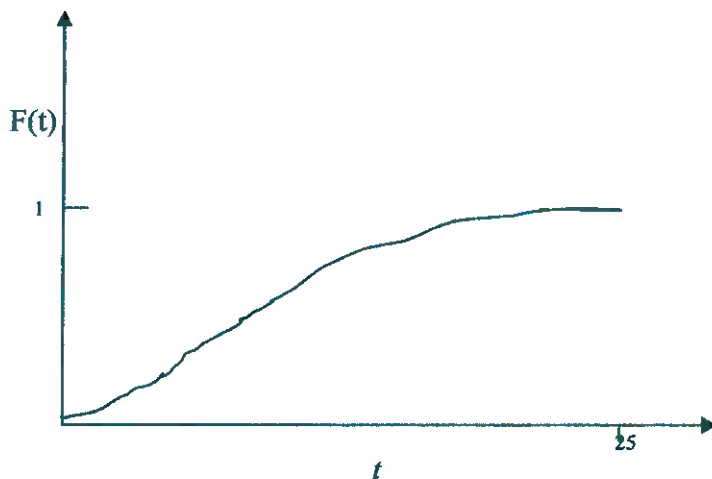


Figura 5-Função de Probabilidade acumulada $F(t)$, Lafraia (2001)

Como, sob o ponto de vista da lógica de sua operação, um componente ou equipamento ou está operando adequadamente, conforme previsto no projeto, ou está no estado de falha, portanto eventos mutuamente excludentes, a confiabilidade pode ser, probabilisticamente, expressa pela relação:

$$R(t) = P (t > t) \quad (3)$$

Ou seja,

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (4)$$

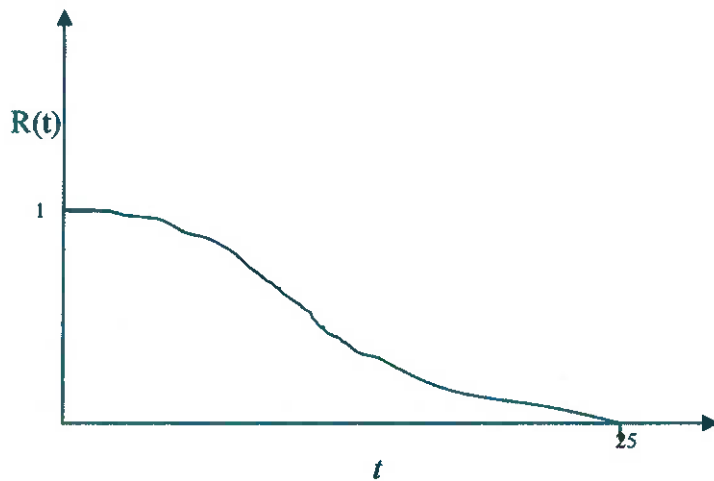


Figura 6 - Função de Confiabilidade R(t), Lafraia (2001)

A partir do gráfico apresentado na Figura 6 verifica-se, portanto, que a confiabilidade de um produto ou sistema apenas decai ao longo do tempo, ou seja, quanto maior o tempo em operação do mesmo maior será a probabilidade de apresentar falha.

Um outro conceito importante na caracterização da confiabilidade e também nas características de projeto dos equipamentos é o tempo médio até a falha, MTBF, do inglês “Mean Time Between Failure”. O MTBF é a média dos tempos até a falha e, para componentes reparáveis coincide com a vida média.

O tempo médio até a falha também pode ser calculado pela expressão abaixo (Souza, 2005).

$$\int_0^{\infty} R(t) dt \quad (5.0)$$

Desde que seja respeitada a relação : $\lim_{t \rightarrow \infty} t \cdot R(t) = 0$

Estas linhas introdutórias fornecem a visão de apenas um dos aspectos da determinação da confiabilidade de um item ou sistema – **sua caracterização estatística.**

2.5 Conceituação dos tempos, MTBF, MTTR e Disponibilidade.

Segundo Kardec (2003) para a caracterização da disponibilidade, que é o principal objetivo da manutenção, é importante conceituar algumas variáveis importantes:

- 1 Tempo total: É o tempo total que o equipamento poderia ficar disponível para a operação.
- 2 Tempo de funcionamento: É a parcela do tempo total que a instalação ou equipamento estava funcionando
- 3 Tempo de não funcionamento: É a parcela do tempo total em que a instalação, embora disponível não fosse utilizada pela produção e ficou parada (não funcionando).

TEMPO TOTAL		
TEMPO DISPONÍVEL PARA PRODUÇÃO- T		TEMPO EM MANUTENÇÃO -t
TEMPO DE FUNCIONAMENTO	TEMPO DE NÃO FUNCIONAMENTO	EM REPARO

Ao longo do tempo total têm-se, então, tempos disponíveis para a produção (T) e tempos em que o equipamento está em manutenção (t), ou seja, indisponível para produção.

Assim é possível, para o período analisado, calcular o tempo médio disponível (produzindo ou não) e o tempo médio em reparo.

O tempo médio de bom funcionamento é conhecido mundialmente como TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS-MTBF

$$MTBF = \left\{ \text{SOMATÓRIA DOS TEMPOS ENTRE AS FALHAS} / \text{N}^\circ. \text{ DE FALHAS QUE OCORREM} \right\} \quad (6)$$

Já o tempo médio sem produção está associado ao reparo de cada falha, sendo conhecido como TEMPO MÉDIO PARA REPARO – MTTR.

$$MTTR = \left\{ \text{SOMATÓRIA DOS TEMPOS GASTOS EM REPAROS} / \text{N}^\circ. \text{ DE FALHAS QUE OCORREM} \right\} \quad (7)$$

O MTTR de modo resumido depende:

Das características do equipamento ou sistema a ser mantido;

Da capacitação profissional de quem faz a intervenção;

Da característica de organização e planejamento da manutenção.

Pode-se dizer então que (Kardec, 2003):

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (8)$$

A disponibilidade é função da confiabilidade e da manutenibilidade

Para aumentar a disponibilidade de uma planta, sistema ou equipamento deve-se:

Aumentar a confiabilidade expressa pelo MTBF;

Reduzir o tempo gasto para reparo expresso pelo MTTR;

Aumentar o MTBF e reduzir o MTTR simultaneamente.

2.6 Distribuição de Weibull:

Conforme visto anteriormente um dos aspectos da determinação da confiabilidade é sua caracterização estatística, porém existem diversos modelos de distribuição de probabilidade utilizadas na caracterização da confiabilidade. Estas distribuições são utilizadas na modelagem de diversas fases da curva da banheira (Souza,2005). A distribuição de Weibull é definida por três parâmetros: X_0 , η , β . Isto torna a distribuição bastante flexível, sob o ponto de vista de permitir a representação de uma variedade de fenômenos. A função da densidade de probabilidade é expressa por:

$$f(x) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{x - X_0}{\eta} \right)^{\beta - 1} e^{-\left(\frac{x - X_0}{\eta} \right)^\beta} \quad (9)$$

Para, $X \geq X_0$

Onde:

X_0 : constante de localização - define a posição em que a função densidade de probabilidade tem origem;

η : Constante de escala - define o espalhamento da distribuição ao longo do eixo das abscissas (eixo x);

β : Constante de forma.

Sendo que η e β devem ter valores positivos.

A Figura 7 apresenta a variável da forma da função densidade de probabilidade da distribuição de Weibull em função da variação do parâmetro β .

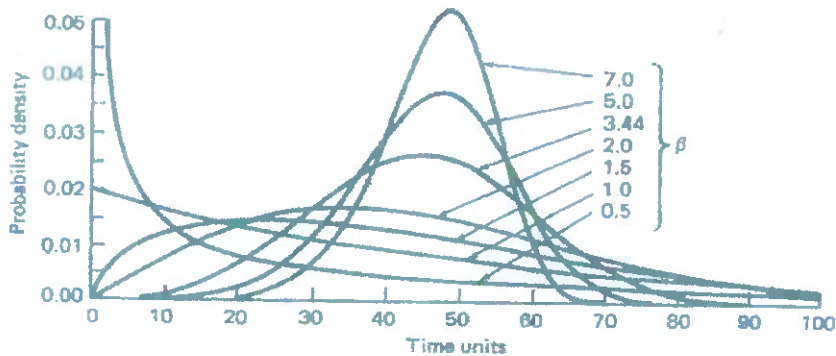


Figura 7-Função Densidade de Probabilidade da Distribuição de Weibull

Observando-se os dados apresentados na figura tem-se:

- a) Para valores $\beta < 1$ a função densidade de probabilidade é decrescente para um aumento de magnitude de x .
- b) Para valores $\beta = 1$ a função densidade de probabilidade é decrescente se igualando a outro modelo de distribuição que é o exponencial.
- c) Para valores $\beta > 1$ a curva da função densidade de probabilidade apresenta picos bem definidos.
- d) Para o valor $\beta = 3,44$ a distribuição de Weibull aproxima-se muito de outro modelo de distribuição que é a distribuição normal.

Ou seja, a distribuição de Weibull, em função do parâmetro β , pode ser empregado para descrever as três fases da curva da banheira. Para valores $\beta < 1$ a função densidade de probabilidade é decrescente em conformidade com a fase I da curva, sendo que o grau de decréscimo da mesma, dado um aumento da magnitude de X , é tanto maior quanto menor o valor de β . Para $\beta = 1$ temos a caracterização da fase II da curva da banheira com uma taxa

de falhas constante. Finalmente, para valores de $\beta > 1$ a distribuição modela uma taxa de falhas crescente com o aumento da magnitude de X , representando a fase III da curva da banheira. O grau de crescimento da taxa de falhas, com o aumento de X é crescente em função do aumento da magnitude de β , indicando fenômeno cuja acumulação de dano pode ser bastante rápida no domínio do tempo.

Em função da versatilidade da distribuição de Weibull para modelagem de fenômenos aleatórios, associada com o número de parâmetros que caracterizam esta distribuição adotarei esta distribuição para a análise de confiabilidade a ser executado neste trabalho, até porque o sistema a ser estudado é composto por vários componentes.

2.7 Método dos Gráficos - Testes paramétricos

Conforme já definido a distribuição de Weibull é caracterizada por três parâmetros. O método dos gráficos (Souza, 2005) tem por objetivo linearizar a função distribuição acumulada ou a função distribuição de confiabilidade da distribuição em análise. No caso da distribuição de Weibull deve ser linearizada a equação (10), abaixo indicada

$$R(x) = \exp \left[- \left(\frac{x - x_0}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (10)$$

Aplicando-se logaritmo natural em ambos os termos da equação (10), tem-se :

$$\ln (R(x)) = - \left(\frac{x - x_0}{\eta} \right)^\beta$$

e

$$\ln \{ - \ln(R(x)) \} = \beta \ln(x - x_0) - \beta \ln \eta$$

Sendo $R(x) = 1 - F(x)$, vem :

$$\ln \{ - \ln[1 - F(x)] \} = \beta \ln(x - x_0) - \beta \ln \eta \quad (11)$$

E a equação (10) pode ser interpretada da forma :

$$Y = \beta X^* + C \quad (12)$$

onde:

$$Y = \ln \{ - \ln(1 - F(x)) \} \quad (13)$$

$$X^* = \ln(x - x_0) \quad (14)$$

A partir da análise da equação (12) verifica-se que o papel de Weibull deve apresentar no eixo das abscissas o logaritmo da magnitude da variável aleatória, x, porém tomado em relação ao parâmetro de localização da distribuição de Weibull. Já no eixo das

ordenadas este papel apresenta o duplo logaritmo da função distribuição acumulada. Tendo em vista a dificuldade da execução destes cálculos, o papel de Weibull, tal como indicado na Figura 8 apresenta o eixo das abscissas em forma de escala logarítmica e o eixo das ordenadas na forma de escala bi-logarítmica, porém referenciada ao valor da função distribuição acumulada.

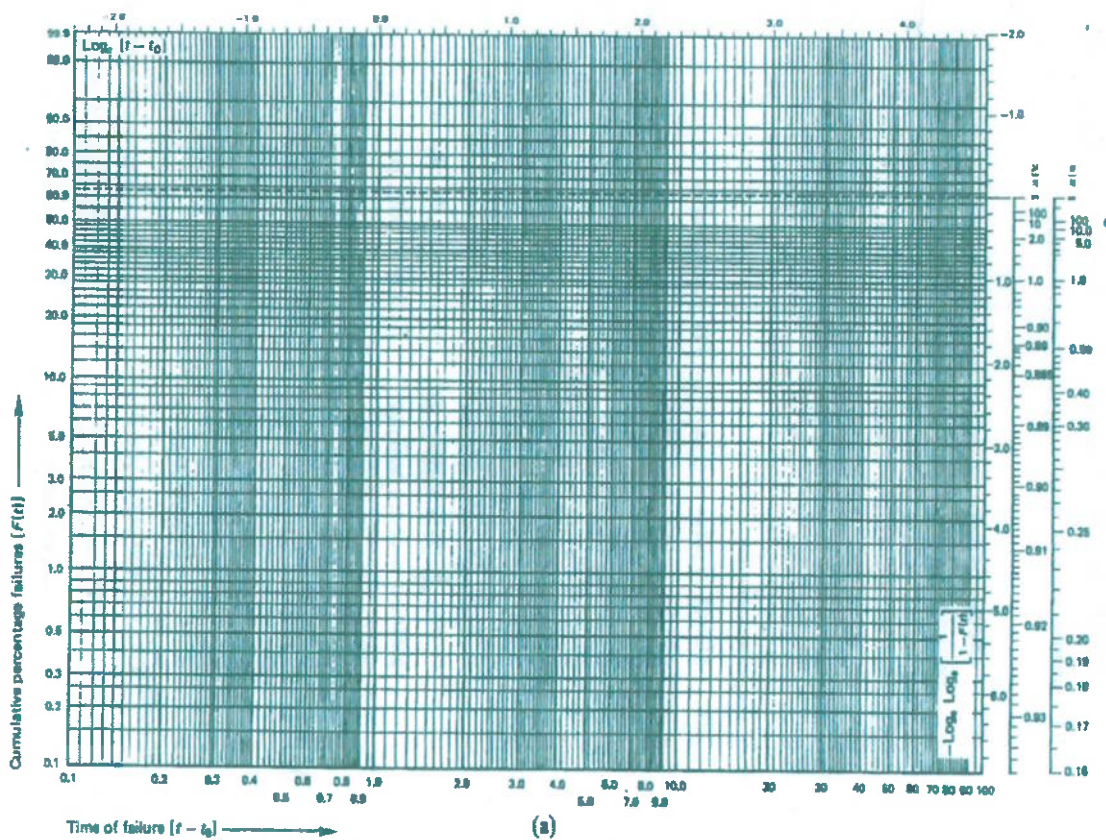


Figura 8-Papel de Weibull (Souza, 2005)

Para execução de uma análise paramétrica baseada no emprego do papel de Weibull recomenda-se a utilização do seguinte procedimento :

Ordenar os dados em ordem crescente dos tempos de falha;

I. Definir a estimativa de $\hat{F}(x_i)$, utilizando-se a equação (15) :

$$\hat{F}(x_i) = \frac{i}{N+1}; \quad (15)$$

II. Marcar os pares de pontos $(x_i, \hat{F}(X_i))$ no papel Weibull, considerando inicialmente o parâmetro de localização (x_0) igual a zero, e procurar traçar a curva que representa a relação entre os valores da variável aleatória e a magnitude da função distribuição de probabilidade;

III. Verificar a forma da curva;

IV.a) Se for obtida uma reta $\rightarrow x_0 = 0$, ou seja, o fenômeno em estudo é representado por uma distribuição de Weibull de dois parâmetros, com a parâmetro de localização nulo, podendo-se determinar β e η , tal como indicado na alínea v ;

IV.b) Se for obtida curva que não possa ser classificada como uma reta, devem ser examinadas duas possibilidades, quais sejam:

- $x_0 \neq 0$;
- a distribuição não é Weibull;

Para avaliação destas possibilidades emprega-se o seguinte procedimento:

IV.b.1) Definem-se pontos equidistantes no eixo das ordenadas (Y), em relação a um ponto no meio da curva, como indica a Figura 9 .

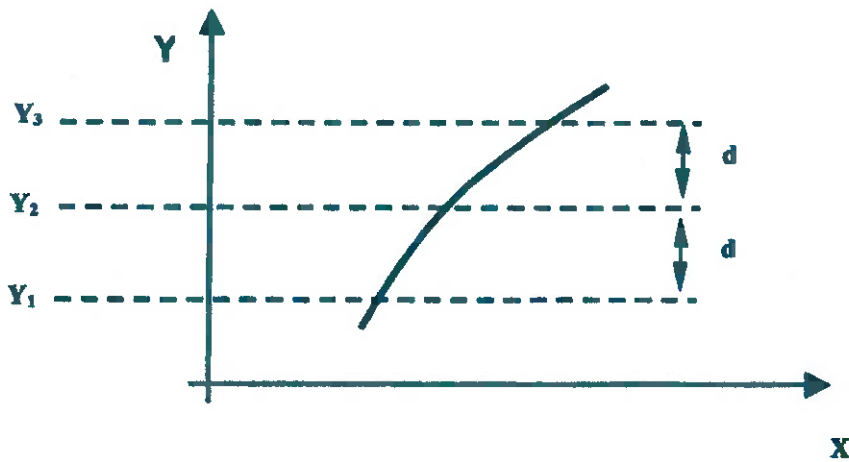


Figura 9– Representação da definição de Pontos Equidistantes na Distribuição de Weibull.

Da Figura 9 tem-se que : $Y_2 - Y_1 = Y_3 - Y_2$

iv.b.2) Da equação da reta, tem-se que :

$$X_2 - X_1 = X_3 - X_2$$

Ou

$$\ln(x_2 - x_0) - \ln(x_1 - x_0) = \ln(x_3 - x_0) - \ln(x_2 - x_0)$$

Daí vem:

$$(x_2 - x_0)^2 = (x_3 - x_0)(x_1 - x_0)$$

Resolvendo para x_0 obtém-se a estimativa para o parâmetro de localização, com a utilização da equação (16):

$$x_0 = \frac{x_3 x_1 - x_2^2}{(x_3 - x_2) - (x_2 - x_1)} \quad (16)$$

IV.b.3) Remarcar os dados usando $(x_1 - x_0)$ como variável e estimar uma curva. Se fenômeno puder ser representado por uma distribuição de Weibull, obtém-se uma reta.

IV. Obtida a reta, calculam-se os parâmetros (β, η) , através da utilização do seguinte procedimento :

V.a) Para $(x - x_0) = \eta \rightarrow F(x_1) = 0,632$, conforme a própria definição da distribuição de Weibull;

V.b) β é dado pela inclinação da reta ; para defini-lo, obtém-se o valor $\{\ln(\eta) - 1\}$, e na reta define-se o ponto Y equivalente a este valor. A partir do gráfico, define-se o valor β .

V.c) Calculam-se a média e o desvio padrão da distribuição de escalas definidas no próprio papel de Weibull

2.8 FMEA

Define-se FMEA- “failure mode and effect analysis” como a um método de análise da confiabilidade de projetos e processos que visa à identificação dos principais modos de falha de produtos ou processos e seus efeitos a fim de determinar as ações preventivas necessárias.

Para tal o FMEA utiliza um formulário (Scapin, 1999) e um procedimento para priorização das falhas detectadas nos índices de ocorrência, gravidade, probabilidade de detecção e risco desta falha e em função da somatória destes fatores de risco determina qual o modo de falha que apresenta maior gravidade e indica uma ação para que o modo de falha não ocorra.

A análise via FMEA baseia-se na execução de uma tabela, similar à indicada na Tabela I esta apresenta o número mínimo de informações para a execução de uma análise adequada.

especificada na folha de análise. Na seqüência da tabela, são discutidas as conseqüências de cada modo de falha do componente sobre o funcionamento do sistema, incluindo os efeitos locais e os efeitos sobre outros subsistemas, até as conseqüências sobre o sistema como um todo. Na sexta coluna da tabela deverá conter a causa que originou o modo de falha da quarta coluna. Deve-se também apresentar possíveis formas de se detectar um dado tipo de falha, sétima coluna da tabela, ou a indicação de que a mesma está para ocorrer, de forma a possibilitar a manutenção ou correção do problema antes da ocorrência do mesmo e a conseqüente propagação de seus efeitos sobre o sistema. Como oitava coluna da tabela, tem-se a classificação da severidade de um modo de falha, ou gravidade do modo de falha, a qual tem como objetivo fornecer uma idéia qualitativa do efeito do modo de falha do componente sobre o sistema como um todo.

Scarpin (1999), inclui na tabela de FMEA o índice de ocorrência, índice de gravidade e índice de detecção, que são definidos pelas tabelas 2 a 4.

Na nona coluna está colocado o índice de gravidade, ou severidade, que é uma avaliação das conseqüências do modo de falha pressumindo-se que o mesmo venha a acontecer.

Tabela 2-Índice de Severidade (Scarpin, 1999)

Índice	Conceito
1	Falha de menor importância. Quase não são percebidos os efeitos sobre o produto ou processo.
2 - 3	Provoca redução de performance do produto e surgimento gradual de ineficiência. Cliente perceberá a falha, mas não ficará insatisfeito com ela.
4 - 6	<p>Produto sofrerá uma degradação progressiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ineficiência moderada; - Produtividade reduzida; - Início de frustração por parte do operador do processo ou cliente do produto; - Cliente perceberá a falha e ficará insatisfeito.
7 - 8	<ul style="list-style-type: none"> - De 50 a 70% das vezes não se consegue manter a produção, e se requer grande esforço do operador. - Há baixa eficiência e produtividade. Alta taxa de refugo. - Em campo, o produto não desempenha sua função. - O cliente perceberá a falha e ficará muito insatisfeito.
9 - 10	<ul style="list-style-type: none"> - Não se consegue produzir o "colapso" do processo. Problemas são catastróficos e podem implicar em perigo à segurança. - Cliente ficará muito insatisfeito.

Na décima coluna, o índice de detecção mede a probabilidade da causa da falha ser detectada antes que ela ocorra.

Tabela 3-Índice de Detecção (Scarpin, 1999)

Índice	Probabilidade de detecção	Conceito
1	Muito Alta	—
2 - 3	Alta	Tomada de ações corretivas em pelo menos 90% das vezes que os parâmetros do processo saem de controle.
4 - 6	Moderada	É empregada ação corretiva somente em 50% das vezes que o processo sai de controle.
7 - 8	Pequena	Nível de controle muito baixo. Até 90% das peças produzidas podem estar fora da especificação.
9	Muito Pequena	Não há nenhum tipo de controle ou inspeção.
10	Remota	A causa da falha não pode ser detectada.

Na décima primeira coluna esta o índice de ocorrência, que esta diretamente relacionado com a determinação da causa do modo de falha.

Tabela 4-Índice de Ocorrência (Scarpin, 1999)

Índice	Probabilidade de Ocorrência	Ocorrência
1	Muito Remota	Excepcional
2	Muito Pequena	Muito poucas vezes
3	Pequena	Poucas vezes
4 5 6	Moderada	Ocasional, algumas vezes
7-8	Alta	Freqüente
9-10	Muito Alta	Inevitável, certamente haverá falha

Após as análises efetuadas é calculado o índice de Risco que é calculado como o produto dos índices de ocorrência, gravidade e detecção.

$$R = O \times G \times D \quad (14)$$

Da forma como foi apresentada, (Souza, 2005) a ênfase do FMEA é definir as conseqüências de um dado modo de falha de um componente sobre a operação de um sistema. Além disso, esta ferramenta serve como um ponto de partida para enumerar e entender os possíveis mecanismos de falha do sistema, possibilitando uma melhor compreensão da eventual progressão de um acidente, tendo em vista a falha do componente. Esta análise também fornece subsídios para definir a criticidade de alguns componentes sobre a segurança do sistema, indicando pontos onde há necessidade da utilização de componentes redundantes.

3-IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

3.1 Dados dos equipamentos

A linha de produção a ser estudada é composta por seis máquinas ensacadeiras, caracterizadas como o gargalo de todo o processo da linha de produção. O objetivo final destes equipamentos é receber o produto já processado, via transporte pneumático, ensacar em sacos de 5 kg e 1 kg, de acordo com o “set up” de cada máquina, e disponibilizar os sacos para serem enfardados e distribuídos ao centro de distribuição para então serem enviados aos clientes, geralmente grandes centros atacadistas de produtos de construção civil.

Destas 6 ensacadeiras 3 delas estão dimensionadas para sacos de 5 kg e 3 delas para sacos de 1 kg as tabelas 5 a 7 abaixo descrevem seus fabricantes e suas características:

Tabela 5- Ensacadeira Bosch - Produção de Sacos de 1 Kg.

Fornecedor	Bosch Packaging Technology Company
Endereço	Av. Juruá, 606 Alphaville - Barueri -SP - Brasil
Telefone	(55) 11 4191-6800 ramal 207 Fax (55) 11 4191-6197
Modelo	SVZ – 1700 S ano 1994
Dosagem	1 KG
Capacidade de produção	40 Sacos por minuto
Especificações Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> • Largura: 1.075 mm • Comprimento: 1.450 mm • Altura: 2.685 mm • Peso: aproximadamente 800 kg • Potência de ligação: 4.0 KW com dosador • Pressão mínima: 6 Bar • Largura do pacote: de 40mm de largura até 170mm • Comprimento do pacote: mediante ajuste poderá obter 4 comprimentos. <ul style="list-style-type: none"> - posição 0 - 0 mínimo 150 máximo 346mm - posição 0 – 1 mínimo 122 máximo 290mm - posição 0 – 2 mínimo 75 máximo 185mm - posição 0 – 3 mínimo 40 máximo 109 mm • Materiais de embalagem: <ul style="list-style-type: none"> - Polietileno ou polipropileno cast – Termosoldáveis, - Laminados – termoseláveis.




Tabela 6-Ensacadeira Raumak-Produção de Sacos de 1 Kg.

	Raumak Máquinas Ltda
Endereço	Rua Araquari, 136 Ilha da Figueira - Jaraguá do Sul - SC - Brasil
Telefone	(55) 47 370-4540 Fax: (55) 47 370-4003
Modelo	Speed Bag 3000 ano 2003
Dosagem	1 Kg
Capacidade de produção	29 sacos por minuto
Custo	
Especificações Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura em aço carbono SAE 1020 com tratamento especial e anticorrosivo e pintada com tinta eletrostática epóxi em pó; • Sistema Pneumático a seco (não necessita lubrificação); • Pés VIBRA STOP para nivelamento e absorção de vibrações; • Sistema de solda horizontal lisa ou raiada (de acordo com a preferência) Suporte fixo para solda vertical, acionado por cilindro pneumático central; • Proteção frontal em acrílico 8mm; • Sistema de tracionamento de embalagem por correias de arraste; • CLP – Controlador Lógico Programável; • Desbobinador Automático; • Inversor de frequência, viabilizando o controle de velocidade do equipamento; • Sistema abre-fecha com buchas auto lubrificadas a seco; • Fundo chato; Picotador; Perfurador . • Largura do pacote pronto: 50 mm a 205 mm. • Comprimento do pacote pronto: 80 mm a 300 mm • Largura máxima da bobina: 440 mm • Diâmetro máximo da bobina: 350 mm • Alimentação Pneumática: Consumo/ar 1100 l/min (solda lisa) e 900 l/min (solda raiada) – Pressão 7 bar • Compressor de ar: 40 ft³/min regime contínuo • Alimentação: Trifásica 220/380 - 50/60Hz (outras especificações sob consulta) • Consumo elétrico: De 2,5 kw/h a 7 kw/h, dependendo do modelo do dosador • Peso Aproximado: 800 kg



Tabela 7- Ensacadeira Fabrima -Produção de Sacos de 5 Kg.

Fornecedor	Fabrima Máquinas Automáticas Ltda
Endereço	Av. Narain Singh, 577 Parque Industrial Bonsucesso Guarulhos - SP - Brasil
Telefone	(55) 11 6465-2500 Fax: (55) 11 6480-3934
Modelo	VBZ – 280 Ano 1989
Dosagem	5 Kg
Capacidade de produção	16 sacos por minuto
Custo	
Especificações Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> • Largura das embalagens: 50 a 200mm • Comprimento das embalagens: 60 a 400mm ou mais; • Consumo elétrico da máquina básica (aquecimento): 4,0 KW; • Tensão da rede elétrica: 220/380 VAC, 3; • Consumo de ar comprimido: 1100 l/min a 6 bar; • Pressão do ar comprimido: 6 BAR
	

3.2 Descrição do problema

A demanda média de produção mensal é de 4.000 a 4.500 toneladas por mês, e a capacidade de produção é de 7034 toneladas/mês, distribuída pela capacidade das máquinas, como segue abaixo:

Máquinas Bosch = $2 \times 1 \text{ kg} \times 40 \text{ sacos/min} \times 60 \text{ min/hs} \times 16 \text{ hs/dia} \times 21 \text{ dias/Mês} =$
1.612 toneladas ou seja 806 toneladas por máquina

Máquina Raumak = $1 \times 1 \text{ kg} \times 29 \text{ sacos/min} \times 60 \text{ min/hs} \times 16 \text{ hs/dia} \times 21 \text{ dias/Mês} =$
584 toneladas

Máquinas Fabrima = $3 \times 5 \text{ kg} \times 16 \text{ sacos/min} \times 60 \text{ min/hs} \times 16 \text{ hs/dia} \times 21 \text{ dias/Mês} =$
4.838 toneladas ou seja 1612 toneladas por máquina

A capacidade produtiva do setor é igual a 7.034 toneladas/mês , 36% superior ao necessário para atender a demanda do setor de fabricação.

É claro que existem tempos improdutivos nas execuções das tarefas, tempos como “start-up’s” e trocas de produtos, tempos estes que não podem ser eliminados devido às características da programação e processos de fabricação, porém que podem ser otimizados e diminuídos no decorrer da produção através de técnicas e estudos.

Através de levantamentos de dados e pesquisa nas áreas operacionais foi levantado que em média se perde 1900,2 toneladas/mês de capacidade produtiva das máquinas com intervenções operacionais, o que representa 27 % de perda da sua capacidade produtiva. Outro fator que diminui a capacidade de produção é a manutenção destes equipamentos que hoje está na faixa de 9% de redução de capacidade produtiva.

Um dos métodos de diminuição destes tempos é o estudo de indisponibilidade por manutenção, objetivando sua diminuição, como já visto no capítulo anterior, e que será aplicado nestes equipamentos.

Na Figura 10 apresenta-se o total anual de horas paradas para cada um dos equipamentos analisados neste estudo, dada a necessidade de ações de manutenção.

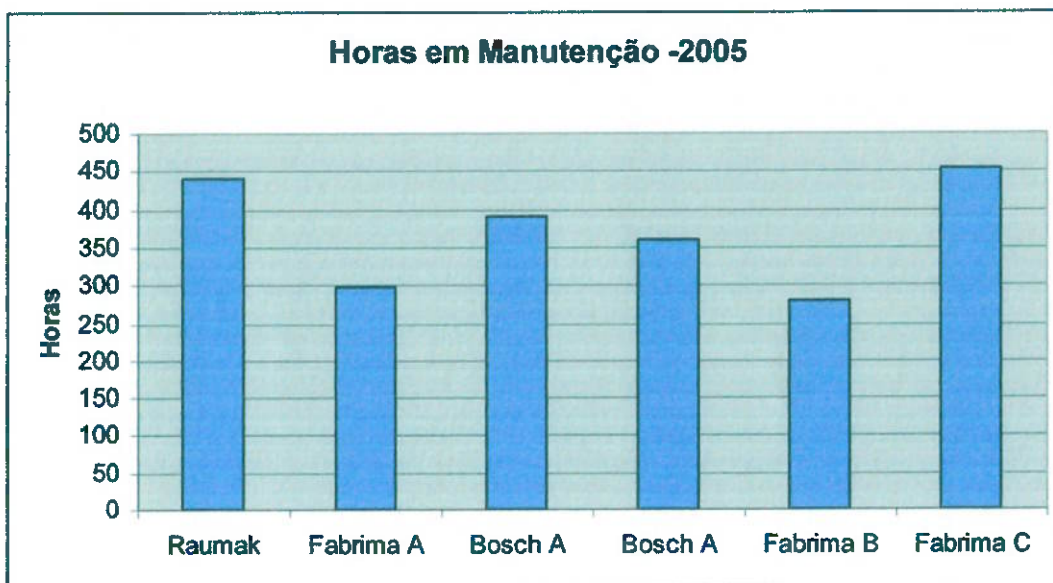


Figura 10-Total de horas paradas por manutenção por equipamento no ano de 2005.

Como pode-se observar o equipamento que teve maior número de horas paradas por manutenção no ano de 2005 foi o equipamento Fabrima C, que será foco do estudo de disponibilidade e análise de confiabilidade. Devido à similaridade entre os equipamentos da linha de produção o estudo aqui descrito pode e deve ser estendidos aos demais equipamentos da linha buscando uma diminuição global dos tempos de paradas e ganho de produtividade.

Na Figura 11 apresenta-se a distribuição mensal de horas de paradas por atividade de manutenção do equipamento em estudo.

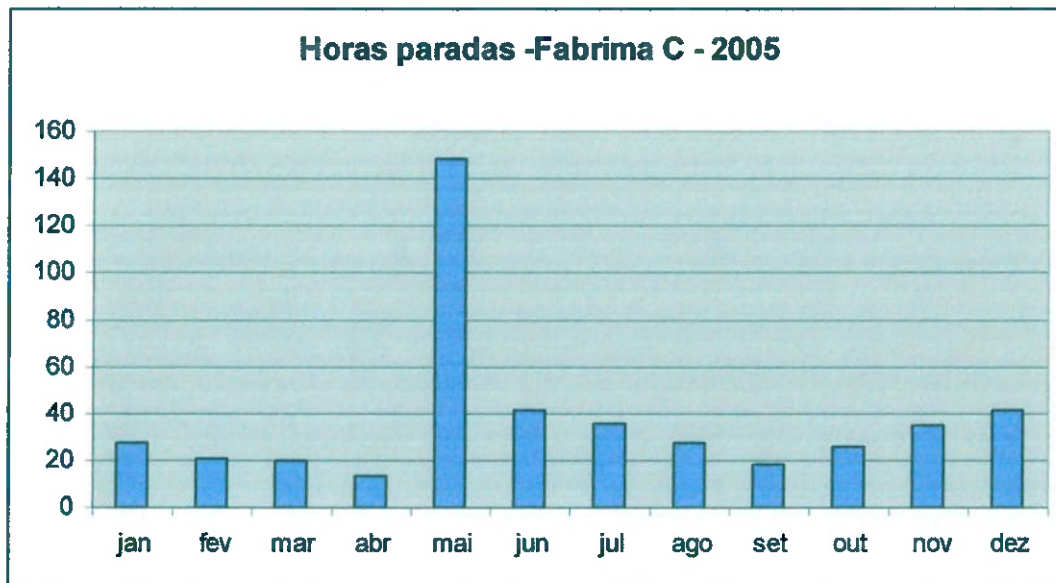


Figura 11-Horas de Manutenção Fabrima C - Ano de 2005

Comentários: No mês de Maio houve um aumento considerável no número de horas de manutenção devido a queima do PLC de controle do equipamento.

Após levantamento acima foi efetuado o estudo de disponibilidade do equipamento e encontrado os seguintes resultados:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{1,126}{1,126 + 0,14}$$

$$\text{Disponibilidade} = 88,9\%$$

Ou seja, para este equipamento no ano de 2005 obtivemos uma disponibilidade média de 88,9 % e uma indisponibilidade de 11,1%.

3.3 Descrição da Operação do Equipamento

Para entender-se melhor o equipamento e efetuar-se o levantamento da curva de confiabilidade do equipamento o mesmo foi dividido em subitens de acordo com sua funcionalidade.

O processo é simples do ponto de vista funcional. A máquina já alimentada com um rolo de plástico fecha o fundo dos sacos através de seu mordente aquecido, o alimentador promove a entrada de material na quantidade necessária para obter o peso final do produto no saco já soldado e finalmente o mordente já aquecido promove a solda do material plástico fechando a embalagem e cortando os sacos já montados da acordo com a Figura 12.



Figura 12- Ensacadeira

3.3.1 Descrição dos subsistemas

Será feita uma breve explanação de cada um dos subsistemas e em seguida uma avaliação de suas horas de manutenção a fim de se definir qual deles deve ser o alvo de um plano de melhoria.

Os sub-sistemas básicos da máquina são:

Válvula rotativa



Figura13 -Válvula Rotativa

Sua função é manter constante o nível do alimentador de tal forma que não falte nem ultrapasse sua capacidade, o que provocaria uma pressão positiva sobre o alimentador e conseqüentemente uma dosagem inadequada do produto (variação de peso). (Conforme Figura 13 – Válvula Rotativa)

Alimentador



Figura 14-Alimentador

O alimentador é composto por um servo motor e uma rosca dosadora. Sua função é, quando acionado, girar a rosca dosadora em um número de vezes que corresponde ao peso do material a ser ensacado dentro de um tempo pré-estabelecido. Seu controle é feito pelo PLC (Conforme Figura 14 – Alimentador).

Embalagem



Figura 15- Embalagem

Sua função é formar o saco plástico onde será depositado o material, suas aberturas verticais e horizontais são soldadas por uma resistência vertical e pelos mordentes que são aquecidos. (Conforme Figura 15 – Embalagem)

Datador



Figura 16 -Datador

A função do datador é a de imprimir na embalagem o código de barras do produto (Conforme Figura 16 – Datador)

PLC



Figura 17- PLC

Sua função é a de controlar as interfaces do sistema. Ele controla o tempo de recuo da embalagem, a quantidade de voltas do servo motor, o nível de produto no alimentador e a esteira que retira o material pronto da ensacadeira liberando a máquina para outro saco de produto (Conforme Figura 17 – PLC).

Ensacadeira



Figura18- Ensacadeira -

A função da ensacadeira é a de, através da rotação de um eixo, executar diversos movimentos devido aos excêntricos fixados ao eixo. Este eixo é responsável pelo movimento de recepção do saco. É na ensacadeira que ficam os mordentes, responsáveis por soldar e cortar os sacos (Conforme Figura 18 – Ensacadeira).

3.4 Levantamento de Dados

Levantaram-se as horas de parada para manutenção em cada um dos subsistemas a fim de se verificar qual ou quais deles mereceriam maior atenção. Estes dados estão descritos nas tabelas 8 a 13 do presente texto:

Tabela 8-Dados de Falha da Válvula Rotativa

Válvula Rotativa		Tipo de manutenção	Hora em manutenção	Data
válvula rotativa	MATERIAL PARANDO DE CAIR INTERMITENTE	CO	1,4	04/06/2005
válvula rotativa	verificar falha de comando da valvula rotativa	CO	0,8	20/06/2005
válvula rotativa	Transbordamento de material no silo	CO	1,5	23/06/2005
válvula rotativa	Válvula rotativa com vazamento	CO	6,0	01/07/2005
válvula rotativa	verificar valvula rotativa , não esta ligando	CO	1,1	06/07/2005
válvula rotativa	ROSCA DOSADORA TRAVANDO NA TAMPA	CO	1,3	01/08/2005
válvula rotativa	FOI FEITO LIMPEZA NA VALVULA	CO	0,8	03/08/2005
válvula rotativa	Verificar valvula	CO	1,1	05/08/2005
válvula rotativa	válvula rotativa travada	CO	0,8	05/08/2005
válvula rotativa	Verificar esticador quebrado	CO	0,8	19/08/2005
válvula rotativa	Trocar tampa cônica	CO	12,8	20/08/2005
válvula rotativa	verificar valvula rotativa da ensacadeira , não esta ligando	CO	1,5	02/09/2005
válvula rotativa	Destruar válvula rotativa	CO	1,4	02/09/2005
válvula rotativa	Verificar travamento de rosca	CO	0,5	02/09/2005
válvula rotativa	Verificar quebra de parafuso da caçamba	CO	0,3	15/09/2005
válvula rotativa	Destruar válvula rotativa	CO	0,8	28/10/2005
válvula rotativa	Voltar moega p/ensacadeira	CP	11,6	30/10/2005
Total:			44,2	9,65%

Tabela 9-Dados de Falha do Alimentador

Alimentador	Tipo de manutenção	Hora em manutenção	Data	
alimentador	Confeccionar chapa para aumentar a altura da cacamba	CO	1,7	17/01/2005
alimentador	Válvula rotativa travada	CO	0,8	04/02/2005
alimentador	Não enche silo da rosca dosadora	CO	0,4	12/02/2005
alimentador	Falha no controle de nível	CO	0,8	21/02/2005
alimentador	Ajuste na correia de arraste e dosador	CO	1,1	26/02/2005
alimentador	Tampa travada	CO	1,1	11/03/2005
alimentador	Rosca travada	CO	0,0	17/03/2005
alimentador	verificar rosca dosadora , não esta funcionando	CO	6,0	05/05/2005
alimentador	EN não funciona	CO	3,4	09/05/2005
alimentador	verificar maquina , não esta funcionando dosagem	CO	2,3	09/05/2005
alimentador	ABERTURA DEFICIENTE DA CORREIA DE ARRASTE	CP	11,3	10/05/2005
alimentador	verificar maquina , falhando dosador	CO	3,0	12/05/2005
alimentador	TAMPA CONICA VAZANDO	CP	4,5	13/05/2005
alimentador	ROSCA DOSADORA NÃO GIRA	CO	0,6	13/05/2005
alimentador	verificar ensacadeira , esta dosando direto	CO	3,4	14/05/2005
alimentador	balança com peso alterado	CO	0,8	17/05/2005
alimentador	verificar maquina que esta com variação de peso	CO	0,8	18/05/2005
alimentador	SUPORTE DE ACIONAMENTO DO CICLO QUEBROU	CO	5,3	19/05/2005
alimentador	verificar valvula pneumatica do silo de envase da maq. 05	CO	1,5	19/05/2005
alimentador	Verificar módulo do inversor/substituir	CO	12,8	24/05/2005
alimentador	EN não dosa	CO	3,0	24/05/2005
alimentador	FALHA NA DOSAGEM	CO	1,7	24/05/2005
alimentador	VERIFICAR TAMPA DOSADORA	CP	1,5	24/05/2005
alimentador	NÃO DOSA	CO	1,1	24/05/2005
alimentador	ACOMPANHANDO FUNCIONAMENTO DE MAQUINA	CO	0,8	24/05/2005
alimentador	Verificar funcionamento da balança de peso/reprogramar	CP	0,8	25/05/2005
alimentador	VERIFICAR TUBO DO FECHO	CO	0,8	25/05/2005
alimentador	verificar ensacadeira , que esta com variação de peso	CO	1,1	31/05/2005
alimentador	verificar ensacadeira , com variação de peso	CO	0,0	31/05/2005
alimentador	verificar ensacadeira falhando no controle de peso	CO	6,0	03/06/2005
alimentador	DEFEITO NA TAMPA CONICA	CO	0,4	10/06/2005
alimentador	CONCLUIR A MONTAGEM	CO	2,3	15/06/2005
alimentador	BALANCA CHECK PL 05 NÃO ESTA PESANDO	CO	1,5	15/06/2005
alimentador	ROSCA DOSADORA NÃO DOSA	CO	0,8	15/06/2005
alimentador	DESALINHAMENTO	CO	0,4	15/06/2005
alimentador	Verificar rosca dosadora	CO	16,5	05/07/2005
alimentador	verificar valvula rotativa , não esta funcionando	CO	0,4	06/07/2005
alimentador	balança com peso alterado	CO	0,8	07/07/2005
alimentador	quebra	CO	5,6	11/07/2005
alimentador	trocar acoplamento mecanico do servo motor	CP	3,0	11/07/2005
alimentador	QUEBRA DO MANCAL	CO	3,8	18/07/2005
alimentador	Montar mancal e zerar máquina mecanicamente e eletrica	CP	2,3	18/07/2005
alimentador	verificar rosca dosadora da ensacad. , não esta	CO	0,8	13/09/2005
alimentador	verificar e regular ensacadeira nova	CO	1,5	30/09/2005
alimentador	Verificar desalinhamento	CO	0,0	04/10/2005
alimentador	Verificar rosca dosadora	CO	1,7	14/10/2005
alimentador	Não desloca	CO	0,0	25/10/2005
alimentador	EN não dosa	CO	1,5	26/10/2005
alimentador	Válvula rotativa com vazamento	CO	6,0	01/12/2005
alimentador	Verificar rosca dosadora	CO	16,5	05/12/2005
alimentador	verificar valvula rotativa , não esta ligando	CO	1,1	06/12/2005
alimentador	verificar valvula rotativa , não esta funcionando	CO	0,4	06/12/2005
alimentador	quebra	CO	5,6	11/12/2005
Total:			150,5175	32,86%

Tabela 10-Dados de Falha da Embalagem

Embalagem		Tipo de manutenção	Hora em manutenção	Data
embalagem	Flexível da cx. de alimentação rasgado	CP	3,0	07/04/2005
embalagem	DESGASTE	CO	1,5	25/05/2005
embalagem	TRAVADA	CO	0,1	07/06/2005
embalagem	Verificar quebra do mancal	CO	3,0	06/10/2005
embalagem	QUEBRA DO MANCAL	CO	3,8	18/12/2005
Total:			11,3	2,48%

Tabela 11 -Dados de Falha do Datador

Datador		Tipo de manutenção	Hora em manutenção	Data
Datador	Ajuste no datador	CO	1,0	04/01/2005
Datador	Excesso de tinta no cabeçote do datador	CO	0,0	04/01/2005
Datador	Efetuar limpeza no bico do datador	CO	0,2	05/01/2005
Datador	Verificar falha na impressão	CO	0,2	06/01/2005
Datador	Limpar cabeçote	CO	0,1	12/01/2005
Datador	Verificar alarme de alta tensão	CO	0,8	03/02/2005
Datador	Relógio com uma hora de atraso	CP	0,1	21/02/2005
Datador	Fotocélula falhando	CO	0,4	23/02/2005
Datador	Alarme de alta tensão	CO	0,8	24/02/2005
Datador	Não está datando	CO	0,0	02/03/2005
Datador	Datador falhando a impressão	CO	0,0	12/03/2005
Datador	Verificar alarme no datador	CO	0,8	28/04/2005
Datador	Revisão da embreagem, fotocélula e ajuste do ponto da	CP	18,3	28/05/2005
Datador	VERIFICAR CABEÇOTE DO DATADOR	CO	0,8	03/06/2005
Datador	VERIFICAR DATADOR	CO	0,8	03/06/2005
Datador	DATADOR COM FALHAS DE IMPRESSÃO	CO	0,8	20/06/2005
Datador	Falha de impressão	CO	0,4	27/06/2005
Datador	fazer manutenção e retirar bloqueio	CO	1,5	15/07/2005
Datador	Data ilegível	CO	0,8	21/07/2005
Datador	Alarme de alta tensão no datador	CO	1,1	05/08/2005
Datador	verificar datador da ensacadeira , não esta funcionando	CO	0,8	05/08/2005
Datador	Verificar dotador	CO	0,8	05/08/2005
Datador	Impressão falhada	CO	0,8	06/08/2005
Datador	EFETUAR LIMPEZA NO CABEÇOTE E ACOMPANHAR	CO	0,8	16/08/2005
Datador	verificar datador da ensacadeira	CO	4,5	26/08/2005
Datador	trocar cartucho de solvente do datador da ensacadeira	CO	0,8	30/08/2005
Datador	verificar datador da ensacadeira nova , não consta	CO	0,8	04/10/2005
Datador	regular foto célula da ensacadeira	CO	0,8	08/10/2005
Datador	regular foto célula do corte do filme	CO	0,8	18/10/2005
Datador	verificar foto célula do corte do filme	CO	0,8	18/10/2005
Datador	Verificar falha de impressão	CO	0,5	31/10/2005
Datador	Verificar datador	CO	0,8	04/11/2005
Datador	Verificar paramÊtros	CO	0,8	07/11/2005
Datador	fazer manutenção e retirar bloqueio	CO	1,5	15/12/2005
Datador	Data ilegível	CO	0,8	21/12/2005
Total:			44,0	9,60%

Tabela 12 -Dados de Falha do PLC

PLC		Tipo de manutenção	Hora em manutenção	Data
PLC	Ajustar controlador Weg	CO	0,0	13/01/2005
PLC	Substituir oscilador	CP	1,5	25/01/2005
PLC	Retirar sensor para testes	CO	0,4	25/01/2005
PLC	Máquina não funciona corretamente	CO	1,6	22/02/2005
PLC	Engrenagem do check SPL danificada	CO	1,5	16/03/2005
PLC	corrente da TC balança estourada	CO	0,8	05/04/2005
PLC	BALANÇA NÃO PESA	CO	0,5	06/04/2005
PLC	INSTALAR BOTÃO DE EMERGÊNCIA	CP	3,0	07/04/2005
PLC	verificar ensacadeira não esta ligando	CO	0,8	25/04/2005
PLC	Balança não funciona	CO	1,0	27/04/2005
PLC	GIVA COM MAU CONTATO	CO	3,0	05/05/2005
PLC	módulo giva com defeito	CO	8,3	12/05/2005
PLC	EN não funciona sem o giva	CP	2,3	12/05/2005
PLC	verificar programador giva , com falha na dosagem	CO	3,0	13/05/2005
PLC	Rosca dosadora não liga/aciona sem ligar chave de	CP	2,6	13/05/2005
PLC	trocar eprom do progamador giva da ensacadeira	CO	1,1	16/05/2005
PLC	cortando saco fora de posição	CO	0,8	17/05/2005
PLC	verificar botão de emergencia , não esta funcionando	CO	0,8	18/05/2005
PLC	FINALIZAR INSTALAÇÃO DO SERVOCONVENSOR	CO	2,3	24/05/2005
PLC	quebra	CO	0,8	27/05/2005
PLC	Religar modulo GIVA /Verificar sistema de embreagem	CO	5,4	31/05/2005
PLC	Parando fora do ciclo	CO	1,5	24/06/2005
PLC	Instalar módulo SCA que veio de conserto	CO	3,8	14/07/2005
PLC	CHECK TEST DESCALIBRADO	CO	1,5	14/07/2005
PLC	maquina fora de ponto	CO	1,3	21/07/2005
PLC	Mesa não aciona	CO	0,4	09/08/2005
PLC	Verificar mesa basculante	CO	0,4	09/08/2005
PLC	reprogramar balança	CO	1,1	06/09/2005
PLC	verificar check- wey da ensacadeira	CO	0,8	06/09/2005
PLC	Acompanhar partida após mudança	CO	3,0	19/09/2005
PLC	verificar máquina , não esta corrigindo o corte da embalag.	CO	2,3	05/10/2005
PLC	Travando mesa sobe desce da caçamba	CO	3,3	13/10/2005
PLC	Verificar En	CO	3,0	26/10/2005
PLC	Regular ponto da máquina	CO	2,3	27/10/2005
PLC	Foi trocado as engrenagens	CP	1,1	01/11/2005
PLC	Fixar check weigher	CP	4,5	05/11/2005
PLC	balança com peso alterado	CO	0,8	7/12/2005
PLC	trocar acoplamento mecanico do servo motor	CP	3,0	11/12/2005
PLC	Instalar módulo SCA que veio de conserto	CO	3,8	14/12/2005
PLC	CHECK TEST DESCALIBRADO	CO	1,5	14/12/2005
PLC	Montar mancal e zerar máquina mecanicamente e eletrica	CP	2,3	18/12/2005
PLC	maquina fora de ponto	CO	1,3	21/12/2005
Total:			83,9	18,32%

Tabela 13-Dados de Falha Na Ensacadeira

Ensacadeira	Tipo de manutenção	de	Hora em manutenção	Data
Ensacadeira	Trocar teflon	CO	2,9	17/01/2005
Ensacadeira	Verificar correia de arraste	CO	1,5	18/01/2005
Ensacadeira	Abrindo solda horizontal	CO	0,8	19/01/2005
Ensacadeira	Sujeira na mordaca	CO	0,8	31/01/2005
Ensacadeira	Fazer teste de resistência	CO	0,8	20/01/2005
Ensacadeira	Limpeza do mordente e troca da faca	CO	3,0	04/02/2005
Ensacadeira	Colocar máquina no ponto	CO	1,5	21/02/2005
Ensacadeira	Faca presa	CP	0,8	25/02/2005
Ensacadeira	Troca do terminal da mordaca	CO	0,5	16/02/2005
Ensacadeira	Máquina falhando no comando de abertura	CO	0,4	14/02/2005
Ensacadeira	corrente da esteira caindo.	CO	1,1	18/03/2005
Ensacadeira	Solda horizontal não aquece	CO	0,9	17/03/2005
Ensacadeira	Faca travada	CP	0,8	24/03/2005
Ensacadeira	Verificar dosagem sujando o saco	CO	0,8	24/03/2005
Ensacadeira	Freio patinando	CP	0,8	19/03/2005
Ensacadeira	modificação	CP	10,5	30/04/2005
Ensacadeira	faca presa	CP	0,8	14/04/2005
Ensacadeira	Faca não corta	CO	0,6	08/04/2005
Ensacadeira	faca travada	CO	0,5	25/04/2005
Ensacadeira	CORTANDO SACO DE VARIOS TAMANHOS	CO	6,0	28/05/2005
Ensacadeira	verificar ensacadeira, esta falhando no corte do filme	CO	3,8	27/05/2005
Ensacadeira	CORTANDO SACOS – TAMANHOS DIFERENTES	CO	3,0	26/05/2005
Ensacadeira	Rosca espanada	CP	3,0	31/05/2005
Ensacadeira	RUIDO ANORMAL	CP	1,1	20/05/2005
Ensacadeira	correia de arraste não funciona	CO	1,1	05/05/2005
Ensacadeira	verificar ensacadeira, não esta dosando	CO	0,9	24/05/2005
Ensacadeira	NÃO AQUECE SOLDA HORIZONTAL DIANTEIRA	CO	0,6	06/05/2005
Ensacadeira	FACA NÃO CORTA	CO	0,3	06/05/2005
Ensacadeira	EN - desalinhada a correia de arraste	CO	0,1	23/05/2005
Ensacadeira	O CILINDRO ENTORTOU E GERAVA QUEDA DA	CO	3,0	15/06/2005
Ensacadeira	SOLDA VERTICAL NÃO AQUECE	CP	0,8	15/06/2005
Ensacadeira	CORREIA DE ARASTE NÃO FUNCIONA	CO	0,8	14/06/2005
Ensacadeira	SUJANDO NO PONTO DA SOLDA AO DOSAR	CO	0,8	02/06/2005
Ensacadeira	Vazamento de material	CP	0,4	24/06/2005
Ensacadeira	Varição de peso, estourando na mordaca	CO	9,0	01/07/2005
Ensacadeira	TROCAR SUPORTE DA CORREIA DE ARRASTE	CP	7,9	16/07/2005
Ensacadeira	verificar ensacadeira, que esta rasgando o filme	CO	0,8	22/07/2005
Ensacadeira	Verificar as correias de arraste	CO	0,8	01/07/2005
Ensacadeira	alinhar correia de arraste	CO	0,5	25/07/2005
Ensacadeira	Verificar correio de arraste	CO	0,6	05/08/2005
Ensacadeira	FEITO ALINHAMENTO DA CORREIA DE ARASTE	CO	0,4	03/08/2005
Ensacadeira	FOI FEITO ALINHAMENTO NO MORDENTE	CO	0,4	02/08/2005
Ensacadeira	Esticar corrente e montar proteção	CP	1,5	19/09/2005
Ensacadeira	Verificar freio patinando	CO	0,8	05/09/2005
Ensacadeira	verificar ensacadeira, não esta funcionando	CO	6,0	06/10/2005
Ensacadeira	Verificar resfriamento	CP	5,3	26/10/2005
Ensacadeira	verif. ensacadeira, não esta cortando embalag.	CO	4,5	07/10/2005
Ensacadeira	Verificar resfriamento de mordente horizontal	CO	3,0	25/10/2005
Ensacadeira	Recuperar mordente	CO	2,0	29/10/2005
Ensacadeira	verificar ensacadeira	CO	0,8	27/10/2005
Ensacadeira	verificar correia de arraste	CO	0,8	27/10/2005
Ensacadeira	Verificar faca	CO	0,8	25/10/2005
Ensacadeira	verif. ensacadeira, não esta cortando embalag.	CO	0,8	10/10/2005
Ensacadeira	Verificar freio	CP	0,5	11/10/2005
Ensacadeira	Varição de peso, estourando na mordaca	CO	9,0	01/12/2005
Ensacadeira	TROCAR SUPORTE DA CORREIA DE ARRASTE	CP	7,9	16/12/2005
Ensacadeira	verificar ensacadeira, que esta rasgando o filme	CO	0,8	22/12/2005
Ensacadeira	Verificar as correias de arraste	CO	0,8	01/12/2005
Ensacadeira	alinhar correia de arraste	CO	0,5	25/12/2005
Total:			120,7	26,35%

3.5 Levantamento do Diagrama de Pareto

A seguir com o objetivo de maximizar a disponibilidade da máquina foi feito um levantamento de todas as falhas funcionais que ocorreram como o equipamento no ano de 2005 , Tabela 14, e constatado a seguinte distribuição porcentual:

Tabela 14-Distribuição de falhas por subsistema

Alimentador	32,9%
Ensacadeira	26,6%
PLC	18,4%
Válvula rot.	9,8%
Datador	9,7%
Embalagem	2,6%

Sendo a mesma representada na forma de um diagrama de Pareto, indicado na Figura 19.

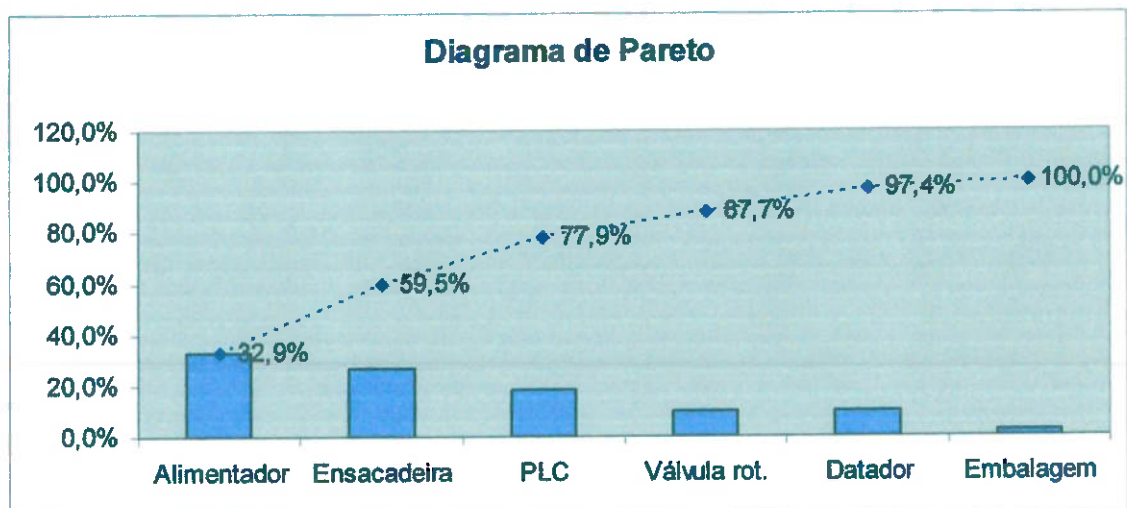


Figura 19- Porcentagem de Falhas por Subsistemas

Como pode-se observar cerca de 60% dos problemas ocorrem em cerca de 2 (33 %) itens que compõe o sistema, ou seja se técnicas de manutenção mais modernas forem aplicadas nestes 2 sistemas estar-se-á buscando eliminar cerca de 60 % das falhas que ocorreram nos equipamentos.

O estudo acima permite focar este estudo de caso nos 2 subsistemas abaixo:

Alimentador;

Ensacadeira.

3.6 Ensacadeira

A seguir levantou-se o percentual de falhas que ocorrem por componente, dentro do subsistema ensacadeira, e se chegou a seguinte distribuição porcentual:

Tabela 15- Distribuição de falhas por componente ensacadeira

Mordente	46,4%
Rosca dosagem	16,6%
outros	14,6%
Puxador	20,4%
Elétrico	0,3%
freio	1,7%

Sendo a distribuição representada na forma de um diagrama de Pareto, indicado na Figura 20.

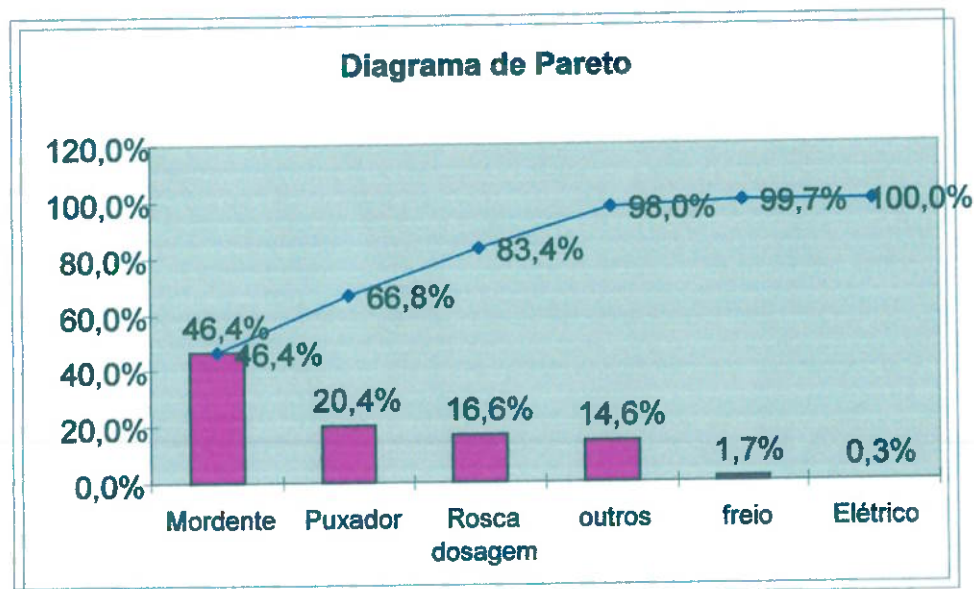


Figura 20 - Porcentagem de Falhas por Componente -Ensacadeira

Como pode-se observar 46,4% das falhas ocorrem em apenas um componente de todo o sub-sistema que é o mordente e que será foco do estudo da ensacadeira.

3.7 Alimentador

A seguir levantou-se o percentual de falhas que ocorrem por componente, dentro do subsistema alimentador, e se chegou a seguinte distribuição porcentuada:

Em função do número de horas paradas por componente dentro do número total de horas paradas causadas pelo subsistema.

Tabela 16-Distribuição de falhas por componente alimentador

Conjunto Dosador	68,73%
outros	16,94%
Válvula rotativa	9,98%
Silo	2,24%
Corpo	1,12%
balança	1,00%

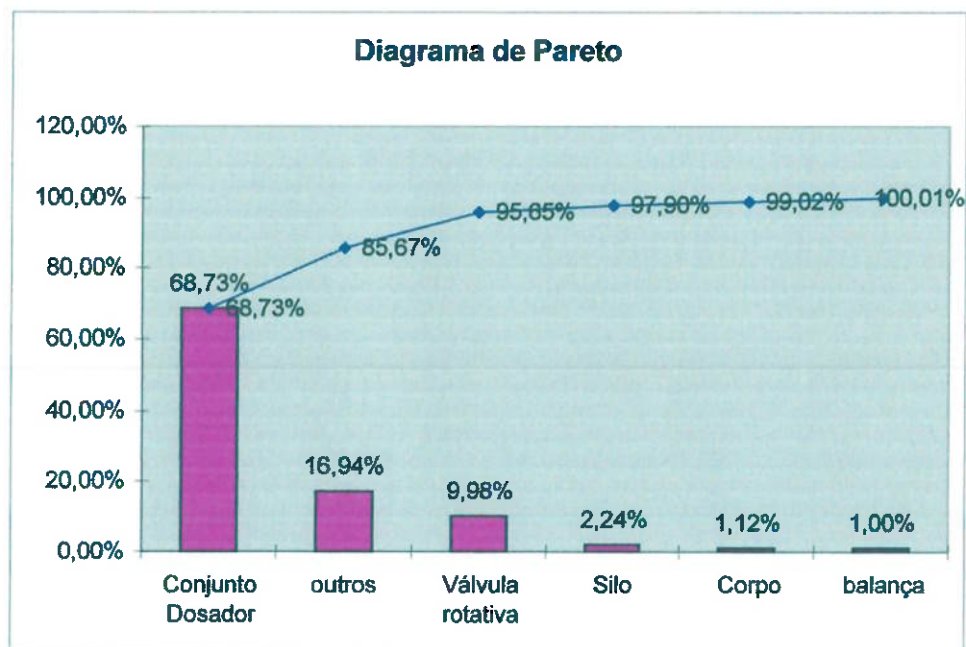


Figura 21 -Porcentagem de Falhas por Componente - Alimentador

Como pode-se observar 68,7 % das falhas ocorrem em apenas um componente de todo o sub-sistema que é o conjunto dosador e que será foco do estudo do alimentador.

3.8 Resultados das análise de Pareto

Através das análises de Pareto anteriores nos sub-sistemas da ensacadeira e do alimentador pode-se perceber que os grandes responsáveis pela elevada taxa de falha dos sub-sistemas são dois de seus componentes, mordentes no caso da ensacadeira que corresponde a 46% da sua taxa de falhas e conjunto dosador no caso do alimentador que corresponde a 68% da sua taxa de falhas, e indicam-se como principais focos de estudo de manutenção deste trabalho.

A seguir será levantado a curva de confiabilidade atual de cada sub-sistema para efeito de comparação com a curva de confiabilidade final encontrada.

Neste levantamento estar-se-á analisando os sub-sistemas da ensacadeira e do alimentador (foco deste trabalho), o que induz a uma confiabilidade máxima, ou seja confiabilidade igual a 100% dos outros sub-sistemas.

Após esta análise será aplicado a análise de FMEA e confiabilidade nestes componentes, procurando se identificar a melhor forma e periodicidade de manutenção a ser aplicada, objetivando eliminar estas falhas e levar este índice próximo a 0%.

Uma das técnicas (Souza, 2004) utilizadas para se eliminar o problema é a implementação de manutenção preventiva que é a pratica de manutenção realizada em antecipação à falha e que consiste de inspeções, testes e substituições periódicas de componentes, pode-se optar também pela manutenção preventiva baseada na condição de parâmetro onde existe uma inspeção programada do componente e são medidos fisicamente parâmetros de interesse antes de se executar uma substituição do componente , pode-se também com a aplicação da análise de FMEA se concluir que a melhor técnica a ser aplicada no equipamento é a manutenção preditiva (Souza,2004) que é uma prática onde a decisão de realizar a

intervenção é baseada na condição do parâmetro de interesse. Assim, sua execução consiste na realização de medições, periódicas ou contínuas, de certas características funcionais dos equipamentos, para avaliar seu desempenho em função de tais parâmetros, determinando o momento da intervenção e portanto parada para manutenção.

3.9 Curvas de confiabilidade atual do equipamento

A distribuição de Weibull é caracterizada por três parâmetros , como já visto anteriormente, ou seja para o cálculo da confiabilidade precisaremos definir estes parâmetros. Conforme descrito no capítulo 2 o método dos gráficos é uma método bastante eficiente para a definição destes parâmetros e usar-se-á este método neste trabalho.

A confiabilidade é variável de acordo com o período estipulado para o funcionamento do equipamento, para efeito de comparação com a confiabilidade final foi calculada a confiabilidade inicial do equipamento considerando-se que a confiabilidade para ambos os casos foi calculada para um período de 1 ano, ou seja 365 dias.

Levantamento de valores pelos métodos dos gráficos – Ensacadeira

Tabela 17-Taxa de Falha Ensacadeira

Ensacadeira	Manutenção	Data	Ensacadeira	F(t)
			Dias até a falha	
Trocar teflon	2,9	17/01/2005	16	0,02
Verificar correia de arraste	1,5	18/01/2005	17	0,03
Abrindo solda horizontal	0,8	19/01/2005	18	0,05
Fazer teste de resistência	0,8	20/01/2005	19	0,07
Sujeira na mordaca	0,8	31/01/2005	30	0,08
Limpeza do mordente e troca da faca	3,0	04/02/2005	34	0,10
Máquina falhando no comando de abertura	0,4	14/02/2005	44	0,12
Troca do terminal da mordaca	0,5	16/02/2005	46	0,13
Colocar máquina no ponto	1,5	21/02/2005	51	0,15
Faca presa	0,8	25/02/2005	55	0,17
Solda horizontal não aquece	0,9	17/03/2005	75	0,18
corrente da esteira caindo.	1,1	18/03/2005	76	0,20
Freio patinando	0,8	19/03/2005	77	0,22
Faca travada	0,8	24/03/2005	82	0,23
Verificar dosagem sujando o saco	0,8	24/03/2005	82	0,25
Faca não corta	0,6	08/04/2005	97	0,27
faca presa	0,8	14/04/2005	103	0,28
faca travada	0,5	25/04/2005	114	0,30
modificação	10,5	30/04/2005	119	0,32
correia de arraste não funciona	1,1	05/05/2005	124	0,33
NÃO AQUECE SOLDA HORIZONTAL DIANTEIRA	0,6	06/05/2005	125	0,35
FACA NÃO CORTA	0,3	06/05/2005	125	0,37
RUIDO ANORMAL	1,1	20/05/2005	139	0,38
EN - desalinhada a correia de arraste	0,1	23/05/2005	142	0,40
verificar ensacadeira , não esta dosando	0,9	24/05/2005	143	0,42
CORTANDO SACOS EM TAMANHOS DIFERENTES	3,0	26/05/2005	145	0,43
verificar ensacadeira , esta falhando no corte do filme	3,8	27/05/2005	146	0,45
CORTANDO SACO DE VARIOS TAMANHOS	6,0	28/05/2005	147	0,47
Rosca espanada	3,0	31/05/2005	150	0,48
SUJANDO NO PONTO DA SOLDA AO DOSAR	0,8	02/06/2005	152	0,50
CORREIA DE ARASTE NÃO FUNCIONA	0,8	14/06/2005	164	0,52
O CILINDRO ENTORTOU E GERAVA QUEDA DA	3,0	15/06/2005	165	0,53
SOLDA VERTICAL NÃO AQUECE	0,8	15/06/2005	165	0,55
Vazamento de material	0,4	24/06/2005	174	0,57
Variação de peso, estourando na mordaca	9,0	01/07/2005	181	0,58
Verificar as correias de arraste	0,8	01/07/2005	181	0,60
SUBSTITUIR SUPORTE DA CORREIA DE ARRASTE	7,9	16/07/2005	196	0,62
verificar ensacadeira , que esta rasgando o filme	0,8	22/07/2005	202	0,63
alinhar correia de arraste	0,5	25/07/2005	205	0,65
FOI FEITO ALINHAMENTO NO MORDENTE	0,4	02/08/2005	213	0,67
FEITO ALINHAMENTO DA CORREIA DE ARASTE E	0,4	03/08/2005	214	0,68
Verificar correio de arraste	0,6	05/08/2005	216	0,70
Verificar freio patinando	0,8	05/09/2005	247	0,72
Esticar corrente e montar proteção	1,5	19/09/2005	261	0,73
verificar ensacadeira , não esta funcionando	6,0	06/10/2005	278	0,75
verif. ensacadeira , não esta cortando embalag.	4,5	07/10/2005	279	0,77
verif. ensacadeira , não esta cortando embalag.	0,8	10/10/2005	282	0,78
Verificar freio	0,5	11/10/2005	283	0,80
Verificar resfriamento de mordente horizontal	3,0	25/10/2005	297	0,82
Verificar faca	0,8	25/10/2005	297	0,83
Verificar resfriamento	5,3	26/10/2005	298	0,85
verificar ensacadeira	0,8	27/10/2005	299	0,87
verificar correia de arraste	0,8	27/10/2005	299	0,88
Recuperar mordente	2,0	29/10/2005	301	0,90
Variação de peso, estourando na mordaca	9,0	1/12/2005	334	0,92
Verificar as correias de arraste	0,8	1/12/2005	334	0,93
SUBSTITUIR SUPORTE DA CORREIA DE ARRASTE	7,9	16/12/2005	349	0,95
verificar ensacadeira , que esta rasgando o filme	0,8	22/12/2005	355	0,97
alinhar correia de arraste	0,5	25/12/2005	358	0,98

Devido a quantidade dados obtida na taxa de falhas e a dificuldade de se plotar todos estes dados no papel de Weibull foi feito uma tabela considerando-se um conjunto de valores, em

vez dos valores individuais, para se diminuir o número de dados a serem plotados. Segundo Netto (2004) para se fazer uma aproximação estatística é necessário primeiramente se determinar a amplitude dos dados que é determinada a partir do menor e maior valor de dados coletados e se calcular a amplitude (R) através da fórmula.:

$$R = (\text{maior valor}) - (\text{menor valor}) \quad (15)$$

Determina-se então o intervalo entre as classes que se deseja plotar, dividindo-se a amplitude total dos dados em intervalos iguais, normalmente de entre 5 e 20 classes, aplicou-se 10 intervalos no exercício, conforme pode-se verificar na tabela 18.

Calcula-se o ponto médio de cada classe sendo :

$$\text{Ponto médio} = (\text{valor limite inferior da faixa} + \text{valor limite superior da faixa}) / 2 \quad (16)$$

Resulta-se então em:

$$R = 0,983 - 0,017 = 0,97$$

Divisão por classes: $0,97/10$ (intervalos) = 0,097 primeira classe é de 0 à 0,097

Ponto médio igual a : $0,097 + 0/2 = 0,05$

E assim sucessivamente.

Tabela 18- Taxa de Falhas -Ensacadeira - Após Aproximação estatística

Dias até a falha	F(t) médio
20	0,05
50,8	0,15
86,1	0,24
124,3	0,34
145,5	0,44
164	0,53
194,6	0,63
249,6	0,73
292	0,82
332,0	0,92

3.10 Levantamento de Valores para Composição de Equação de Confiabilidade da Ensacadeira

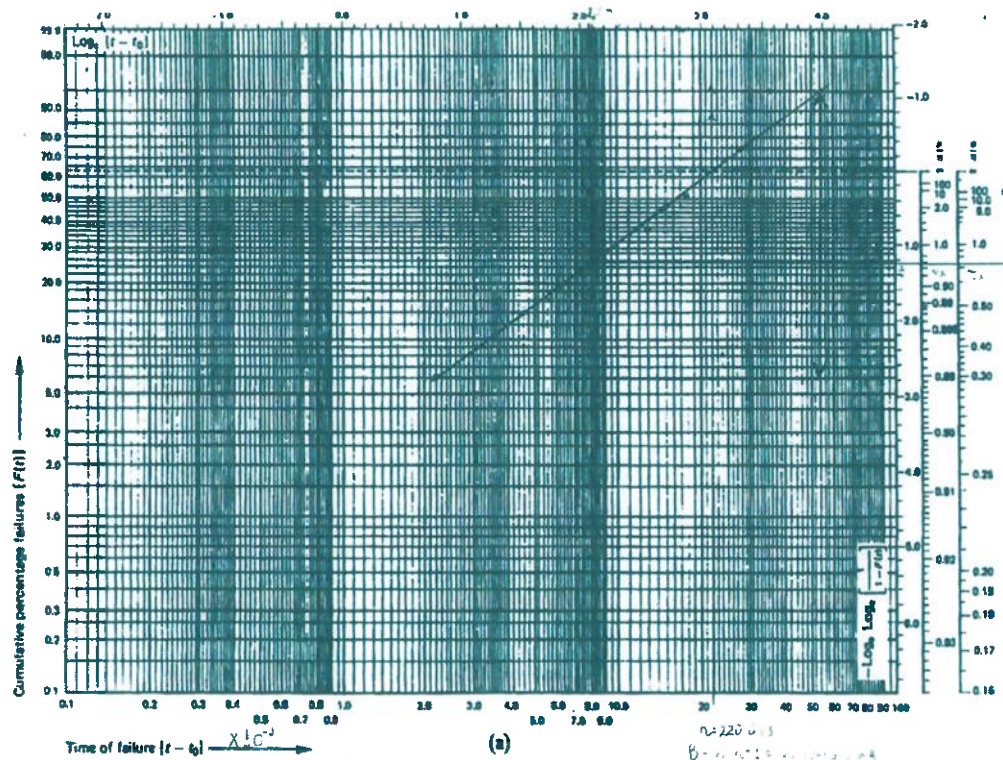


Figura 22- método dos gráficos- Ensacadeira

$$R(t) = e^{[-(365-2,2/220)^{1,1}]}$$

$$\frac{(\hat{m}_x - t_0)}{\eta} = 0,96$$

então

$$\hat{m}_x = 209 \text{ dias}$$

$$\frac{\hat{\sigma}_x}{\eta} = 0,71$$

então

$$\hat{\sigma}_x = 156,2 \text{ dias}$$

Como constata-se no gráfico plotado a curva da distribuição da taxa de falhas pelo período em que ocorreu e praticamente uma reta o que leva a concluir que a curva é uma distribuição de Weibull.

O valor de β é obtido conforme procedimento apresentado no capítulo anterior sendo seu valor lido na escala posicionada lado direito de gráfico que neste caso é igual a 1,1, os valores de média e desvio padrão podem ser definidos pela leitura do gráfico da figura 22 localizados nas escala auxiliares localizadas a direita do papel de Weibull, as quais indicam relações entre a média e o parâmetro η e entre o desvio padrão e este mesmo parâmetro.

Com esta análise conclui-se que a confiabilidade atual do sistema pode ser definida pela equação

$$R(t) = e^{-[(t-2,2/220)^{1,1}]}$$

Sendo que a vida média do sub-sistema é de 209 dias e o desvio padrão é de 156 dias. O expoente de distribuição é 1,1, ou seja superior a 1 e nesta situação a distribuição de Weibull está indicando um processo que tem uma taxa de falhas crescente no tempo, ou seja, o mecanismo de falha dominante é do tipo cumulativo.

Para cálculo da atual confiabilidade do equipamento, adota-se um período de funcionamento do equipamento de 30 dias, ou seja, $t = 30$ dias, o que resulta em uma confiabilidade de 0,90.

3.8 Levantamento de valores pelos métodos dos gráficos – Alimentador

Tabela 19 - Taxa de Falha Alimentador

Alimentador	Hora em manutenção	Data	Dias até a falha	F(t)
Confeccionar chapa para aumentar a altura da caçamba	1,7	17/01/2005	16	0,02
Válvula rotativa travada	0,8	04/02/2005	34	0,04
Não enche silo da rosca dosadora	0,4	12/02/2005	42	0,06
Falha no controle de nível	0,8	21/02/2005	51	0,07
Ajuste na correia de arraste e dosador	1,1	26/02/2005	56	0,09
Tampa travada	1,1	11/03/2005	69	0,11
Rosca travada	0,0	17/03/2005	75	0,13
verificar rosca dosadora , não esta funcionando	6,0	05/05/2005	124	0,15
EN não funciona	3,4	09/05/2005	128	0,17
verificar maquina , não esta funcionando dosagem	2,3	09/05/2005	128	0,19
ABERTURA DEFICIENTE DA CORREIA DE ARRASTE	11,3	10/05/2005	129	0,20
verificar maquina , falhando dosador	3,0	12/05/2005	131	0,22
TAMPA CONICA VAZANDO	4,5	13/05/2005	132	0,24
ROSCA DOSADORA NÃO GIRA	0,6	13/05/2005	132	0,26
verificar ensacadeira , esta dosando direto	3,4	14/05/2005	133	0,28
balança com peso alterado	0,8	17/05/2005	136	0,30
verificar maquina que esta com variação de peso	0,8	18/05/2005	137	0,31
SUPORTE DE ACIONAMENTO DO CICLO QUEBROU	5,3	19/05/2005	138	0,33
verificar valvula pneumatica do silo de envase da maq. 05	1,5	19/05/2005	138	0,35
Verificar módulo do inversor/substituir	12,8	24/05/2005	143	0,37
EN não dosa	3,0	24/05/2005	143	0,39
FALHA NA DOSAGEM	1,7	24/05/2005	143	0,41
VERIFICAR TAMPA DOSADORA	1,5	24/05/2005	143	0,43
NÃO DOSA	1,1	24/05/2005	143	0,44
ACOMPANHANDO FUNCIONAMENTO DE MAQUINA	0,8	24/05/2005	143	0,46
Verificar funcionamento da balança de peso/reprogramar	0,8	25/05/2005	144	0,48
VERIFICAR TUBO DO FECHO	0,8	25/05/2005	144	0,50
verificar ensacadeira , que esta com variação de peso	1,1	31/05/2005	150	0,52
verificar ensacadeira , com variação de peso	0,0	31/05/2005	150	0,54
verificar ensacadeira falhando no controle de peso	6,0	03/06/2005	153	0,56
DEFEITO NA TAMPA CONICA	0,4	10/06/2005	160	0,57
CONCLUIR A MONTAGEM	2,3	15/06/2005	165	0,59
BALANÇA CHECK PL 05 NÃO ESTA PESANDO	1,5	15/06/2005	165	0,61
ROSCA DOSADORA NÃO DOSA	0,8	15/06/2005	165	0,63
DESALINHAMENTO	0,4	15/06/2005	165	0,65
Verificar rosca dosadora	16,5	05/07/2005	185	0,67
verificar valvula rotativa , não esta funcionando	0,4	06/07/2005	186	0,69
balança com peso alterado	0,8	07/07/2005	187	0,70
quebra	5,6	11/07/2005	191	0,72
trocar acoplamento mecanico do servo motor	3,0	11/07/2005	191	0,74
QUEBRA DO MANCAL	3,8	18/07/2005	198	0,76
Montar mancal e zerar máquina mecanicamente e eletrica	2,3	18/07/2005	198	0,78
verificar rosca dosadora da ensacad. , não esta	0,8	13/09/2005	255	0,80
verificar e regular ensacadeira nova	1,5	30/09/2005	272	0,81
Verificar desalinhamento	0,0	04/10/2005	276	0,83
Verificar rosca dosadora	1,7	14/10/2005	286	0,85
Não desloca	0,0	25/10/2005	297	0,87
EN não dosa	1,5	26/10/2005	298	0,89
Válvula rotativa com vazamento	6,0	1/12/2005	334	0,91
Verificar rosca dosadora	16,5	5/12/2005	338	0,93
verificar valvula rotativa , não esta ligando	1,1	6/12/2005	339	0,94
verificar valvula rotativa , não esta funcionando	0,4	6/12/2005	339	0,96
quebra	5,6	11/12/2005	344	0,98

Devido a quantidade dados obtida na taxa de falhas e a dificuldade de se plotar todos estes dados no papel de Weibull foi feito uma tabela considerando-se um conjunto de valores, em

vez dos valores individuais, para se diminuir o número de dados a serem plotados. Segundo Netto (2004) para se fazer uma aproximação estatística é necessário primeiramente se determinar a amplitude dos dados que é determinada a partir do menor e maior valor de dados coletados e se calcular a amplitude (R) através da Formula. 15.

Determina-se então o intervalos entre as classe que se deseja plotar, dividindo-se a amplitude total dos dados em intervalos iguais, normalmente de entre 5 e 20 classes, aplicou-se 7 intervalos nesta parte do exercício, conforme pode-se verificar na tabela 20.

Calcula-se o ponto médio de cada classe para se plotar na tabela 20.

Resulta-se então em:

$$R = 0,97 - 0,03 = 0,94$$

Tabela 20- Taxa de Falhas -Alimentador - Após Aproximação estatística

Dias até a falha	F(t) médio
72,25	0,07
131,20	0,20
137,25	0,34
143,40	0,47
154,50	0,61
183,80	0,74
270,17	0,87

3.12 Levantamento de Valores para Composição de Equação de Confiabilidade do Alimentador

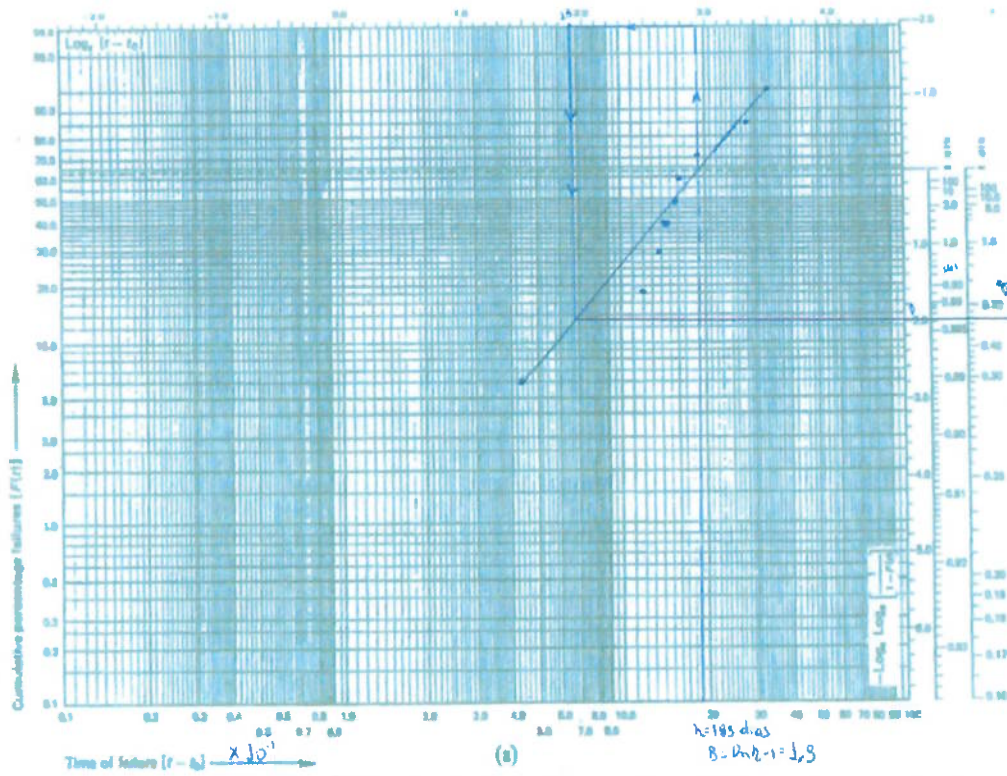


Figura 23- método dos gráficos- Alimentador

$$R(t) = e^{[-(365-4,4/189)t^{1,9}]}$$

$$\frac{(\hat{m}_x - t_0)}{\eta} = 0,886$$

então

$$\hat{m}_x = 171 \text{ dias}$$

$$\frac{\hat{\sigma}_x}{\eta} = 0,46$$

então

$$\hat{\sigma}_x = 86,9 \text{ dias}$$

Como constata-se no gráfico plotado a curva da distribuição da taxa de falhas pelo período em que ocorreu e praticamente uma reta o que leva a concluir que a curva é uma distribuição de Weibull.

O valor de β é obtido conforme procedimento apresentado no capítulo anterior sendo seu valor lido na escala posicionada lado direito de gráfico que neste caso é igual a 1,9, os valores de média e desvio padrão podem ser definidos pela leitura do gráfico da figura 23 localizados nas escala auxiliares localizadas a direita do papel de Weibull, as quais indicam relações entre a média e o parâmetro η e entre o desvio padrão e este mesmo parâmetro.

Com esta análise conclui-se que a confiabilidade atual do sistema pode ser definida pela equação

$$R(t) = e^{[-(t-4,4/189)^{1,9}]}$$

Sendo que a vida média do sub-sistema é de 171 dias e o desvio padrão é de 86,9 dias. O expoente de distribuição é 1,9, ou seja superior a 1 e nesta situação a distribuição de Weibull está indicando um processo que tem uma taxa de falhas crescente no tempo, ou seja, o mecanismo de falha dominante é do tipo cumulativo.

Para cálculo da atual confiabilidade do equipamento adota-se um período de funcionamento do equipamento de 30 dias, ou seja, $t = 30$ dias, o que resulta em uma confiabilidade de 0,97.

3.13 Diagrama de Blocos

Segundo Souza (2004) cada uma das partes de um sistema passará a ser formalmente denotada pelo termo componente. Na análise de confiabilidade dos sistemas, é útil a abordagem de diagramas de blocos para representá-lo. Neste diagrama procura-se representar a seqüência de processamento de informações do sistema através de um arranjo de componentes, indicados por blocos, os quais são considerados unidades autônomas. O Diagrama de Blocos representa a modelagem do fluxo de informações do sistema, apresentando uma entrada e uma seqüência de processamento, com as etapas sendo executadas por cada bloco, até a obtenção da informação final. A partir de cada bloco é possível definir a confiabilidade de um sistema. Aplica-se no caso do exercício em análise a confiabilidade para sistemas com componentes em série devido ao fato que se um dos subsistema falhar ocorrerá uma falha generalizada então:



Figura 24- Sistema com Componentes em Série

3.13.1 Confiabilidade do sistema

Conforme visto acima os dois subsistemas que causam 60% das falhas que são o alimentador e a ensacadeira.

Considerando o período de 30 dias e que a confiabilidade dos demais sistemas seja máxima, isto é 100%, e sabendo que temos uma conformação em série entre os subsistemas geramos a seguinte relação:

$$R_{\text{sist.}(30)} = R_{\text{siló}} \times R_{\text{vál}} \times R_{\text{alim}} \times R_{\text{esan}} \times R_{\text{est}} \times R_{\text{PLC}} \times R_{\text{datado}} \times R_{\text{emb}}$$

$$R_{\text{sist.}(30)} = 1,0 \times 1,0 \times 0,97 \times 0,90 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0$$

$$R_{\text{sist.}(30)} = 0,87$$

Verifica-se que devido a definição de foco do trabalho, obtida nas análises de Pareto, considerou-se apenas a ensacadeira e o alimentador como subsistemas mais representativos, devido a incidência na taxa de falha global do equipamento em análise, portanto considerou-se confiabilidade máxima para o restante dos subsistemas.

A representação segundo o modelo de blocos exposto é muito útil para a compreensão do funcionamento do sistema e da relação entre seus sub-sistemas, bem como a confiabilidade do sistema, mas não permite definir o efeito da ocorrência de uma falha sobre a operação do sistema, o qual pode operar mesmo com a degradação de sua situação ideal. Uma análise de qualquer sistema apenas pela inspeção de seu diagrama de blocos resulta, por isso, incompleta.

Aplica-se então, objetivando-se diminuir o índice de indisponibilidade do equipamento e melhorar a confiabilidade, a análise FMEA que é um método de análise de confiabilidade mais amplamente utilizada e de maior eficácia em uso atualmente, focada nestes dois subsistemas, que conforme constatado anteriormente são os dois principais subsistemas responsáveis pelas falhas do equipamento.

Tabela 21-Análise do Tipo FMEA da Ensacadeira

FMEA		FMEA - Análise do Modo e do Efeito de Falhas										Folha _____ de _____						
Revisão de Projeto : Ensacadeira Fabríma																		
Cliente/Ref.		Aplicação:			Área envolvidas -Manutenção					Data elaboração 05/06/2005								
Item	Tag	Função do componente no processo	Falhas possíveis			Controle atual	Atual				Ação corretiva	Responsabilidade	Check se já executada	Resultado após ação				
			Modo	Efeito	Causa		Sev.	Det.	Prob	Risc.				Sev.	Det.	Ris	Prob	
Mordentes		Sobier e cortar o plástico para fabricação dos seqüinhos	Não fecha os mordentes	Não solda	Quebra do eixo acionador dos mordentes	nenhum	10	2	3	60								
			está frio	Não solda .	Erro na regulação da temperatura de solda ou controlador de temperatura descalibrado	nenhum	10	7	6	420	Aterir os controladores de temperatura do mordente a cada 3 meses e estabelecer uma temperatura padrão de solda do plástico.	Manutenção						
			Mordentes desalinhados	não solda em toda extensão .	Queda de material entre os mordentes devido ao uso.	nenhum	10	8	8	640	Desenvolver um procedimento operacional de como alinhar os mordentes e treinar o operador para proceder este alinhamento.	Manutenção/ operação						
			Faca gasta	não corta os seqüinhos	Desgaste da faca pelo uso .	nenhum	10	4	6	240	Desenvolver um procedimento operacional de checagem de faca	Manutenção /Operação						
			Faca não entra	não corta os seqüinhos	Perda de material , poluição e sujeira do local	nenhum	10	2	2	40								
		mordentes estão sujos	não solda em toda extensão .	Perda de material , poluição e sujeira do local	nenhum	10	7	9	630	Desenvolver um procedimento operacional de como limpar os mordentes e treinar o operador para fazer esta limpeza toda semana..	Manutenção/ operação							

Severidade	Probabilidade de ocorrência	Deteção	Risco = Sev/Prob*Det
Apenas perceptível =1	Improvável =1	Alta =1	Baixo =1 a 135
Pouca importância =2 a 3	Muito pequena =2 a 3	Moderada =2 a 3	Médio =135 a 800
Moderadamente Grave =4 a 6	Moderada =4 a 6	Pequena =4 a 6	Alto =801 a 1000
Grave =7 a 8	Alta =7 a 8	Muito Pequena =7 a 8	
Extremamente Grave =9 a 10	Altamente =9 a 10	Improvável =9 a 10	

Na análise de FMEA estudou-se apenas os itens que possuíam um médio e alto grau de risco para sintetizar o estudo. Na seqüência foi calculada a periodicidade da aplicação das medidas definidas pelo FMEA de acordo com o levantamento da curva de confiabilidade do componente Mordente pelo método dos gráficos conforme visto no capítulo 2 e o levantamento do plano de manutenção preventiva baseado nas análises de FMEA e da curva de confiabilidade deste componente.

Tabela 22-Análise tipo FMEA Alimentador

FMEA		FMEA - Análise do Modo e do Efeito de Falhas										Folha 1 de 2							
Cliente/Ref.		Aplicação:				Área envolvidas -Manutenção				Data elaboração 05/09/2006									
Item	Tag	Função do componente no processo	Falhas possíveis			Controle atual	Atual				Ação corretiva Recomendação	Respon- sabilidade	Check se já executada	Resultado após ação					
			Modo	Efeito	Causa		Sev.	Det.	Prob.	Risc.				Sev.	Det.	Ris.	Prob.		
Cj Dosador		Doer quantidade de produto no seqüinho	Desgaste rosca	dose errado	abrio entre eixo helicoidal , material e tubo de transporte	nenhum	10	7	9	630	Mantem em reserva um conjunto de rosca para substituição e medir mensalmente o desgaste da rosca , assim que desgaste ultrapassar 2 mm substituir rosca.	Manutenção							
			Desgaste rosca	varia peso	abrio entre eixo helicoidal , material e tubo de transporte	nenhum	10	7	9	630	Mantem em reserva um conjunto de rosca para substituição e medir mensalmente o desgaste da rosca , assim que desgaste ultrapassar 2 mm substituir rosca.	Manutenção							
			Desgaste rosca	falta material	abrio entre eixo helicoidal , material e tubo de transporte	nenhum	10	7	9	630	Mantem em reserva um conjunto de rosca para substituição e medir mensalmente o desgaste da rosca , assim que desgaste ultrapassar 2 mm substituir rosca.	Manutenção							
			Dalença com peso errado	varia peso	Desgaste de rosca	nenhum	10	7	9	630	Mantem em reserva um conjunto de rosca para substituição e medir mensalmente o desgaste da rosca , assim que desgaste ultrapassar 2 mm substituir rosca.	Manutenção							
		Doer quantidade de produto no seqüinho	Acoplame ntal falha dentificado	Não dose	Máquina não opera	nenhum	10	6	2	120	Mantem em reserva um conjunto de rosca para substituição e medir mensalmente o desgaste da rosca , assim que desgaste ultrapassar 2 mm substituir rosca.	Manutenção							

FMEA		FMEA - Análise do Modo e do Efeito de Falhas										Folha 2 de 2						
Cliente/Ref.		Aplicação:				Área envolvidas -Manutenção				Data elaboração 05/09/2006								
Item	Tag	Função do componente no processo	Falhas possíveis			Controle atual	Atual				Ação corretiva Recomendação	Respon- sabilidade	Check se já executada	Resultado após ação				
			Modo	Efeito	Causa		Sev.	Det.	Prob.	Risc.				Sev.	Det.	Ris.	Prob.	
Cj Dosador		Liberar produto	Quebra tempo cônica	dose errado	Parafuso que prende dispositivo se solta devido a vibração	nenhum	10	4	4	160	Mantem em reserva uma tempo cônica para substituição.	Operação						
			Quebra tempo cônica	dose errado	Quebra de tempo cônica	nenhum	10	2	2	40	Mantem em reserva uma tempo cônica para substituição.	Manutenção						

Severidade	Probabilidade de ocorrência	Deteção	Risco = SevXProxDet
Apenas perceptível =1	Improvável =1	Alta =1	Baixo =1 a 135
Pouca importância =2 a 3	Muito pequena =2 a 3	Moderada =2 a 3	Médio =135 a 600
Moderadamente Grave =4 a 6	Moderada =4 a 6	Pequena =4 a 6	Alto =601 a 1000
Grave =7 a 8	Alta =7 a 8	Muito Pequena =7 a 8	
Extremamente Grave =9 a 10	Alarmante =9 a 10	Improvável =9 a 10	

Na análise de FMEA estudou-se apenas os itens que possuíam um médio e alto grau de risco para sintetizar o estudo. Na seqüência foi calculada a periodicidade da aplicação das medidas definidas pelo FMEA de acordo com o levantamento da curva de confiabilidade do componente Conjunto dosador pelo método dos gráficos conforme visto no capítulo 2 e o levantamento do plano de manutenção preventiva baseado nas análises de FMEA e da curva de confiabilidade deste componente.

3.14 Levantamento de Dados dos Componentes Mordente e Conjunto Dosador

Tabela 23- Levantamento de Dados Mordentes

Ensacadeira	manutenção	1/1/2005	Dias até a falha	F(t)	
Mordente	Trocar teflon	2,9	17/01/2005	16	0,03
Mordente	Abrindo solda horizontal	0,8	19/01/2005	18	0,06
Mordente	Fazer teste de resistência	0,8	20/01/2005	19	0,10
Mordente	Sujeira na mordça	0,8	31/01/2005	30	0,13
Mordente	Limpeza do mordente e troca da faca	3,0	04/02/2005	34	0,16
Mordente	Troca do terminal da mordça	0,5	16/02/2005	46	0,19
Mordente	Faca presa	0,8	25/02/2005	55	0,23
Mordente	Solda horizontal não aquece	0,9	17/03/2005	75	0,26
Mordente	Faca travada	0,8	24/03/2005	82	0,29
Mordente	Verificar dosagem sujando o saco	0,8	24/03/2005	82	0,32
Mordente	Faca não corta	0,6	08/04/2005	97	0,35
Mordente	faca presa	0,8	14/04/2005	103	0,39
Mordente	faca travada	0,5	25/04/2005	114	0,42
Mordente	NÃO AQUECE SOLDA HORIZONTAL	0,6	06/05/2005	125	0,45
Mordente	FACA NÃO CORTA	0,3	06/05/2005	125	0,48
Mordente	CORTANDO SACO DE VARIOS TAMANHOS	6,0	28/05/2005	147	0,52
Mordente	SUJANDO NO PONTO DA SOLDA AO DOSAR	0,8	02/06/2005	152	0,55
Mordente	SOLDA VERTICAL NÃO AQUECE	0,8	15/06/2005	165	0,58
Mordente	verificar ensacadeira , que esta rasgando o filme	0,8	22/07/2005	202	0,61
Mordente	FOI FEITO ALINHAMENTO NO MORDENTE	0,4	02/08/2005	213	0,65
Mordente	verificar ensacadeira , não esta funcionando	6,0	06/10/2005	278	0,68
Mordente	verif. ensacadeira , não esta cortando embalag.	4,5	07/10/2005	279	0,71
Mordente	verif. ensacadeira , não esta cortando embalag.	0,8	10/10/2005	282	0,74
Mordente	Verificar resfriamento de mordente horizontal	3,0	25/10/2005	297	0,77
Mordente	Verificar faca	0,8	25/10/2005	297	0,81
Mordente	Verificar resfriamento	5,3	26/10/2005	298	0,84
Mordente	verificar ensacadeira	0,8	27/10/2005	299	0,87
Mordente	Recuperar mordente	2,0	29/10/2005	301	0,90
Mordente	Varição de peso, estourando na mordça	9,0	1/12/2005	334	0,94
Mordente	verificar ensacadeira , que esta rasgando o filme	0,8	22/12/2005	355	0,97

Tabela 24- Levantamento de Dados Conjunto Dosador

Alimentador	Horas em Manutenção	1/1/2005	Dias até a falha	F(t)	
Conjunto Dosador	Válvula rotativa travada	0,8	04/02/2005	34	0,03
Conjunto Dosador	Ajuste na correia de arraste e dosador	1,1	26/02/2005	56	0,06
Conjunto Dosador	Rosca travada	0,0	17/03/2005	75	0,09
Conjunto Dosador	verificar rosca dosadora , não esta	6,0	05/05/2005	124	0,12
Conjunto Dosador	verificar maquina , não esta funcionando	2,3	09/05/2005	128	0,15
Conjunto Dosador	verificar maquina , falhando dosador	3,0	12/05/2005	131	0,18
Conjunto Dosador	TAMPA CONICA VAZANDO	4,5	13/05/2005	132	0,21
Conjunto Dosador	ROSCA DOSADORA NÃO GIRA	0,6	13/05/2005	132	0,24
Conjunto Dosador	verificar ensacadeira , esta dosando direto	3,4	14/05/2005	133	0,26
Conjunto Dosador	balança com peso alterado	0,8	17/05/2005	136	0,29
Conjunto Dosador	verificar maquina que esta com variação de	0,8	18/05/2005	137	0,32
Conjunto Dosador	SUPORTE DE ACIONAMENTO DO CICLO	5,3	19/05/2005	138	0,35
Conjunto Dosador	verificar valvula pneumatica do silo de	1,5	19/05/2005	138	0,38
Conjunto Dosador	EN não dosa	3,0	24/05/2005	143	0,41
Conjunto Dosador	FALHA NA DOSAGEM	1,7	24/05/2005	143	0,44
Conjunto Dosador	VERIFICAR TAMPA DOSADORA	1,5	24/05/2005	143	0,47
Conjunto Dosador	Verificar funcionamento da balança de	0,8	25/05/2005	144	0,50
Conjunto Dosador	VERIFICAR TUBO DO FECHO	0,8	25/05/2005	144	0,53
Conjunto Dosador	verificar ensacadeira , que esta com variação	1,1	31/05/2005	150	0,56
Conjunto Dosador	verificar ensacadeira , com variação de peso	0,0	31/05/2005	150	0,59
Conjunto Dosador	verificar ensacadeira falhando no controle	6,0	03/06/2005	153	0,62
Conjunto Dosador	BALANÇA CHECK PL 05 NÃO ESTA	1,5	15/06/2005	165	0,65
Conjunto Dosador	ROSCA DOSADORA NÃO DOSA	0,8	15/06/2005	165	0,68
Conjunto Dosador	Verificar rosca dosadora	16,5	05/07/2005	185	0,71
Conjunto Dosador	balança com peso alterado	0,8	07/07/2005	187	0,74
Conjunto Dosador	quebra	5,6	11/07/2005	191	0,76
Conjunto Dosador	trocar acoplamento mecanico do servo motor	3,0	11/07/2005	191	0,79
Conjunto Dosador	QUEBRA DO MANCAL	3,8	18/07/2005	198	0,82
Conjunto Dosador	verificar rosca dosadora da ensacad. , não	0,8	13/09/2005	255	0,85
Conjunto Dosador	verificar e regular ensacadeira nova	1,5	30/09/2005	272	0,88
Conjunto Dosador	Verificar desalinhamento	0,0	04/10/2005	276	0,91
Conjunto Dosador	Verificar rosca dosadora	1,7	14/10/2005	286	0,94
Conjunto Dosador	Válvula rotativa com vazamento	6,0	1/12/2005	334	0,97

3.15 Mordentes

Aplicando-se os métodos de aproximação estatística já descritos anteriormente se chega a seguinte tabela de dados para serem plotados nos papéis de Weibull:

Tabela 25-Taxa de falhas Mordentes

Mordentes	
Dias até a falha	F(t)
27,17	0,11
82,33	0,31
138,00	0,50
258,50	0,69
314,00	0,89

Levantamento de Valores para Composição de Equação de Confiabilidade do Mordente

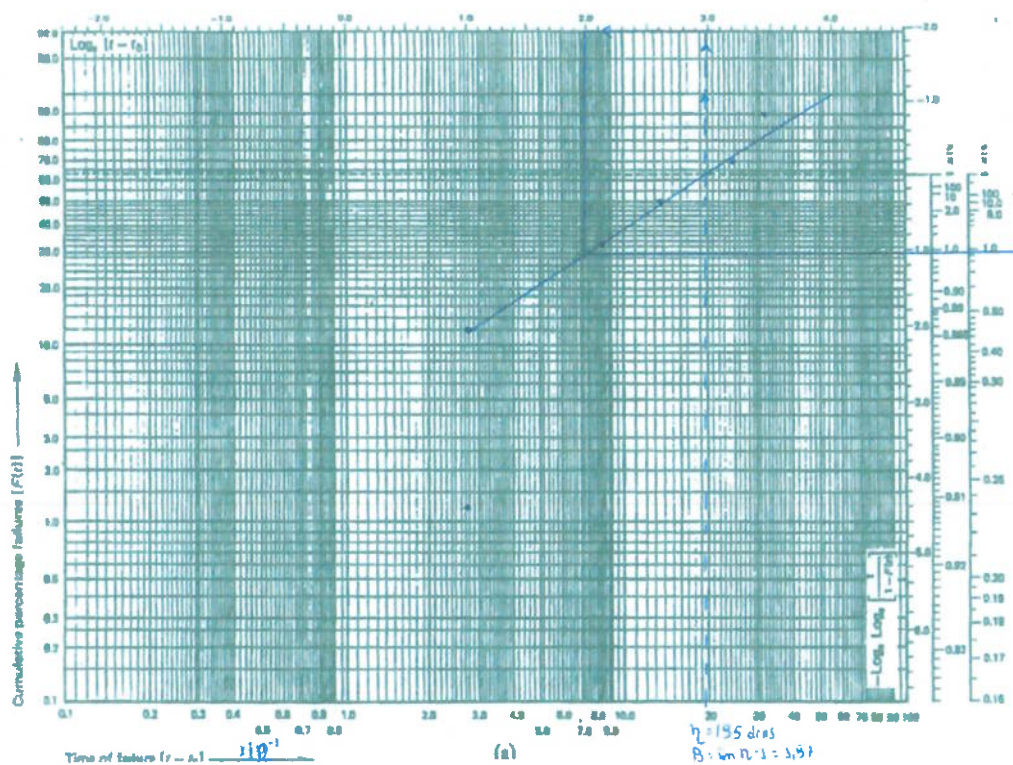


Figura 25- método dos gráficos- Mordentes

$$R(t) = e^{[-(365-2,7/195)^{1,02}]}$$

$$\frac{(\hat{m}_x - t_0)}{\eta} = 0,99 \quad \text{então} \quad \hat{m}_x = 195,75 \text{ dias}$$

$$\frac{\hat{\sigma}_x}{\eta} = 0,95 \quad \text{então} \quad \hat{\sigma}_x = 185,25 \text{ dias}$$

Como constata-se no gráfico plotado a curva da distribuição da taxa de falhas pelo período em que ocorreu e praticamente uma reta o que leva a concluir que a curva é uma distribuição de Weibull.

O valor de β é obtido conforme procedimento apresentado no capítulo anterior sendo seu valor lido na escala posicionada lado direito de gráfico que neste caso é igual a 1, os valores de média e desvio padrão podem ser definidos pela leitura do gráfico da Figura 25 localizados nas escala auxiliares localizadas a direita do papel de Weibull, as quais indicam relações entre a média e o parâmetro η e entre o desvio padrão e este mesmo parâmetro.

Com esta análise conclui-se que a confiabilidade atual do sistema pode ser definida pela equação

$$R(t) = e^{[-(t-2,7/195)^{1,02}]}$$

Sendo que a vida média do sub-sistema é de 195 dias e o desvio padrão é de 185,2 dias. O expoente de distribuição é 1,02 ou seja muito próximo a 1 e nesta situação a distribuição de Weibull está indicando um processo que tem uma taxa de falhas constante tempo .

Para cálculo da periodicidade de manutenção , que foi o objetivo deste levantamento é adotado uma confiabilidade de 99% para o componente o que resulta em uma $R(t)=0,99$, então:

$$0,99 = e^{[-(t-2,7/195)^{1,02}]}$$

$$\ln 0,99 = \ln e^{[-(t-2,7/195)^{1,02}]}$$

$$T = 4,8 \text{ dias}$$

Obtendo-se como tempo limite para se efetuar a manutenção identificada na análise de FMEA um tempo igual a 4,8 dias até se efetuar a manutenção deste componente.

3.16 Conjunto dosador

Tabela 26- Taxa de falhas conjunto dosador

Conjunto dosador	
Dias até a falha	F(t)
83,40	0,09
132,80	0,24
139,80	0,38
146,20	0,53
171,00	0,68
221,40	0,82
298,67	0,94

Levantamento de Valores para Composição de Equação de Confiabilidade do Conjunto Dosador

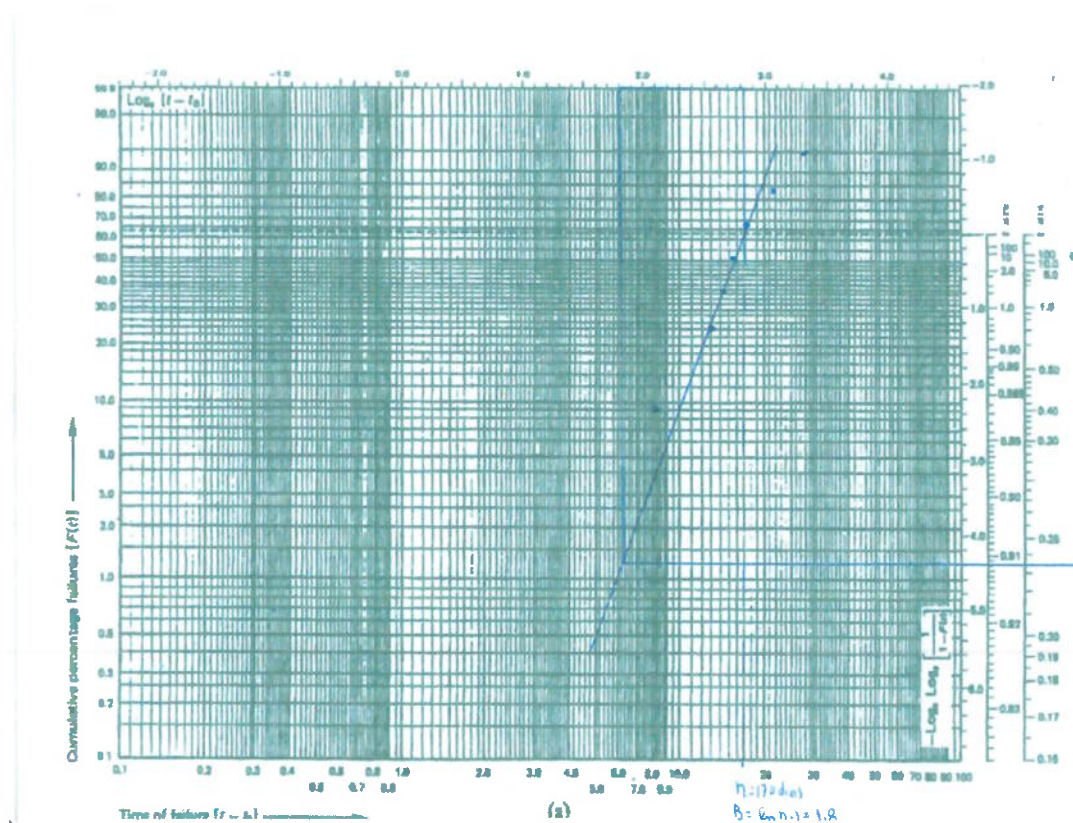


Figura 26- método dos gráficos- Conjunto Dosador

$$R(t) = e^{[-(365-8,3/170)^{4,4}]}$$

$$\frac{(\hat{m}_x - t_0)}{\eta} = 0,912 \quad \text{então} \quad \hat{m}_x = 163,3 \text{ dias}$$

$$\frac{\hat{\sigma}_x}{\eta} = 0,26 \quad \text{então} \quad \hat{\sigma}_x = 45 \text{ dias}$$

Como constata-se no gráfico plotado a curva da distribuição da taxa de falhas pelo período em que ocorreu e praticamente uma reta o que leva a concluir que a curva é uma distribuição de Weibull.

O valor de β é obtido conforme procedimento apresentado no capítulo anterior sendo seu valor lido na escala posicionada lado direito de gráfico que neste caso é igual a 4, os valores de média e desvio padrão podem ser definidos pela leitura do gráfico da Figura 26 localizados nas escala auxiliares localizadas a direita do papel de Weibull, as quais indicam relações entre a média e o parâmetro η e entre o desvio padrão e este mesmo parâmetro.

Com esta análise conclui-se que a confiabilidade atual do sistema pode ser definida pela equação

$$R(t) = e^{[-(t-8,3/170)^{4,4}]}$$

Sendo que a vida média do subsistema é de 163,3 dias e o desvio padrão é de 45 dias. O expoente de distribuição é 4,4 ou seja superior a 1 e nesta situação a distribuição de Weibull está indicando um processo que tem uma taxa de falhas crescente no tempo, ou seja, o mecanismo de falha dominante é do tipo cumulativo.

Para cálculo da periodicidade de manutenção, que foi o objetivo deste levantamento é adotado uma confiabilidade de 99% para o componente o que resulta em uma $R(t)=0,99$, então:

$$0,99 = e^{[-(t-8,3/170)^{4,4}]}$$

$$\ln 0,99 = \ln e^{[-(t-8,3/170)^{4,4}]}$$

$$\mathbf{T = 68 \text{ dias}}$$

Obtendo-se como tempo limite para se efetuar a manutenção identificada na análise de FMEA um tempo igual a 68 dias até se efetuar a manutenção deste componente.

4-Medidas Adotadas

4.1 Novo Plano de Manutenção

A partir da análise de FMEA e da análise da curva da confiabilidade dos componentes e foi proposto um novo plano de manutenção preventiva contemplando os seguintes aspectos:

- Mordentes - Calibração da temperatura dos mordentes, a ser realizado pela equipe da manutenção com periodicidade de 90 dias conforme se levantou na análise de FMEA.
- Mordentes - Realização do seguinte procedimento operacional para alinhamento dos mordentes e inspeção da faca a cada 5 dias conforme se levantou na análise da curva de confiabilidade do sistema descrito na tabela 19, sendo que atividade será realizada pela operação..
- Conjunto Dosador – Substituição do conjunto do tubo dosador, incluindo rosca dosadora, cone, tampa e fecho e o tubo de fechamento, após se constatar desgaste, a cada 68 dias conforme se definiu no levantamento da curva de confiabilidade do componente, atividade será realizada pela manutenção periodicamente sendo que se precisa de um provisionamento de material a cada 68 dias .
- Conjunto Dosador – Reaperto diário do parafuso que prende a tampa cônica, atividade será realizada pela operação durante “set up” do equipamento
- Conjunto Dosador - Provisionamento de um conjunto de tampa cônica para substituição a cada 68 dias se necessário, atividade será realizada pela manutenção após inspeção do equipamento.

Tabela 27- Procedimento Operacional Mordentes (folha1/2)

<p>1) resultados esperados da atividade</p> <p>Treinar os operadores do cliente na verificação e eventual limpeza dos mordentes de barra aquecida das ensacadeiras Fabrima</p>
<p>2) preparação e materiais necessários</p> <p>EPI's : Capacete , Óculos de Segurança , Protetor Auricular , Máscara para pó.</p> <p>Ferramentas : Chave allen 4mm , lixa fina , alicate e bucha de nylon.</p>
<p>3) atividades críticas</p> <p>Limpeza dos mordentes</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 – Ligar a máquina para aquecimento dos mordentes e facilitar a retirada do plástico. 2 – Deixar aberto o braço da solda vertical. 3 – Fechar os mordentes horizontais. 4 – Desligar a chave geral da máquina. 5 – Soltar o parafuso de fixação da espuma. <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin: 10px 0;">   </div> <ol style="list-style-type: none"> 6 – Religar a chave geral da máquina 7 – Abrir os mordentes horizontais. 8 – Retirar o suporte da espuma. 9 – Desligar a chave geral da máquina 10 – Verificar o estado da faca , avançando manualmente o eixo de acionamento para visualizar a faca . <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">Alicate</div> </div>

Tabela 27 -Procedimento Operacional Mordentes (folha 2/2)

- 11- Soltar o parafuso do suporte da faca
- 12- Retirar a faca com um alicate" bomba de água "
- 13 -Limpar o mordente , se eles não forem teflonados , com uma serra usada passando nos fresados dos mordentes (Se os mordentes forem teflonados limpar os mesmos com uma bucha de nylon)
- 14 - Passar ar comprimido nos mordentes que foram limpos.
- 15 - Limpar com uma lixa os fresados dos mordentes (se forem teflonados usar somente a bucha de nylon)
- 16 - Passar ar comprimido nos mordentes que foram lixados ou limpos.
- 17 - Utilizar uma escova de aço , se os mordentes não forem teflonados , para limpar os fresados dos mordentes.



- 18 -Recolocar a faca atentando para a posição correta.
- 19 - Retirar o suporte que avançou a faca.
- 20 -Recolocar a espuma e fixar .
- 21 -Fechar os mordentes horizontais.
- 22 -Ligar a chave geral da máquina.
- 23 -Fechar o braço do mordente vertical .
- 24 -Aquecer os mordentes.
- 25 -Testar o corte.
- 26 -Liberar a máquina..

4) cuidados

Cuidados com as mãos devido ao risco de cortes quando estiver manuseando a faca.
Cuidados com as mãos e braços para não haver queimadura nos mordentes aquecidos..

5) ações em casos de anormalidades ou não-conformidades

Avisar Supervisão , Programação ou Engenharia para que seja acionada a assistência técnica

4.2 Verificação do Objetivo

Conforme visto cerca de 60 % das falhas ocorrem em 2 subsistemas do equipamento, e destes 60 % foi efetuada análise da causa da falha através de aplicação da análise do tipo FMEA para buscar se eliminar os problemas críticos destes subsistemas , considerando-se que os procedimentos oriundos destas análises serão seguidos se espera obter uma redução significativa do tempo gasto com manutenção da ordem de

- Alimentador

$0,6873 \times 0,329 = 22\%$ do tempo de parada total do equipamento por manutenção.

- Ensacadeira

$0,464 \times 0,266 = 12,3\%$ do tempo de parada total do equipamento por manutenção.

O que representa uma redução do tempo de equipamento parado para manutenção de 34,3% do tempo gasto atualmente, ou seja, uma redução de 156 horas de equipamento parado para manutenção melhorando a disponibilidade do equipamento em:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{1,59}{1,59 + 0,12}$$

$$\text{Disponibilidade} = 92,9\%$$

Obtendo-se uma melhoria na disponibilidade do equipamento na ordem de 4% em relação à disponibilidade atual encontrada.

Antes

Tempo gasto com manutenção atual: 456 hs.

Disponibilidade = 88,9%

Depois

Tempo total previsto gasto com manutenção: 300 hs.

Disponibilidade = 92,9%

Possibilidade real de aumento da disponibilidade individual de cada equipamento de 4 % refletindo-se diretamente em um aumento de produção na ordem de $34,3\% \times 9\% = 3,1\%$, que são respectivamente a porcentagem de redução de tempo gasto com manutenção, em função do estudo realizado, vezes a porcentagem média anual de redução de capacidade produtiva por manutenção de todo o setor.

4.3 Custos Envolvidos

Verifica-se que com a adoção do novo modelo de manutenção, extraído da análise de FMEA, haverá um acréscimo de custos devido ao provisionamento dos materiais para troca do conjunto dosador e da tampa cônica estimado em R\$ 4.300,00, a cada 68 dias. Considerando-se o valor anual deste conjunto multiplicado pelos seis equipamentos existentes no setor se chega a soma de R\$ 138.485,30 anuais, quando compara-se ao ganho que se obterá devido a redução da indisponibilidade do equipamento na ordem de 3,1% se chega ao seguinte valor : $16 \times 3,1\% \times 22 = 10,9$ Hs a mais de produção no setor por mês, o que representa um aumento de produção na ordem de :

- Máquinas Bosch = $2 \times 1 \text{ kg} \times 40 \text{ sacos/min} \times 60\text{min/hs} \times 10,9\text{hs/mês} = 52,3$ toneladas /Mês.
- Máquina Raumak = $1 \times 1 \text{ kg} \times 29 \text{ sacos/min} \times 60\text{min/hs} \times 10,9\text{hs/mês} = 18,9$ toneladas/Mês
- Máquinas Fabrima = $3 \times 5 \text{ kg} \times 16 \text{ sacos/min} \times 60\text{min/hs} \times 10,9\text{hs/mês} =$
- 156 toneladas/Mês.

Total de 227,2 toneladas/Mês a mais de produção.

Estima-se um lucro com venda de material produzido devido ao aumento da disponibilidade dos equipamentos em torno de R\$ 61.344,00/mês o que corresponde a um aumento de lucro anual na ordem de R\$ 736.128,00, que viabiliza e justifica a adoção das mudanças sugeridas no estudo.

5-Conclusões e Recomendações

Conclui-se que com a aplicação do novo modelo de manutenção extraído essencialmente da análise de FMEA existe a possibilidade de se aumentar em 4 % à disponibilidade média do equipamento e devido a similaridade de todos os equipamentos do setor a projeção global é de se aumentar em média a produção em torno de 3,1%, sem aumento de custos consideráveis uma vez que as trocas de conjunto dosador e tampa cônicas deverão ser realizadas durante o ano, independente do modelo de manutenção adotado, a grande diferença é que a partir do estudo realizado pretende-se implementar uma manutenção preventiva periódica eliminando a ocorrência da falha, programando-se a manutenção, eliminando-se paradas por manutenção de maneira não prevista , obtendo-se um ganho na capacidade produtiva que foi estimado em torno de R\$ 61.344,00 mensais e tornando a empresa mais competitiva no mercado.

Não se considerou neste estudo uma substituição dos equipamentos por novos, pois mesmos equipamentos novos apresentarão falha nos subsistemas foco deste trabalho, devido as falhas analisadas serem resultantes de desgaste de componentes devido a atrito.

Propõem-se como continuidade desta pesquisa: o desenvolvimento de ferramentas e metodologias para o estudo de redução do tempo de paradas operacionais, pois se houver mais um aumento de disponibilidade na ordem de mais 5%, além do foi conseguido, poderá ser retirado uma das máquinas de operação o que resultará para a companhia uma redução de R\$ 500.000,00 anuais com o mesmo volume de produção (economia gerada com redução de encargos, mão de obra, custos de conservação ,benefícios,impostos e energia).

6-Referências Bibliográficas

- 1 Ballou, Ronald (1993)- Logística empresarial, ed. Atlas, São Paulo.
- 2 Fritsch,C. Modelos de Confiabilidade para Testes de Sobrevida. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – UFRGS, Porto Alegre, 1996.
- 3 Helman, Horácio e Andery, P.R.P (1995)- Análise de Falhas (Aplicação dos Métodos de FMEA - FTA), Fundação Christiano Ottoni, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- 4 Lafraia, J. (2001) - Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. Qualitymark, Rio de Janeiro.
- 5 Montgomery, Cyntia A. e Poter, Michael (1998), Estratégia, ed.Elsevier Ltda, Rio de Janeiro.
- 6 Netto, Adherbal Camminada. Gestão de Processos. São Paulo: Escola Politécnica Universidade de São Paulo, PECE- USP, 2004.
- 7 Pinto, Alan Kardec e Júlio Nascif Xavier (2003) – Manutenção Função Estratégica, Qualitymark, Rio de Janeiro.

- 8 Scapin, Carlos Alberto, (1999)-Análise Sistemática de Falhas. Editora de Desenvolvimento Gerencial, Belo Horizonte.
- 9 Scapin, Carlos Alberto,(1999)-FMEA. Editora de Desenvolvimento Gerencial, Belo Horizonte.
- 10 Souza, Gilberto Francisco Martha. Confiabilidade. São Paulo: Escola Politécnica Universidade de São Paulo, PECE- USP, 2005.
- 11 Souza, Gilberto Francisco Martha. Manutenção para a Excelência da Manufatura, São Paulo: Escola Politécnica Universidade de São Paulo, PECE- USP, 2005.
- 12 Vollert, J.R.(1996) – Confiabilidade e falhas de campo: um estudo de caso para a melhoria da confiabilidade de um produto e do reparo, através de um procedimento sistemático de coleta de dados. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). UFSC, Florianópolis, 1996.