

FÁBIO RICARDO BEKER

ESTUDO DE DISPONIBILIDADE E FALHAS ASSOCIADAS A UMA
INSTALAÇÃO DE PROCESSO DE “DIPPING” DE TECIDO DE
POLIAMIDA PARA FABRICAÇÃO DE PNEUS.

SÃO PAULO
2013

FÁBIO RICARDO BEKER

ESTUDO DE DISPONIBILIDADE E FALHAS ASSOCIADAS A UMA
INSTALAÇÃO DE PROCESSO DE “DIPPING” DE TECIDO DE
POLIAMIDA PARA FABRICAÇÃO DE PNEUS.

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do certificado de especialista em Engenharia
e Gestão da Manufatura e Manutenção –
PECE / EPUSP.

SÃO PAULO
2013

FÁBIO RICARDO BEKER

ESTUDO DE DISPONIBILIDADE E FALHAS ASSOCIADAS A UMA
INSTALAÇÃO DE PROCESSO DE “DIPPING” DE TECIDO DE
PÓLIAMIDA PARA FABRICAÇÃO DE PNEUS.

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do certificado de especialista em Engenharia
e Gestão da Manufatura e Manutenção –
PECE / EPUSP.

Orientador:
Profº Drº Gilberto Francisco Martha de Souza

SÃO PAULO

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Cleide e Adão (*in memorian*),
pela transmissão e formação dos valores de respeito,
tolerância e dignidade, essenciais a vida em sociedade e pelo
ensinamento sobre a importância da humildade e da persistência
na busca pelo conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos professores do PECE pelos ensinamentos, rigor técnico e pela demonstração de como um trabalho deve ter forte apego aos fatos e evidências científicas.

Aos colegas e superiores da empresa onde foi possível a experimentação do objeto desse trabalho, que contribuíram com a experiência do meio industrial de maneira a possibilitar o franco entendimento e aplicação da visão empresarial com o método técnico-científico.

Por fim a todos colegas de classe que com seu profissionalismo e visão analítica possibilitaram momentos de rica troca de experiência, conhecimento e informação.

“A entrada para a mente do homem é o que ele aprende, a saída é o que ele realiza. Se sua mente não for alimentada por um fornecimento contínuo de novas idéias, que ela põe a trabalhar com um propósito, e se não houver uma saída por uma ação, sua mente torna-se estagnada. Tal mente é um perigo para o indivíduo que a possui e inútil para a comunidade.”

(Jeremias W. Jenks)

RESUMO

O setor de pneus, pela sua característica de atuar em um mercado global e pela sua associação à cadeia automobilística, é forte exemplo da característica dos mercados atuais de concorrência global. Dentre as diversas cadeias envolvidas na sua fabricação destaca-se, pelas suas características próprias, a têxtil. Este setor tem sofrido forte impacto com a concorrência de produtos importados estreitando as margens de rentabilidade dos artigos originados na cadeia produtiva nacional comparativamente com os originados em outras regiões produtivas do mundo. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a ocorrência de falhas, traçando o perfil de perdas, junto a uma instalação industrial destinada a execução do processo de “dipagem” de tecidos de poliamida 6.6 utilizados na confecção de pneus. Junto a esta abordagem inicial busca-se o estabelecimento de uma estratégia de atuação com vistas a diminuição das falhas e consequente aumento da disponibilidade da mesma a fim de atender aos patamares de desempenho exigidos para a garantia da satisfação de clientes e dos níveis de rentabilidade exigidos da empresa. Passa pela avaliação da atual condição de notificação dos eventos ocorridos junto à instalação, sua estrutura de comunicação, a cadeia de decisão existente bem como a forma e modelo de registro dos eventos ocorridos e os desdobramentos dos mesmos em ações de restabelecimento ou de bloqueio de causas fundamentais.

Palavras-chave: Confiabilidade. “Dipagem”. Manutenção. Poliamida 6.6. Indústria Têxtil.

ABSTRACT

The tire sector is a strong example of the current competitiveness in the global markets nowadays, due to characteristics of operating in a global market and its association with the automobile chain. Its manufacture involves many chains, among which stands out the textile. This sector has experienced strong impact with competition from imported products. What causes there to be narrowing profit margins of chain of originating domestic production compared to those originating from other regions of the world. This study aims to assess the occurrence of failures, tracing the profile losses, along with an industrial plant designed to process execution "dipping" polyamide 6.6 fabrics used in the manufacture of tires. This initial approach seeks to establish a business strategy aiming at reducing failures and consequent increasing availability. The goal is to meet the performance levels required to ensure customer satisfaction and profitability necessary. The main steps for assessing the current condition of notification of facility failure events, its communication structure, existing decision chain and how to model and registration of events and the ramifications there of into shares of restoration or lockout causes fundamental.

Keywords: Reliability. Dipping. Maintenance. Polyamide 6.6. Textile industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Organograma Geral da Empresa.....	20
Figura 2 - Exemplos de aplicações para produtos da empresa (fonte: site empresa)....	22
Figura 3– Exemplo de retorcedeira cableadora (fonte: < http://www.saurer.oerlikontextile.com/desktopdefault.aspx/tabcid-491 > acesso em 21/04/2012).....	27
Figura 4 - Acumulador de tecido em máquina de dipagem	29
Figura 5 - Modelo de máquina de costura automática fabricante Kilmann.....	30
Figura 6 - Modelo máquina manual fabricante Kilmann	31
Figura 7 - Acumulador de tecido em máquina de dipagem	32
Figura 8 - Trem de estiragem em máquina de dipagem	33
Figura 9 - Estação de dipagem	34
Figura 10 - Extrator a Vácuo em máquina de dipagem.....	35
Figura 11 - Expansores eletromecânicos em máquina de dipagem.....	36
Figura 12 - Flexibilizador em máquina de dipagem.....	37
Figura 13 - Sistema Rolliner em máquina de dipagem	38
Figura 14 - Bobinadeira em máquina de dipagem	39
Figura 15 - Embaladora em máquina de dipagem	42
Figura 16– Pressões que induzem a percepção do risco.....	51
Figura 17 – Curva da Banheira (O'CONNOR, 1985)	54
Figura 18- Modelo de Papel Probabilístico de Weibull	65
Figura 19- Etapas do processo de planejamento de recuperação da falha (fonte: Slack, pg.618). .	83
Figura 20- Modelo do Método Geral de Análise de um Problema Maior da alta Administração (fonte: Falconi, pg.60).....	84

Figura 21- Macrofluxo do Sistema de Tratamento de Falhas (fonte: Xenos, pg.85)	85
Figura 22- Modelo de gerenciamento de Projeto (fonte: Slack, pg.485)	89
Figura 23- Mancal do rolo submerso da estação de dipagem.....	111
Figura 24 - Mancal trabalhando imerso.....	111
Figura 25 - Mancal após campanha de produção	112
Figura 26 - Rolamento após campanha de produção	112
Figura 27 - Cabeçote superior.....	116
Figura 28- Cabeçote inferior.....	116
Figura 29 - Mordente de fixação do tecido na máquina de costura.....	117
Figura 30- Mancais e rolos revisados em oficina para serem montados no <i>dipping</i>	122
Figura 31- Mancal e tampa revisados em bancada após 21 dias de trabalho	123

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Função de Probabilidade Acumulada F(t)	58
Gráfico 2 - Função de Confiabilidade R (t)	59
Gráfico 3- Nº de falhas ocorridas entre 28/10/2011 e 19/12/2011	105
Gráfico 4- Tempo em falha por conjunto entre 28/10/2011 e 19/12/2011	106
Gráfico 5 - Relação entre MTTR, MTBF e valor monetário da perda entre 28/10/2011 e 19/12/2011	107
Gráfico 6- Falhas máquina de costura 28/10/11 à 23/01/2012.....	119
Gráfico 7 - Falhas máquina de costura 23/01/12 à 09/08/2012.....	119
Gráfico 8- Status das ações do trabalho até 09/08/2012	123
Gráfico 9- Pareto de interrupções por conjunto entre novembro de 2011 e janeiro de 2012	124
Gráfico 10- Pareto de interrupções por conjunto entre fevereiro de 2012 e agosto de 2012	124
Gráfico 11- MTBF e MTTR da Instalação entre 28/10/2011 e 23/01/2012.....	126
Gráfico 12- MTBF e MTTR da Instalação entre 01/02/2012 e 31/07/2012.....	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados Estatísticos do Comércio Têxtil na Europa (fonte: < http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/textiles/statistics/index_en.htm > acesso em 22/04/2012)	45
Tabela 2 - Dados Estatísticos dos 10 maiores Fornecedores de Produtos Têxteis para a Europa (fonte: < http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/textiles/statistics/index_en.htm > acesso em 22/04/2012)	45
Tabela 3 - Dados Estatísticos das exportações Norte Americanas de Produtos Têxteis (fonte:< http://www.bis.doc.gov/defenseindustrialbaseprograms/osies/defmarketresearchrpts/texreport_ch1.html > acesso em 22/04/2012)	46
Tabela 4 - Dados Estatísticos Exportações e importações Norte Americanas de Produtos Têxteis por classe (fonte:< http://www.bis.doc.gov/defenseindustrialbaseprograms/osies/defmarketresearchrpts/texreport_ch1.html > acesso em 22/04/2012)	47
Tabela 5- Simbologia utilizada em Árvores de Falha	69
Tabela 6- Composição do Comitê Gestor	98
Tabela 7 - Composição do Comitê Operacional.....	99
Tabela 8- Atribuições comitê operacional	100
Tabela 9- Atribuições comitê gestor.....	101
Tabela 10- Metas para o projeto de confiabilidade dipping	102
Tabela 11- Comparativo entre metas do projeto e valores obtidos ao final do mesmo	127

LISTA DE SIMBOLOS

$F(t)$ Função de probabilidade de falha acumulada no tempo t

$f(t)$ Função densidade de probabilidade de falha no tempo t

$R(t)$ Confiabilidade no tempo t

λ Taxa de falha constante no tempo

β Constante de forma na distribuição de Weibull

t_0 Constante de localização na distribuição de Weibull

η Constante de escala na distribuição de Weibull

$\lambda(t)$ Taxa de falha no tempo t

MTBF (Mean Time Between Failure) – Tempo Médio entre Falhas (horas)

MTTF (Mean Time To Failure) – Tempo Médio para Falhar (horas)

MTTR (Mean Time To Repair) – Tempo Médio para Reparo (horas)

RCM Reliability Centered Maintenance

FTA Fault Tree Analysis

FMECA Failure Mode, Effects and Criticality Analysis

μ Taxa de Reparo constante

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 APRESENTAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO.....	19
1.1.1 INFORMAÇÕES GERAIS	19
1.1.2 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	20
1.1.3 PRODUTOS E APLICAÇÕES.....	21
1.2 OBJETIVO.....	22
1.3 ESCOPO	22
2 PROCESSO PRODUTIVO.....	25
2.1 CADEIA PRODUTIVA DA TELA DIPADA DE POLIAMIDA PARA PNEU	25
2.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE DIPAGEM	28
3 CONTEXTO DO TRABALHO DE CONFIABILIDADE	44
4 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	49
4.1 CONCEITOS DE ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE.....	50
4.1.1 FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE CONFIABILIDADE	65
4.1.2 MANUTENIBILIDADE E DISPONIBILIDADE.....	70
4.2 CONCEITOS DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE - RCM.	74
4.3 CONCEITOS DE ADMINISTRAÇÃO	81
4.3.1 TRATAMENTO DE FALHAS.....	82
4.3.2 GERENCIAMENTO DE PROJETOS - CONCEITOS GERAIS.....	87
5 MODELO PROPOSTO	92
5.1 SOLICITAÇÃO DO TRABALHO E CONSTITUIÇÃO DO GRUPO	92
5.2 AVALIAÇÃO DAS INFORMAÇÕES PRELIMINARES.....	94
5.3 PROPOSTA DE ABORDAGEM E ESTRUTURA DO PROJETO	97
5.4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	103

6 AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO E AÇÕES PROPOSTAS	114
7 CONCLUSÃO	129
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
ANEXO 1 – DESENHO MODELO DE INSTALAÇÃO DIPPING	134
ANEXO 2 – MODELO DE LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PRÉVIAS	135
ANEXO 3 – DIAGRAMA FUNCIONAL DA INSTALAÇÃO DIPPING	136
ANEXO 4 – MODELO DE FORMULÁRIO DE RELATO E TRATAMENTO DE FALHA ADOTADO (FALHAS COM IMPACTO DE PARADA DA INSTALAÇÃO MENOR QUE 24 HORAS)	137
ANEXO 5 – MODELO DE FMEA REALIZADO JUNTO AOS CONJUNTOS DA MÁQUINA DE COSTURA E TRENS DE ESTIRAGEM	140
ANEXO 6 – PLANILHA E DIAGRAMA DE DECISÃO - FMEA MÁQUINA DE COSTURA E TREM DE ESTIRAGEM	148
ANEXO 7 – PLANO DE AÇÃO - FMEA MÁQUINA DE COSTURA E TREM DE ESTIRAGEM	158
ANEXO 8 – PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA - MÁQ. DE COSTURA E TRENS DE ESTIRAGEM	159
ANEXO 9 – ANÁLISE DE FALHA - RUPTURA DA PONTA DO CILINDRO DO 4º TREM DE ESTIRAGEM	160
ANEXO 10 – ANÁLISE DE FALHA - MÁQUINA DE COSTURA AUTOMÁTICA E MANUAL	168
ANEXO 11 - TRECHO DO PLANO DE AÇÃO DO TRABALHO DE CONFIABILIDADE DIPPING	176
ANEXO 12 - GRÁFICO DO OEE NET E GLOBAL DO DIPPING 2011-2012 E PRÉ E DURANTE O TRABALHO	177

ANEXO 13 - GRÁFICO DO TEMPO MANUTENÇÃO PROGRAMADA T2	
CORRETIVA T4 DIPPING 2001-2012 E PRÉ E DURANTE TRABALHO	178
ANEXO 14 - GRÁFICO DOS DADOS DE FALHA DIÁRIOS DO DIPPING; TEMPO DE	
FALHA, TEMPO DE RETORNO A OPERAÇÃO, TEMPO DE REPARO E TEMPO	
ENTRE FALHAS - 28/10/2011 À 19/12/2011	179

1 INTRODUÇÃO

A sociedade humana tem, ao longo da sua existência, passado por diversas transformações de ordem social, científica, técnica e econômica. No decorrer desse período os valores presentes e destacados como de real importância sofreram transformações quer pela cultura local estabelecida quer pela interação entre os diversos grupos humanos. Os adventos tecnológicos, sobretudo os associados à comunicação e ao transporte, condições básicas para a atividade comercial, proporcionaram interações entre estas sociedades de maneira que se estabelecessem bases comuns independentes a que contexto regional ou cultural as mesmas estivessem inseridas.

Dentre estas bases comuns, sem dúvida, se fez presente a formação do consumo como pilar das comunidades. A sua presença, diferentemente das etapas iniciais da nossa existência, superou em muito apenas o aspecto de subsistência passando a integrar e alimentar aspectos de ordem social e comportamental de maneira que os volumes ora necessários a manutenção da saúde e bem estar de uma família foram elevados exponencialmente. Este próprio conceito tem se aproximado de questões como acumulação de bens e diversificação dos mesmos (Freitas,2010).

A partir dessa visão a indústria teve forte papel no incentivo e atendimento a este comportamento da sociedade de forma que a isso se soma o fato de que as estruturas industriais não estão focadas no atendimento exclusivo de mercados regionais no âmbito do país ou continente em que se encontram instaladas, mas competem cada vez mais em níveis globais independente de seu tamanho, segmento ou origem. Esta competição é a base da sobrevivência das empresas sob o aspecto de garantir sua existência pela participação no mercado de sua atividade fim. Questões de produtividade, eficiência e escala de produção passaram a serem determinantes no suprimento contínuo de bens e serviços cada vez mais em maiores quantidades e com maior diversidade. No seguimento têxtil, por suas características de longa cadeia produtiva, intensiva em capital e mão de obra, estes aspectos são intensificados. Assim, de maneira bastante evidente, a alocação dos grandes centros da indústria têxtil se dá em regiões com grande disponibilidade de mão de obra a baixo custo.

Segundo Rocha (2008, p.12):

"As empresas travam uma verdadeira guerra interna procurando racionalizar seus trabalhos. Querem executar suas atividades da melhor forma possível, como nenhum concorrente poderia fazer. A batalha tem se tornado mais acirrada porque a concorrência internacional encurtou distâncias e o mundo passou a concorrer com muito mais intensidade.". Os fatores de competitividade passaram a ser ponto primordial a serem administrados nas organizações."

Rocha (2008, p.12) destaca que: "[...] o desempenho do trabalho pode ser medido, basicamente, através de três parâmetros: produtividade, eficiência e custo".

Todo este contexto é suportado cada vez mais por ativos e serviços com níveis crescentes de mecanização e automação de cuja integridade o desempenho fabril é dependente. Outro aspecto a se destacar é que a falha desses ativos também é parte importante em acidentes materiais e ambientais observados nas atividades produtivas humanas, aspecto óbvio, porém citado em menor grau comparativamente as questões de produtividade, e que hoje podem determinar a existência ou não das organizações. A manutenção como função industrial está intimamente associada a estes fatores de maneira que seu desempenho também deve ser objeto de contínuo aperfeiçoamento nas organizações a fim de contribuir com as demais funções corporativas, sobretudo a produção, para o desenvolvimento e conservação da confiabilidade nos compromissos assumidos pela organização, da agilidade no atendimento ao cliente, da flexibilidade dos meios de produção, do custo operacional e da qualidade do produto ou serviço, como também se observa em:

"A manutenção está também respondendo pela expectativa de mudanças. Isso inclui um rápido crescimento do conhecimento sobre a extensão dos efeitos da falha de equipamentos sobre a segurança e o ambiente, um crescimento do conhecimento sobre a conexão entre a manutenção e a qualidade da produção e o aumento da pressão para se atingir alta disponibilidade das plantas industriais e conter custos."(Moubray, John, 2000, p.1, tradução do autor).

Nas corporações que buscam a competitividade como essência à sua sobrevivência e crescimento a função manutenção é fator primordial . De acordo com Peters (2006, p. 3, tradução do autor): "[...] se suas práticas correntes de manutenção, filosofia de liderança e cultura organizacional não permitem a você gerir a manutenção

como um negócio interno lucrativo, você poderá estar com problemas ou em direção a sérios problemas [...].

1.1 APRESENTAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

1.1.1 Informações Gerais

O presente estudo tem como local de desenvolvimento uma empresa do segmento têxtil consolidada no mercado brasileiro sendo pioneira no desenvolvimento de fios e fibras têxteis sintéticas neste mercado.

Instalada na região metropolitana de São Paulo desde a década de 1950, pertencente a um grupo químico multinacional estrangeiro, colaborou de maneira efetiva para a inserção e desenvolvimento de fibras têxteis sintéticas no Brasil e também na América Latina. Atualmente focada na produção de fios e fibras de poliamida 6.6 tem como principais mercados o de moda íntima, moda esportiva, multifilamentos de alta tenacidade para aplicação em pneus, calçados, artigos esportivos, móveis, abrasivos entre outros. Também atua no segmento dos chamados “têxteis inteligentes” onde se buscam propriedades específicas dos artigos têxteis como propriedade antibacteriana, proteção contra a radiação solar entre outras.

Um dos aspectos a se destacar é a cadeia de valor na qual a poliamida 6.6 está inserida, haja visto que o grupo ao qual pertence a empresa em estudo possui planta química no interior de São Paulo que produz a principal matéria-prima, o que possibilita o aproveitamento de vantagens logísticas e comerciais advindas deste fato.

Situa-se como a maior produtora de fios e fibras de poliamida 6.6 do mercado brasileiro e a 2^a maior do mundo na mesma área.

Por razões de confidencialidade esta organização será chamada de “empresa” ao longo deste trabalho.

1.1.2 Estrutura Organizacional

A empresa está estruturada em duas unidades de negócios básicos: fios têxteis e fios industriais. Ambos com equipes de produção, vendas e assistência técnicas próprias porém com as áreas de vendas e assistência técnicas subordinadas as suas respectivas gerências. Na Figura 1 se reproduz a estrutura da empresa através de seu organograma.

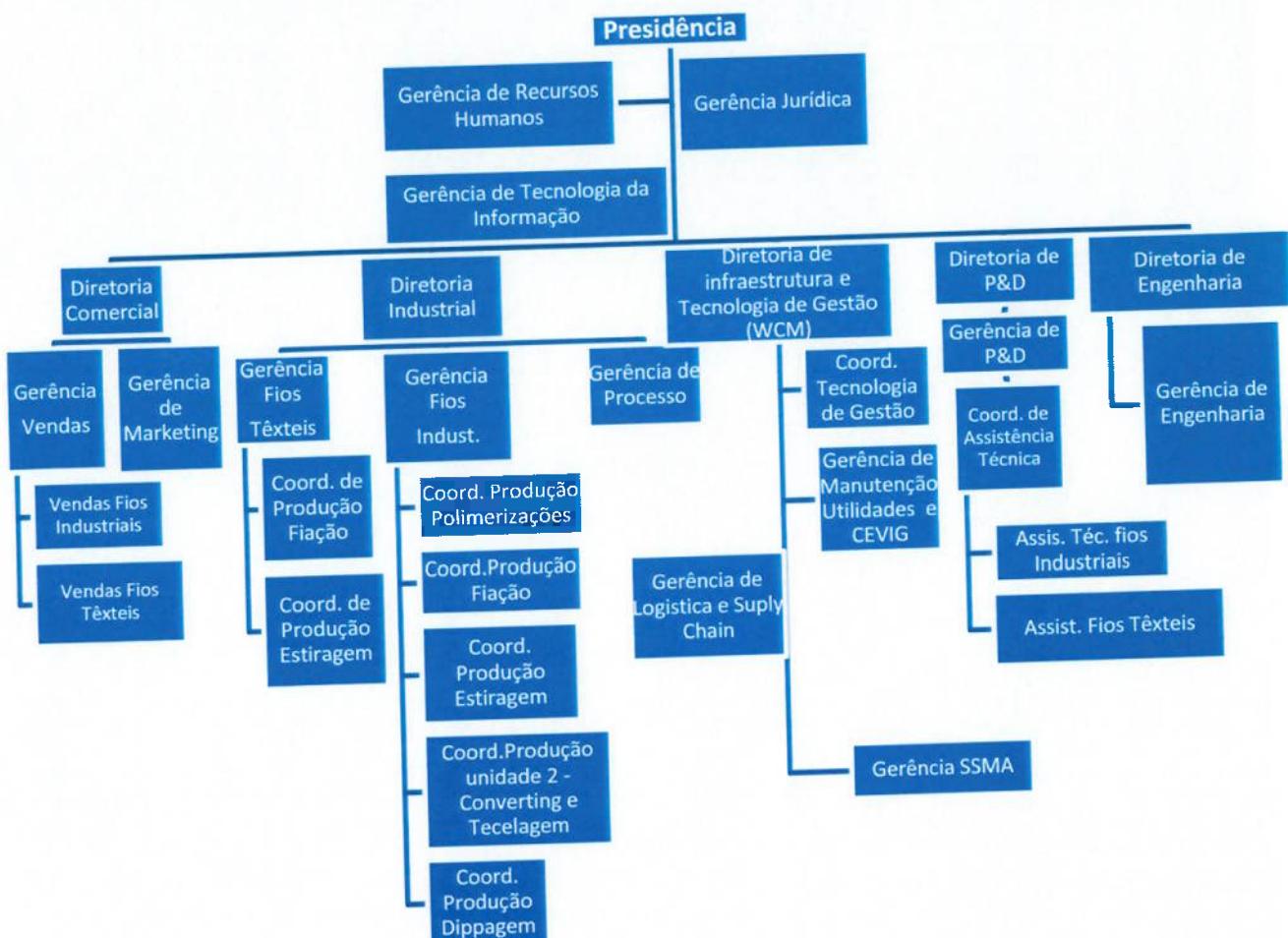


Figura 1 - Organograma Geral da Empresa

Para cada departamento há uma estrutura de gerências e coordenadorias associadas aos mesmos. As estruturas de apoio da área de infraestrutura (manutenção e utilidades) são centralizadas fisicamente na oficina central, sendo que apenas a manutenção possui unidades avançadas de corpo técnico-operacional dedicado a cada área de negócio (fios têxteis e fios industriais). As demais funções são compartilhadas de estruturas corporativas, não estando integradas exclusivamente a estrutura da unidade de negócio têxtil.

1.1.3 Produtos e aplicações

A área de negócio de Fios Industriais tem como principais produtos os fios de poliamida 6.6 de alta tenacidade destinados à confecção de tecidos para fabricação de pneus possuindo exigências diferenciadas de qualidade, nos patamares da indústria automobilística internacional. Este segmento corresponde a cerca de 75% da produção. Artigos desclassificados para esta aplicação são destinados a outros segmentos como fabricantes de cordas, esteiras transportadoras, cabos navais e redes de pesca. Com relação a área de negócios Fios Têxteis tem-se como principais produtos os fios de poliamida 6.6 na condição de fios lisos ou texturizados com diversas especificações como microfibra, supermicrofibra, fibras têxteis abrasivas para o segmento de esponjas e utensílios de limpeza e os chamados “fios inteligentes” com cargas aditivas que lhes conferem atributos especiais de proteção contra a radiação solar; com características de ação antibacteriana ou com propriedades cosméticas destinadas a ativação da circulação sanguínea periférica com resultados na diminuição do acúmulo de ácido láctico originário de atividades esportivas reduzindo a fadiga muscular e sobre aspectos estéticos, como combate à celulite. Este negócio está direcionado para o fornecimento de fios aos mercados de moda íntima, esportiva, entre outras.

Na Figura 2 seguem ilustrações representativas de alguns segmentos de mercado foco dos dois negócios expostos.



Figura 2 - Exemplos de aplicações para produtos da empresa (fonte: site empresa)

O desenvolvimento do presente trabalho deu-se junto à estrutura de Fios Industriais, razão pela qual focar-se-á esta área de negócio.

1.2 OBJETIVO

Pretende-se com este trabalho identificar oportunidades de desenvolvimento de soluções e práticas de manutenção com base em ferramentas de Manutenção de Classe Mundial para o efetivo suporte à excelência da manufatura. Busca-se também estabelecer modelo otimizado aplicável à estrutura da empresa face às demandas associadas aos fatores de competitividade no mercado em que atua.

Buscar-se-á, também, estabelecer um sistema de registro e acompanhamento contínuo bem como identificar necessidades de investimento com foco na diminuição das falhas das máquinas utilizadas no parque fabril.

1.3 ESCOPO

O presente trabalho tem como escopo a análise das atuais práticas de manutenção junto a instalação de dipagem do negócio Fios Industriais buscando identificar oportunidades que resultem em maior nível de confiabilidade da instalação através da eliminação ou mitigação do perfil de perdas. Terá como perímetro a área de

dipagem, a estrutura de manutenção dedicada ao negocio Fios Industriais e os serviços e áreas de apoio da manutenção central.

Passará pela avaliação da atual condição de notificação dos eventos ocorridos junto à instalação, sua estrutura de comunicação, a cadeia de decisão existente bem como a forma e modelo de registro dos eventos ocorridos e os desdobramentos dos mesmos em ações de restabelecimento ou de bloqueio de causas fundamentais.

Por fim, deverá propor ações de natureza técnica e sistêmica para a composição dos objetivos da instalação sob estudo dentro das diretrizes operacionais determinadas pela empresa. Abaixo segue resumo dos capítulos.

Capítulo 1- INTRODUÇÃO - Neste capítulo realiza-se um descritivo da empresa em que se passará o estudo, buscando situar a mesma no mercado, sua estrutura funcional e a correspondente cadeia produtiva.

Capítulo 2 - PROCESSO PRODUTIVO – Neste capítulo será apresentado um breve descritivo do processo produtivo da tela de poliamida dipada e mais especificamente da instalação do *dipping*.

Capítulo 3 - CONTEXTO DO TRABALHO DE CONFIABILIDADE – Neste capítulo é descrito o cenário produtivo e concorrencial ao qual pertence a empresa sob estudo e de que forma este contexto relaciona-se com a busca de disponibilidade e confiabilidade da instalação.

Capítulo 4 - DESENVOLVIMENTO TEÓRICO – Apresenta a base conceitual teórica sobre a qual foi construída a proposição do modelo de projeto de análise de confiabilidade e disponibilidade.

Capítulo 5 - MODELO PROPOSTO – Trata da apresentação da estrutura do trabalho que foi desenvolvido, desde o estabelecimento dos times multifuncionais, estabelecimento do escopo e abrangência e a administração do mesmo. Traz a análise das informações coletadas no que se refere aos registros e modos de falhas da instalação.

Capítulo 6 - AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO E AÇÕES PROPOSTAS – Este capítulo trata das ações identificadas pelos estudos conduzidos no decorrer do período e um comentário sobre os resultados obtidos.

Capítulo 7 - CONCLUSÕES - Por fim este capítulo traz as conclusões com relação ao projeto como um todo; seus resultados, dificuldades encontradas e proposta de temas para futuros trabalhos.

2 PROCESSO PRODUTIVO

2.1 CADEIA PRODUTIVA DA TELA DIPADA DE POLIAMIDA PARA PNEU

A estrutura de departamentos da área produtiva da empresa está associada as etapas de produção dos diversos produtos fabricados em seus dois negócios anteriormente expostos. Em linhas gerais as áreas, apesar de dependentes e relacionadas, possuem estruturas produtiva e administrativa individualizadas funcionando aproximadamente como mini unidades autônomas sequênciais.

Com o objetivo de caracterizar a unidade analisada neste trabalho e devido as particularidades desse processo produtivo se apresentará de maneira sucinta a cadeia produtiva de tela dipada de poliamida para pneus.

A primeira das etapas é a chamada **Polimerização** a qual diz respeito ao processo físico-químico de obtenção do polímero poliamida 6.6 a partir do sal nylon, cujos monômeros são o ácido adípico e a hexametilenodiamina . De acordo com Mano (2000) a poliamida 6.6 é obtida a partir de diversas etapas de reação química com fornecimento de energia térmica para evaporação do meio solvente (água) e concentração do monômero em questão, sendo este processo chamado policondensação. São equipamentos típicos dessa etapa: tanques, bombas, válvulas de controle, válvulas de bloqueio, válvulas de segurança, aquecedores, evaporadores, autoclaves, tubos flasher, polimerizador finalizador e tubulações.

Ao final da linha de polimerização uma parte do polímero produzido é encaminhado para a **Granulação** sendo posteriormente destinado ao segmento de plásticos de engenharia para aplicação na indústria automobilística. Esta etapa é importante para a estabilização e equilíbrio das características do polímero embora não faça parte de maneira intrínseca do processo de fabricação da linha de fios industriais. Isto se dá, sobretudo pela concepção de **polimerização contínua** da instalação sendo

que em **polimerizações descontínuas**, modelo adotado na instalação destinada a fios para o segmento de vestuário, esta etapa é inerente.

Após a polimerização o polímero é conduzido por dutos através de bombeamento para equipamentos semelhantes a grandes extrusoras onde a massa é impulsionada contra placas com orifícios calibrados chamadas de fieiras donde se obtém os filamentos de poliamida os quais são reunidos formando o fio amorfó no qual as cadeias poliméricas não se encontram orientadas. À medida que são fiados os fios vão sendo enrolados em suportes conhecidos como “cascos”. A este processo dá-se o nome de **Fiação**.

Estes fios amorfos obtidos na fiação são conduzidos à etapa seguinte chamada de **Estiragem**. Estes fios amorfos passam por uma série de cilindros metálicos com velocidades periféricas específicas e em fornos com temperaturas específicas que através do estiramento provocam a orientação das cadeias poliméricas conferindo as propriedades mecânicas típicas esperadas do artigo em questão como tenacidade e resistência. Como produto desta etapa temos tubos metálicos chamados de “**Cop's**” enrolados com o fio já estirado ao qual se dá o nome de “singelo”.

Dos “**Cop's**” o fio singelo é transferido para um tubo de papelão chamado **Bobina** em uma etapa chamada de **Repassagem**.

Feita a repassagem o fio é encaminhado a **Pré-Torção** onde, como o próprio nome sugere, é submetido a uma torção inicial que confere incremento em sua resistência mecânica a medida que é enrolado em um carretel metálico.

Na etapa seguinte dá-se o entrelaçamento e torção de dois fios pré-torcidos formando o chamado **cordão** ou **cordonel** o qual também é enrolado em um carretel. Esta etapa é chamada de **Torção**.

A uma variante tecnológica possível ao processo de torção com eliminação da etapa de pré-torção e formação direta do carretel de cordonel com dois fios torcidos em uma única passagem chamada de **Cablagem** a qual possui a vantagem de melhor produtividade por obter o cordão a partir de dois fios singelos diretamente.

Na Figura 3 mostra-se um exemplo de uma retorcedeira cableadora.



Figura 3– Exemplo de retorcededeira cableadora

(fonte: <<http://www.saurer.oerlikontextile.com/desktopdefault.aspx/tabcid-491>> acesso em 21/04/2012)

Das etapas de pré-torção mais torção ou da etapa direta de cableamento os cordonéis seguem em bobinas para comporem o rolo de tecido. Isto é obtido na etapa de **Tecelagem**, onde através da interposição e sobreposição de fios longitudinais (urdume) e transversais (trama) no tear, dá-se a formação do tecido com as características de densidade e entrelaçamento necessários.

Os rolos de tecido obtidos nesta etapa podem ser comercializados nessa forma, chama de “cru”, ou encaminhadas para o último processo da cadeia têxtil destinada a este produto. Este processo é chamado de **“Dipping”** ou **“Dipagem”** e basicamente consiste na impregnação do tecido obtido na etapa de tecelagem com uma solução a base de látex sintético que confere maior aderência do tecido na borracha. Este processo é o objeto do presente trabalho sendo que trata-se o mesmo em maiores detalhes na sequência deste texto.

2.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE DIPAGEM

O processo de *dipping* ou dipagem refere-se ao processo de impregnação de um tecido, via de regra de poliamida ou poliéster, através da sucessiva imersão em reservatórios contendo uma solução a base de látex sintético, secagem em fornos verticais e estiragem em trens com cilindros em série para posterior embobinamento e expedição do tecido já dipado.

Há variações de artigos a serem dipados associados à densidade dos tecidos, largura, cordonel empregado entre outras, cada qual destinado a uma aplicação específica.

Na sequência se descreve brevemente os principais conjuntos e sistemas componentes da instalação no que se refere à linha de dipagem objeto do estudo.

a. Cavalete

Sistema composto por duas colunas metálicas situadas na área de alimentação da linha de dipagem e que possuem travas pneumáticas conhecidas como castanhas destinadas a suportar o rolete com o rolo de tecido de poliamida a ser dipado. A Figura 4 mostra o exemplo de um sistema de cavaletes.



Figura 4 - Acumulador de tecido em máquina de dipagem

(fonte: < <http://www.calitzler.com/components>> acesso em 22/04/2012).

b. Máquina de Costura Automática

Máquina automatizada composta por mesa, aba de fixação, viga estrutural, cabeçote superior, cabeçote inferior e painel de comando eletrônico. Destina-se a promover a costura entre o final do rolo em processo de dipagem e o início do próximo rolo posicionado no cavalete. Executa dez costuras ao mesmo tempo com ponto tipo “corrente” através de um conjunto de componentes que trabalham em sincronismo. Na Figura 5 apresenta-se a máquina utilizada na linha em estudo.

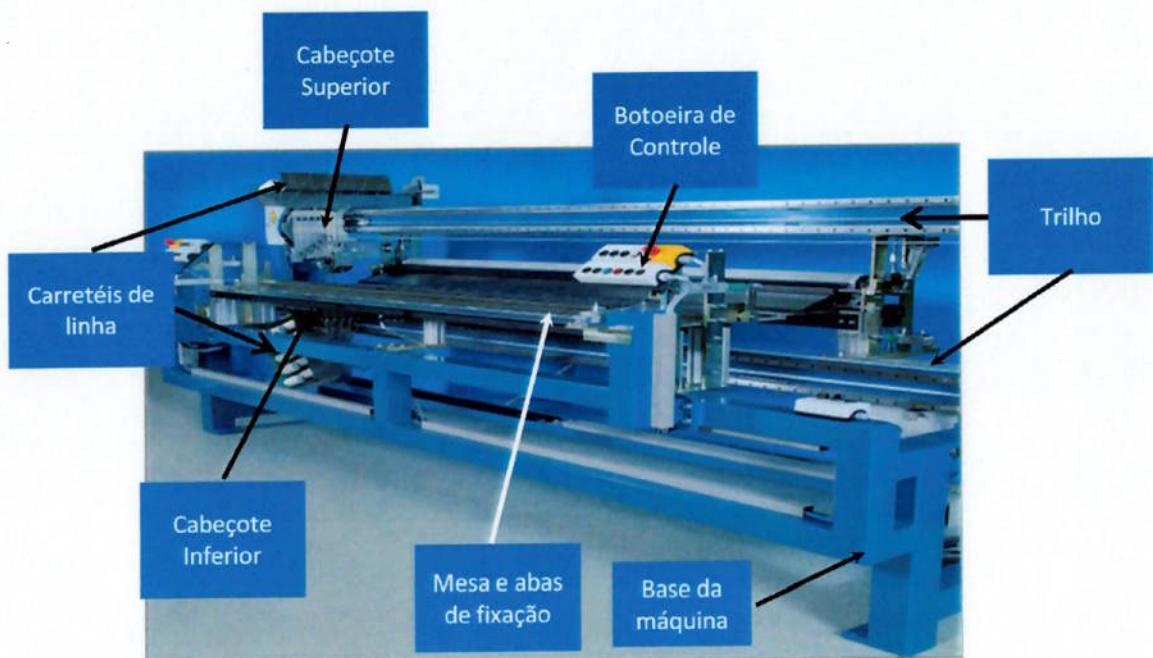


Figura 5 - Modelo de máquina de costura automática fabricante Kilmann
[\(\[http://www.ksl-lorsch.de/media/en_products/KSL_KL_220_en.pdf\]\(http://www.ksl-lorsch.de/media/en_products/KSL_KL_220_en.pdf\)\)](http://www.ksl-lorsch.de/media/en_products/KSL_KL_220_en.pdf) acesso em
 22/04/2012).

b.1.1. Máquina de Costura "manual"

Este é um equipamento acessório destinado a suprir a eventual indisponibilidade da máquina de costura automática. Basicamente trata-se de uma máquina de costura destinada a aplicação industrial com capacidade para executar dez pontos de costura em paralelo ao mesmo tempo, montada sobre uma mesa com rodízios giratórios. O equipamento reserva utilizado na linha é mostrado na Figura 6

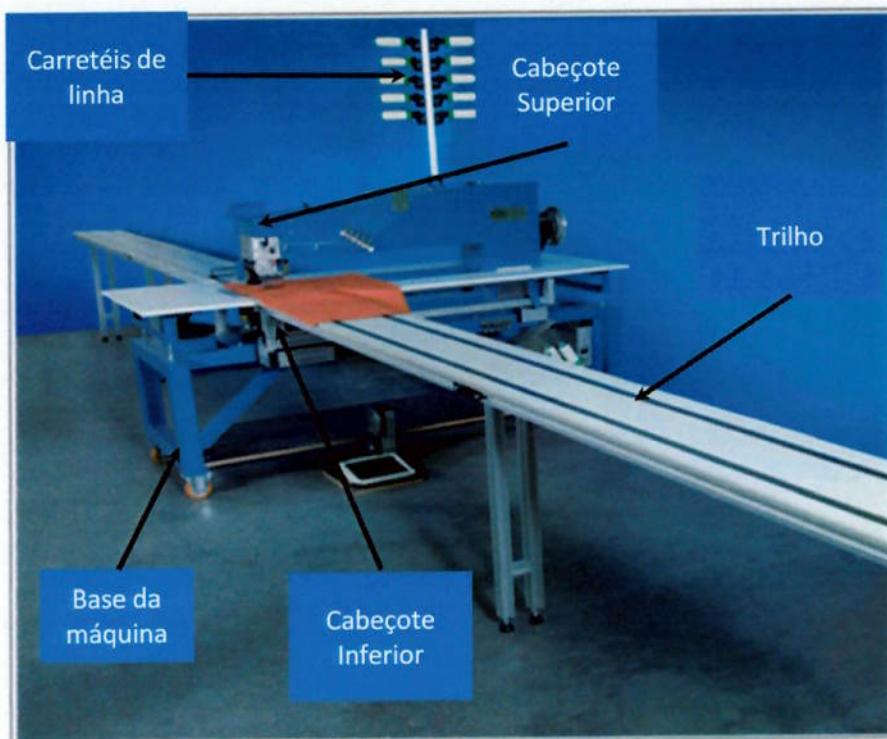


Figura 6 - Modelo máquina manual fabricante Kilmann

(fonte: <http://www.ksl-lorsch.de/media/en_products/KSL_KL_625-EH_en.pdf> acesso em 22/04/2012).

c. Acumulador de entrada

Sistema composto por uma estrutura metálica vertical cercada por gradil onde trabalham um quadro de roletes passadores fixo e um quadro de roletes passadores móveis o qual está fixo a um cilindro hidráulico que ergue ou abaixa o mesmo provocando o acúmulo de tecido entre estes dois quadros. Destina-se a manter a marcha do equipamento durante a etapa de transição entre o final do rolo em processo e o novo rolo possibilitando a costura dos mesmos sem alterações de velocidade e/ou processo. O acumulador está representado na Figura 7.



Figura 7 - Acumulador de tecido em máquina de dipagem

(fonte: < <http://www.calitzler.com/components>> acesso em 22/04/2012).

d. Trens de estiragem

Sistema constituído de diversos conjuntos dispostos ao longo de toda a linha de dipagem formados de estrutura metálica destinada ao suporte de mancais de sustentação de rolos ditos de estiragem. São ao todo 6 conjuntos horizontais e 1 vertical com, em média, 7 cilindros metálicos. Destes, especial atenção destina-se aos trens de número 3 e 4 por serem a zona de maior tensão de estiramento chegando em alguns casos a forças da ordem de 9000 kgf. Este conjunto pode ser visto na Figura 8.



Figura 8 - Trem de estiragem em máquina de dipagem

(fonte: < <http://www.calitzler.com/components>> acesso em 22/04/2012).

e. Estações de dipagem

Conjunto composto por roletes destinados a passagem do tecido dentro de uma vasca com a solução de dipagem onde se dá propriamente a impregnação do tecido. Após mergulhar na solução o tecido é conduzido ainda sobre a estação a um sistema de rolos chamados de “espremedores” destinados a eliminar o excesso de solução depositada sobre o tecido. A linha possui duas estações de dipagem que são utilizadas individualmente em função dos parâmetros de estiramento e temperatura específicos de cada artigo. Encontra-se representado na Figura 9.

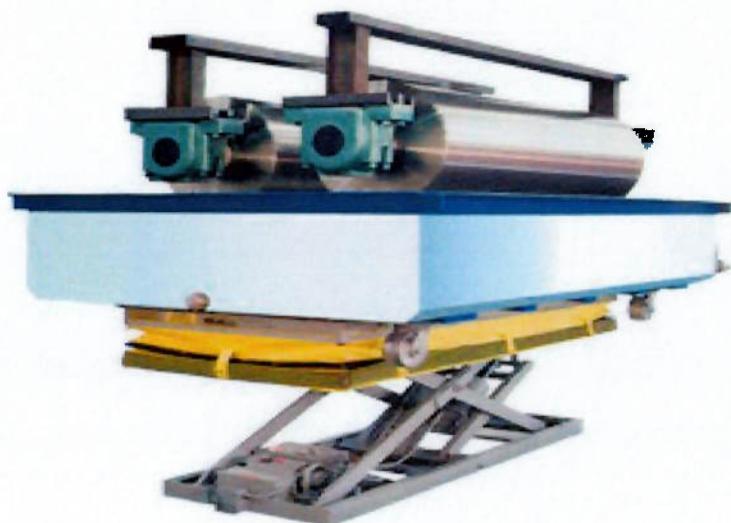


Figura 9 - Estação de dipagem

(fonte: < <http://www.calitzler.com/components>> acesso em 22/04/2012).

f. Extratores a vácuo

Sistema posicionado sobre as estações de dipagem constituído por caixa em material polimérico onde se provoca vácuo para proporcionar a succção do excedente de solução no tecido. O excesso de solução succionado é recolhido e direcionado por gravidade através de dutos a vasca de solução sendo reinserida no processo. A Figura 10 traz um exemplo de extrator.

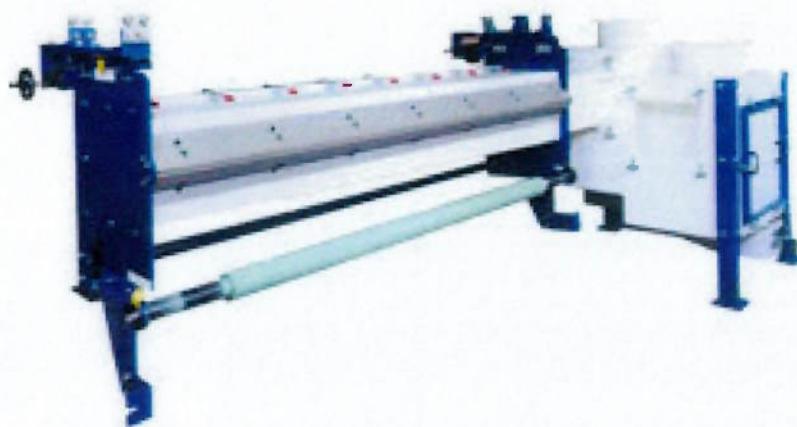


Figura 10 - Extrator a Vácuo em máquina de dipagem

(fonte: < <http://www.calitzler.com/components>> acesso em 22/04/2012).

g. Fornos

No total de quatro sendo subdivididos em setores “inferior” e “superior” destinam-se a prover a temperatura necessária à cura da solução sobre o tecido. Possuem cerca de oito andares de altura e apresentam faixas de temperatura específicas por setor de acordo com o artigo em processo. Utiliza como fonte energética a queima de gás natural.

h. Expansores eletromecânicos

São no total oito expansores distribuídos ao longo da linha de dipagem dispostos prioritariamente na sequência de saída dos fornos cujas funções são de expandir o tecido que foi aquecido mantendo a sua largura específica e alinhá-lo nos rolos de estiragem. Basicamente constitui-se de um sistema de sensores ópticos que continuamente monitoram a posição do tecido enviando sinal para que o comando acione os atuadores abrindo ou fechando rolos pivotantes encobertos por material

abrasivo os quais são chamados de “rolos lixa”. O conjunto de expansores está mostrado na Figura 11.



Figura 11 - Expansores eletromecânicos em máquina de dipagem

(fonte: <<http://www.indiamart.com/benninger-india/services.html>> acesso em 22/04/2012).

i. Flexibilizador

Sistema constituído de uma estrutura metálica que suporta um conjunto de escovas cilíndricas de material polimérico e cilindros com aletas metálicas inseridas e acionados por um sistema motorredutor utilizado sobre certos artigos com o objetivo de diminuir as tensões provocadas pelo processo de estiragem e dipagem das etapas anteriores visando facilitar o embobinamento e manuseio do tecido acabado. O flexibilizador está representado na Figura 12.

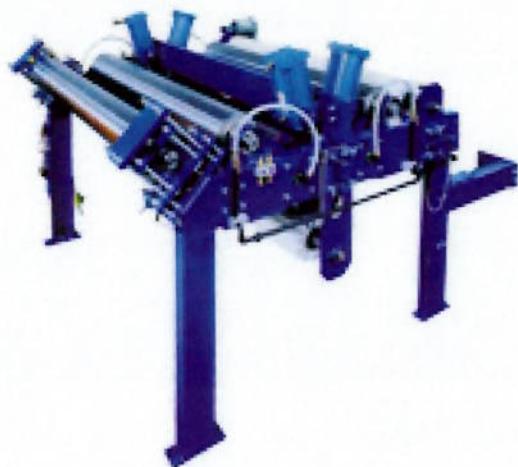


Figura 12 - Flexibilizador em máquina de dipagem

(fonte: < <http://www.calitzler.com/components>> acesso em 22/04/2012).

j. Acumulador de saída

Assim como o acumulador de entrada, é constituído por uma estrutura metálica de guias cercada por gradil de proteção e um sistema de suportes fixos e móveis com rolos de passamento acionados por um atuador hidráulico e que objetiva criar um pulmão de tecido enquanto o procedimento de corte e retirada da bobina acabada é executado. Tem a mesma concepção do acumulador de entrada representado na Figura 7.

k. Sistema de expansores auxiliares

Consiste de um conjunto de pares de rolos curvos recobertos de material elastomérico chamados de “rolos banana” destinados a promover a “abertura do tecido”. Seu acionamento é promovido através de atuadores pneumáticos tipo membrana acionados por válvulas de comando direcional comandada por paletas posicionadas nas laterais do tecido. Possui a mesma concepção construtiva representada na Figura 11.

I. Sistema ROLLINER

Refere-se a um conjunto de cilindros posicionados próximos a fase de embobinamento cujo objetivo é promover a correção do alinhamento do tecido antes deste ser propriamente enrolado. Possui um sistema de monitoramento promovido por sensores ópticos adequadamente posicionados e potenciômetros lineares que promover o comando necessário à atuação de sistemas eletromecânicos acoplados a rolos pivotantes recobertos por material abrasivo. Possui maior nível de sensibilidade se comparado com os sistemas anteriores destinados a centralização do tecido na linha de dipagem justamente por refletir diretamente sobre a qualidade do enrolamento do tecido, sendo este um importante parâmetro de qualidade para os clientes. A Figura 13 traz um exemplo desse sistema.



Figura 13 - Sistema Rolliner em máquina de dipagem

(fonte: < <http://www.calitzler.com/components> > acesso em 22/04/2012).

m. Bobinadeira

Sistema composto por um conjunto de dois rolos fixos recobertos por material elastomérico acionados por um conjunto motorredutor sobre os quais se posiciona um sistema de mandris onde se prende um rolete de madeira comandados por cilindros pneumáticos e dotados de movimento vertical através de guias e atuadores hidráulicos destinados a enrolar o tecido que acabou de ser dipado na instalação. À medida que o rolo tem seu diâmetro alterado pelo acúmulo sucessivo de camadas de tecido dipado um sistema de servoválvulas controla o movimento vertical do sistema a fim de garantir a pressão necessária à formação do rolo evitando seu desmoronamento. A Figura 14 mostra a bobinadeira.



Figura 14 - Bobinadeira em máquina de dipagem

(fonte: < <http://www.calitzler.com/components>> acesso em 22/04/2012).

n. Sistema elétrico e instrumentação

Sob esta classificação agrupam-se todos os recursos de comando de motores, processamento e sensoriamento e instrumentação instalados ao longo da linha de produção. Devido sua diversificação de pontos de instalação serão tratados de forma anexa ao conjunto mecânico a que estiver associado exceto quando o fato estiver relacionado ao processamento propriamente dito ou ao painel de comando da produção.

o. Sistemas acessórios

Sob o nome de sistemas acessórios enquadra-se toda a infraestrutura destinada a suprir os insumos e materiais destinados a possibilitar a dipagem dos tecidos de poliamida e que não fazem parte diretamente da linha de dipagem. Esta infraestrutura, apesar de não estar diretamente ligada a linha por onde o tecido é dipado, caso esteja com suas funções comprometidas, impossibilitará que o processo de dipagem aconteça. Abaixo apresentam-se os principais.

o.1. Tanques de armazenamento

Refere-se à estrutura destinada ao armazenamento e transferência dos insumos empregados na preparação da solução destinada a dipagem do tecido de poliamida. No total são da ordem de quatro tanques de diversas dimensões e materiais constituintes. Dentro os produtos armazenados destacamos solução de amônia, solução de formaldeído, água desmineralizada e látex sintético. A este sistema agregam-se as linhas e bombas peristálticas de transferência.

o.2. Tanques de preparação

Conjunto de quatro tanques metálicos com sistema de resfriamento do costado, sistema automatizado de dosagem e agitação destinado à preparação de resina e acabamento da resina com o látex sintético.

o.3. Tanques de maturação

Conjunto de oito tanques metálicos semelhante aos tanques citados acima onde após a mistura e preparação da solução esta permanece durante um tempo específico em maturação antes de ser vertida nas vascas para impregnação do tecido nas estações de dipagem.

o.4. Balança e embaladora

Sistema composta por uma embaladora semi automática destinada a aplicação de filme plástico protetivo no rolo acabado e balança de pesagem e etiquetagem do rolo pesado. O equipamento está representado na Figura 15.

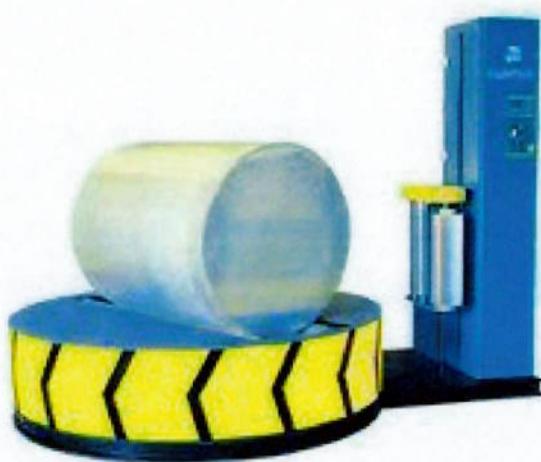


Figura 15 - Embaladora em máquina de dipagem

(fonte: <<http://www.stretchwrappingmachine.net/reel-wrapping-machine.html>> acesso em 22/04/2012).

0.5. Sistemas de elevação e transporte

Sob esta categoria enquadram-se os conjuntos de monovias e talhas destinadas ao abastecimento de tecido cru e a retirada de tecido dipado.

0.6. Sistema de arrefecimento

Refere-se ao circuito de água de resfriamento dos rolos de passamento e estiragem composta por dutos metálicos, torre de resfriamento e bombas centrífugas.

o.7. Sistema de armazenamento

Constitui-se de uma ponte rolante e diversas estruturas em trilhos elevados chamados de berços cujo objetivo é abrigar os rolos prontos até o carregamento para o cliente. Este conjunto encontra-se instalado em edifício anexo a área propriamente produtiva.

o.8. Sistemas de utilidades

Composto pelas instalações destinadas ao suprimento de ar comprimido, energia elétrica e água desmineralizada.

No anexo 1 apresenta-se um desenho esquemático da instalação de dipagem.

3 CONTEXTO DO TRABALHO DE CONFIABILIDADE

Neste capítulo descreve-se de forma sucinta o cenário de produção associado a telas dipadas e qual a visão de arranjo produtivo necessário para o atendimento do mesmo junto à estratégia de negócios do segmento de fios industriais e da unidade têxtil como um todo.

O segmento têxtil como um todo tem passado por um profundo movimento de desmobilização em regiões tradicionais do mercado têxtil. Isto fica evidente quando se observa a atual condição do mercado produtivo têxtil na América do Norte e na Europa onde os dados comerciais mostram tendência de importação de produtos têxtil como observado nas tabelas 1, 2, 3 e 4. Sendo este um segmento industrial intensivo em mão de obra o movimento natural do mesmo foi a sua concentração em regiões onde a abundância de mão de obra e o seu custo mais baixo propiciam as condições elementares para as vantagens em termos de menores custos de produção que impacta de maneira significativa a forma de comercialização dos produtos têxteis entre países e a forma de gerenciamento da produção.

Pode-se assim relacionar cerca de três tipos básicos de modelos de negócio coexistindo no mercado têxtil mundial:

- Indústrias focadas na obtenção de vantagens competitivas baseadas em escala de produção;
- Indústrias que buscam assegurar o domínio da produção com alta flexibilidade focada no atendimento de pequenos lotes de produção;
- Empresas com foco específico na criação de novos polímeros, fios, tecidos e demais artigos têxteis. Também com foco na criação de novos modelos organizacionais da produção e da abrangência e capacidade de distribuição.

Tabela 1 - Dados Estatísticos do Comércio Têxtil na Europa (fonte: <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/textiles/statistics/index_en.htm> acesso em 22/04/2012).

	Extra-UE27 comércio (milhões de euros)					% De crescimento 2007/2011
	2007	2008	2009	2010	2011	
Têxteis e vestuário						
Importações	80,416	80,577	75,219	83,936	92,007	14,4
Exportações	36,522	36,269	30,521	32,919	37,408	2,4
Saldo	-43,894	-44,307	-44,698	-51,017	-54,599	24,4
Têxtil (códigos NC 50-60 + 63)						
Importações	22,318	21,063	17,678	21,833	24,794	11,1
Exportações	19,898	18,913	16,015	17,772	19,282	-3,1
Saldo	-2,420	-2,150	-1,662	-4,060	-5,512	127,8
Vestuário (códigos NC 61-62)						
Importações	58,098	59,514	57,541	62,103	67,213	15,7
Exportações	16,624	17,356	14,506	15,146	18,126	9,0
Saldo	-41,474	-42,158	-43,035	-46,957	-49,087	18,4

Tabela 2 - Dados Estatísticos dos 10 maiores Fornecedores de Produtos Têxteis para a Europa (fonte: <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/textiles/statistics/index_en.htm> acesso em 22/04/2012).

	10 maiores fornecedores de produtos têxteis (milhões de euros)					
	2007	2008	2009	2010	2011	Ação
EXTRA-EUR	22,318	21,063	17,678	21,833	24,794	100,0
China	5,719	5,848	5,164	6,754	7,562	28,2
Turquia	3,886	3,485	2,948	3,404	3,938	17,2
Índia	2,413	2,248	1,883	2,276	2,624	11,2
Paquistão	1,580	1,511	1,383	1,611	1,924	7,4
EUA	1,002	966	796	964	1,001	4,6
Coréia do Sul	802	678	565	720	862	4,5
Suíça	985	904	743	791	810	3,4
Japão	569	572	414	520	610	2,9
Egito	350	309	269	386	469	2,1
Indonésia	460	401	307	422	455	2,0

Tabela 3 - Dados Estatísticos das exportações Norte Americanas de Produtos Têxteis
 (fonte:<http://www.bis.doc.gov/defenseindustrialbaseprograms/osies/defmarketresearchrpts/texreport_ch1.html> acesso em 22/04/2012).

Embarques dos Estados Unidos de Têxteis 1997-2001 (\$ Milhões)							
NAICS	Descrição	1997	1998	1999	2000	2001	Mudança por cento 1997-2001
31311	Mills fio, fibra, e Thread	12.897	12.669	11.904	11.334	10.030	-22%
313111	Fiação	8143	7943	7216	6374	5720	-30%
313112	Jogando fio	4232	4123	4376	4586	4033	-5%
313113	Fio	522	603	311	374	278	-47%
3132	Fábricas de Tecidos	29.980	29.688	27.900	26.410	22.604	-25%
31321	Tecido Broad	18.269	18.306	16.655	15.562	13.295	-27%
31322	Tecido estreito	1646	1711	1834	1759	1724	5%
31323	Não-tecido	4368	4416	4674	4873	4407	1%
31324	Tecidos de malha	5697	5255	4737	4216	3179	-44%
3133	Acabamento e Revestimento Mills *	6896	6554	6245	6326	5905	-14%
	Total	49.773	48.911	46.049	44.070	38.540	-23%

Tabela 4 - Dados Estatísticos Exportações e importações Norte Americanas de Produtos Têxteis por classe

(fonte:<http://www.bis.doc.gov/defenseindustrialbaseprograms/osies/defmarketresearch/rpts/texreport_ch1.html> acesso em 22/04/2012).

EMBARQUE DOS ESTADOS UNIDOS, IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE PRODUTOS TÊXTEIS 1997-2002 (\$MILHÕES)								
NAICS	Descrição	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Alterar 1997-2001
Os embarques dos EUA								
3141	Têxtil Furn. Mills	20.296	20.656	21.119	22.436	21.793	N / A	7%
31411	Tapetes e carpetes	11.493	12.070	11.636	12.748	12.659	N / A	10%
31412	Cortinas e lençóis	8803	8538	9433	9688	9134	N / A	4%
3149	Outros produtos da Textile Mills	10.756	10.479	11.570	11.219	10.178	N / A	-5%
31491	Sacos têxteis e de lona	2502	2516	2606	2598	2464	N / A	-2%
314991	Corda, cordas, e Cordéis	777	765	804	821	809	N / A	4%
314992	Cordage pneu e Tecido pneu	1269	1300	1428	1479	1038	N / A	-18%
As importações americanas (CIF Custo, seguro e frete)								
3141	Têxtil Furn. Mills	2985	3613	4185	5018	5089	6089	70%
31411	Tapetes e carpetes	951	1109	1.1248	1464	1410	1531	47%
31412	Cortinas e lençóis	2024	2504	2937	3554	3579	4556	82%
3149	Outros produtos da Textile Mills	757	826	839	901	931	1.021	21%
31491	Sacos têxteis e de lona	342	387	410	438	462	503	35%
314991	Corda, cordas, e Cordéis	223	229	220	249	259	270	17%
314992	Cordage pneu e Tecido pneu	202	210	208	214	210	247	43%
Exportações dos EUA (FAS-Free ao lado)								
3141	Têxtil Furn. Mills	1297	1295	1197	1246	1151	1085	-11%
31411	Tapetes e carpetes	858	825	772	791	711	684	-17%
31412	Cortinas e lençóis	439	469	425	455	441	401	0%
3149	Outros produtos da Textile Mills	299	310	310	308	285	288	-5%
31491	Sacos têxteis e de lona	76	81	79	73	71	77	-7%
314991	Corda, cordas, e Cordéis	63	75	69	78	81	86	28%
314992	Cordage pneu e Tecido pneu	159	154	162	158	133	126	-16%

Dentro dessa avaliação o negócio de fios industriais caracteriza-se como uma *commodity* onde os diferenciais competitivos estão fortemente atrelados a escala de produção e aos patamares de custo fixo associados à operação.

Além dos aspectos abordados há também a importação de telas já dipadas e pneus prontos trazidos pelos fabricantes de pneus em condições comerciais e logísticas muitas vezes mais competitivas do que as oferecidas no mercado interno.

Atuando junto a alguns grandes clientes nacionais produtores de pneus percebeu-se nos últimos anos uma diminuição progressiva dos volumes envolvidos, obrigando um exercício interno de readequação da organização produtiva da área de dipagem em função de crescentes níveis de ociosidade na instalação. Outro aspecto relevante consiste na alteração da forma de atendimento exigido pelos clientes que passaram a reduzir de maneira drástica seus estoques intermediários exigindo adequação dos tempos de entrega e produção de toda a cadeia envolvida.

Assim a empresa objeto do estudo passou a formular uma estratégia focada no atendimento diferenciado de seus clientes quer em tempo entre pedido e entrega do item quer na assistência técnica disponibilizada.

No âmbito da fabricação pode-se descrever como linhas gerais do projeto de competitividade a redução dos estoques intermediários com o estabelecimento do lead-time em consonância com o estabelecido pelo cliente; redução de um turno de trabalho de forma a reduzir os custos fixos envolvidos analisando as atividades desempenhadas de forma a otimizá-las através da simplificação ou eliminação de tarefas; o fortalecimento da presença técnica no cliente garantindo um atendimento e um canal de comunicação direto; e por fim o incremento do nível de confiabilidade da instalação com o objetivo de garantir que os ganhos de produtividade, a otimização dos turnos de trabalho e os patamares de desempenho conseguidos sejam efetivos.

Definidas as diretrizes estratégicas acima estabelecidas foi conduzida a oficialização do trabalho de análise de confiabilidade da instalação com o estabelecimento do time multifuncional envolvido e da coordenação do trabalho sendo firmado entre as gerências de produção do negócio de fios industriais e a gerência de manutenção da unidade os objetivos e prazos do trabalho. Os detalhes do grupo, sua forma de organização, papéis e demais definições sobre a estrutura e estratégia do trabalho são explorados como parte introdutória do capítulo 5 do presente trabalho o qual irá discorrer sobre o modelo proposto.

4 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Frente à necessidade de desenvolvimento do trabalho já exposto, tendo como cenário a empresa objeto do estudo, buscou-se efetuar sua fundamentação teórica com vistas a suprir a necessidade de conceitos com relação ao tema, bem como o estabelecimento da estratégia de condução do trabalho ponderando características funcionais e estruturais da área de produção e manutenção.

Com isso foram estabelecidos três grandes eixos para a pesquisa e fundamentação teórica:

O eixo da Administração, tendo por base a necessidade do conhecimento a respeito dos fatores de organização do trabalho e definição de estratégia que deveriam permear a constituição do mesmo. A estrutura em si do funcionamento do grupo multidisciplinar, a forma de registros e ordenação das reuniões de trabalho, a definição de ações estratégicas que deveriam ser submetidas à direção da empresa e conceitos como detecção e análise de falhas e gerenciamento de projetos foram objetos deste estudo.

O eixo da Engenharia de Confiabilidade, sendo esta focada no estudo da abordagem necessária à identificação do estado dos conjuntos funcionais da instalação objeto do estudo, do desenvolvimento dos modelos de análise dos dados e dos modos e efeitos das falhas das máquinas bem como da estrutura técnica e estatística envolvida com o manuseio dos dados e as conclusões a que estes sinalizariam e os aspectos de gestão da confiabilidade.

Por fim, o eixo da Manutenção Centrada em Confiabilidade, a qual busca a identificação e descrição das funções do equipamento, seus padrões de desempenho requeridos, bem como o contexto operacional onde o mesmo se enquadra. Estabelece também claramente a falha funcional bem como a orientação de como se identificar as ações de natureza preventiva e preditiva para a mitigação das falhas.

Se iniciará pela abordagem da Confiabilidade, por ser esta a base do trabalho que se buscou desenvolver.

4.1 CONCEITOS DE ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE

A confiabilidade pode ser entendida como uma grandeza associada com a capacidade de um determinado produto ou bem operar em determinadas condições de solicitação e desempenho por um determinado período de tempo, sendo estes parâmetros pré-estabelecidos e específicos. Sua necessidade, sob a óptica da aplicação na manufatura e manutenção de bens industriais bem como na continuidade operacional dos bens de capital utilizados para produção dos bens e serviços de consumo, reside basicamente na avaliação de como lidar com o risco dos efeitos das falhas e sob a percepção deste risco. Os sistemas industriais atuais estão, por força do desenvolvimento tecnológico e pela necessidade de inovação que os mercados impõem, em níveis de complexidade bastante superiores a algumas décadas atrás o que estabelece novos e inéditos patamares de riscos no que se refere ao desenvolvimento, manuseio, manutenção e desempenho dos equipamentos que compõem o sistema.

Conforme O'CONNOR (1985, p. 2): "Competição, a pressão de programas e prazos de entrega, o custo das falhas, a rápida evolução de novos materiais, métodos e sistemas complexos, a necessidade de reduzir os custos dos produtos e considerações de segurança, todos aumentam os riscos associados ao desenvolvimento de produtos.". Assim, o risco representa uma medida qualitativa da consequência da falha de determinado produto ou da não concretização dos valores e/ou efeitos esperados com determinado projeto, seja sob o aspecto mercadológico, tecnológico, econômico ou jurídico potencialmente associados ao projeto e/ou sistema sob análise. Esta abordagem encontra-se representada na Figura 16.



Figura 16– Pressões que induzem a percepção do risco
(O'CONNOR, 1985, tradução do autor)

A engenharia de confiabilidade foi desenvolvida com o objetivo de gerenciar estes riscos, sendo que seus métodos podem ser aplicados para projetar, desenvolver e gerenciar o controle do nível de risco envolvido (O'CONNOR, 1985).

Por estar associada a valores de qualidade e desempenho dos produtos, a confiabilidade tem-se tornado um valor cada vez mais percebido pelos clientes em suas diversas formas de relacionamento, quer interno ou externo, com as corporações, impregnando de maneira indelével a imagem das mesmas.

As perdas associadas à credibilidade e aos custos de retrabalho e “garantia” envolvidos com a falha do produto também podem ser extrapoladas para as relações interdepartamentais dentro de uma mesma empresa impactando em questões tangíveis de relacionamento e desempenho dos indicadores das áreas.

Comumente a abordagem de qualidade de algo se associa a execução de um teste, ou de verificação de parâmetros produtivos e funcionais em que o produto ou passa ou é reprovado, algo semelhante a abordagem dada por critério de inspeção e nas atividades típicas de inspetores. Há uma alteração da percepção de qualidade comum quando considera-se a confiabilidade, passando esta a ser associada a um conceito baseado no tempo.

Segundo O'CONNOR (1985, p.3): “[...], confiabilidade é geralmente associada com falhas no domínio do tempo. Esta distinção marca a diferença entre o tradicional controle de qualidade e a moderna aproximação para a confiabilidade.”

Pode-se perceber que a confiabilidade se volta para a ocorrência de falhas ao longo da vida de um determinado bem, o que está profundamente associado aos níveis de incerteza existentes no desenvolvimento de produtos e sistemas, quer seja sob algo referente a uma tecnologia ainda não totalmente consolidada, quer seja relacionado a aceitação de determinado produto pelo mercado consumidor.

Se estabelecido um período de tempo para o qual o produto ou bem deve desempenhar uma determinada função a confiabilidade é determinada como uma probabilidade associada a este desempenhar esta função, ou como apontado por O'CONNOR (1985, p.4): “A probabilidade que um item desempenhará uma função requerida, sem falhar, sob determinada condição de uso e por um determinado período de tempo.”

Ou seja, a probabilidade de que um sistema sobreviva ao menos o período de tempo esperado. (LEWIS, 1996). Sua determinação, portanto, passa necessariamente pelo emprego de métodos estatísticos.

É importante destacar a avaliação de que para o mesmo item, aplicado sob condições de uso e ambientes diferentes, haverá variação no nível de confiabilidade com que desempenhará sua função. Busca-se, costumeiramente garantir a máxima confiabilidade do objeto de estudo. A incerteza associada a sua determinação, dentre outras causas, encontra-se associada as diferenças encontradas entre as condições de projeto do produto e sua real condição de uso e ambientes em que se encontra operando.

A confiabilidade pode ser quantificada de outras formas, como por exemplo, através do número médio de falhas em um dado tempo, ao que se chama taxa de falhas, através do tempo médio entre falhas (MTBF) para itens reparáveis, e através do tempo médio para falhar (MTTF) para itens não reparáveis.

Para itens reparáveis assume-se muitas vezes que a falha se manifesta a uma taxa constante a qual resulta em: $\lambda = (\text{MTBF})^{-1}$.

Deve-se distinguir entre itens reparáveis e não reparáveis quando busca-se avaliar a confiabilidade. Itens não reparáveis como lâmpadas, por exemplo, tem como conceito de confiabilidade a probabilidade de funcionamento ao longo da vida esperada do objeto, ou durante um período de sua vida na qual poderá ocorrer somente uma falha. A probabilidade instantânea, durante a vida do item, de ocorrer a primeira e única falha dado que o item está operacional é chamada de taxa de risco (O'CONNOR, 1985). Há também a possibilidade da mensuração da confiabilidade do objeto, para estes casos através de valores como a vida média, ou o tempo médio para falhas (MTTF), ou ainda, a vida referente a um percentual de amostras falharem. Um item pode ser entendido como não reparável tanto sendo partes individuais como sistemas complexos compostos de diversas partes nos quais quando há a falha de um componente o sistema todo falha solidariamente sendo, portanto, sua confiabilidade função da primeira falha de um de seus componentes. Como se trata de um item não reparável, não há sentido em se estabelecer uma taxa de falhas para o mesmo.

De maneira complementar, componentes que podem ser reparados após sua falha tem sua confiabilidade avaliada pela probabilidade da falha não ocorrer no período de interesse, quando mais que uma falha pode ocorrer (O'CONNOR, 1985).

No que se refere a dimensão associada à ocorrência de falhas ao longo de um tempo contínuo, é perfeitamente possível se estabelecer uma taxa de falha a qual estabelece a probabilidade instantânea por unidade de tempo (O'CONNOR, 1985) .Esta pode ser entendida como a probabilidade condicional de um componente que está funcionando em um instante de tempo qualquer, falhar no instante seguinte. Considerando-se as falhas ao longo da vida operacional de uma determinada amostra de componentes pode-se dizer que a taxa de falha mede a taxa instantânea de ocorrência de falhas condicionadas à um tempo de operação contraposta a densidade de falhas que mede a frequência de ocorrência de falhas nos mesmos componentes, o que será visto mais a frente. Aspectos como obsolescência, custo do reparo, entre outros fatores, influenciam na avaliação de um item ser reparável ou não.

Outro aspecto relevante a se considerar é a de disponibilidade de itens reparáveis, sendo esta afetada pela frequência de ocorrência de falhas já abordada acima e pelo tempo de manutenção associado a ações corretivas ou preventivas.

Basicamente a taxa de falha pode se apresentar decrescente, crescente ou constante ao longo do tempo. Seu comportamento ao longo do tempo é um componente de avaliação da confiabilidade e indicativo das causas da falha. Taxas de falha constantes estão associadas a condições operacionais com sobrecargas ou falhas induzidas por intervenções de manutenção em equipamentos mecânicos (O'CONNOR, 1985). Taxas de falha crescentes estão, via de regra, associadas a fenômenos de deterioração da resistência do item, como por exemplo, em casos de fadiga do material, desgaste e modos de falha tipicamente associados a componentes sujeitos a mecanismos de degradação ao longo do tempo. Taxas de falha decrescentes estão associadas a itens onde se torna menos comum a ocorrência de falhas a medida que seu tempo de operação aumenta. A combinação desses efeitos gera a conhecida Curva da Banheira (O'CONNOR, 1985) como indicado na Figura 17.

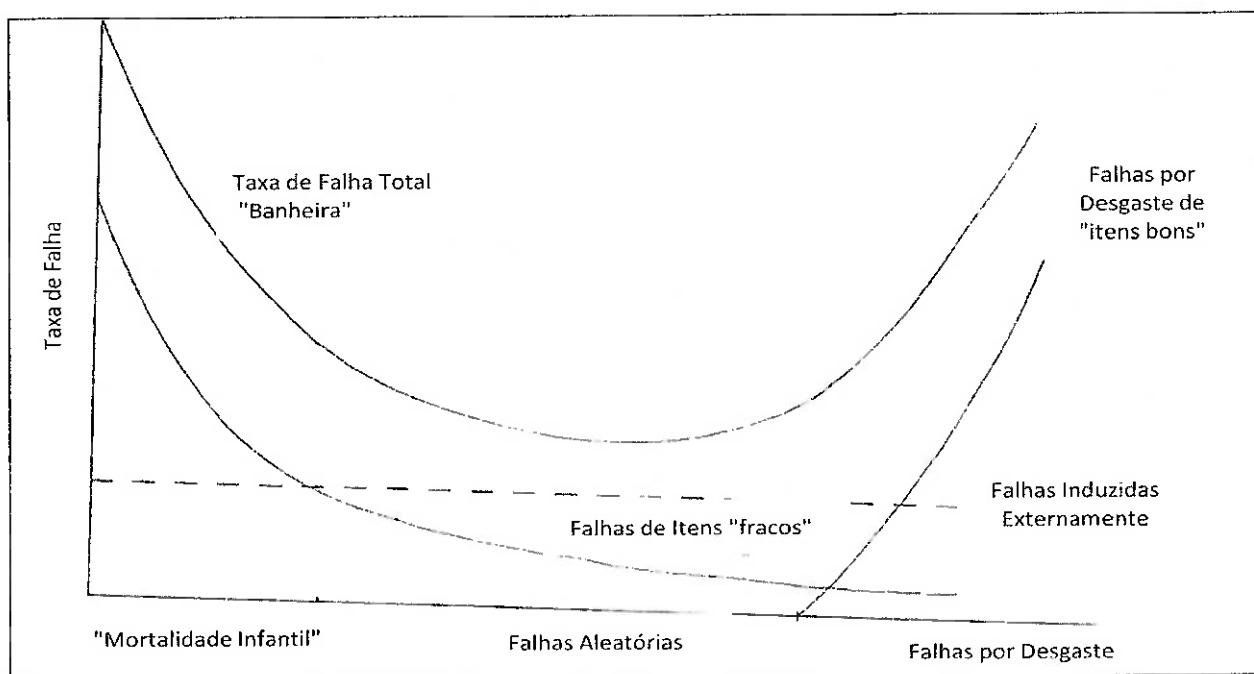


Figura 17 – Curva da Banheira (O'CONNOR, 1985)

No caso de itens reparáveis o padrão de falhas, medido pela taxa de falha, também pode ser variável com o tempo, sendo uma taxa de falha constante indicativo de falhas induzidas externamente; também é tipicamente indicativo de sistemas sujeitos a reparos e revisões nas quais diferentes partes exibem diferentes padrões de falha ao longo do tempo além de partes com diferentes idades de trabalho em função de reposições e reparos (O'CONNOR, 1985). Da mesma forma estes sistemas podem apresentar um decréscimo da taxa de falha causada pelo efeito das trocas e reparos progressivos restabelecendo pontualmente a condição de desempenho operacional e a vida esperada o que reflete no desempenho do sistema. O acréscimo nas taxas de falha para os mesmos ocorre por sua vez quando os modos de falha associados a desgaste tornam-se predominantes.

A associação desses efeitos também pode ser representada pela Curva da Banheira, como já visto, apenas com o cuidado de substituir no eixo das abscissas o termo taxa de falha ao invés de taxa de risco.

A confiabilidade pode ser encarada como um parâmetro de eficiência e eficácia dos sistemas e equipamentos para os quais se pretende mensurá-la. Este fato está relacionado a sua importância junto aos sistemas cada vez mais complexos da moderna tecnologia. Isto fica evidente quando se pensa em sistemas militares, sistemas aeronáuticos e de transporte em massa. Também é possível extrapolar o mesmo conceito para sistemas em que a falha, ao se manifestar, provoca perdas expressivamente menores. Nesses termos a confiabilidade pode ser substituída por outros parâmetros como o de disponibilidade, já que este é sempre afetado pela confiabilidade no contexto da manutenção. Assim a confiabilidade e a manutenibilidade são relacionados à disponibilidade pela relação abaixo:

Disponibilidade = MTBF / (MTTR + MTBF), sendo o MTTR o tempo médio para reparo e o MTBF o tempo médio entre falhas. Estes conceitos serão explorados em maior profundidade ao longo do trabalho.

A dificuldade na relação direta entre a confiabilidade e outros parâmetros de comparação reside no fato de que a medida da confiabilidade somente pode ser feita de maneira mais confiável através de limites estatísticos impostos pelo número de

dados disponíveis. A abordagem de tentar mensurar a confiabilidade por meios não estatísticos carrega em si grande quantidade de incerteza tornando sua validade de certa forma questionável. Assim os métodos usados para quantificar a confiabilidade são métodos probabilísticos e estatísticos, pois em trabalhos de confiabilidade está-se invariavelmente lidando com incertezas, as quais são proporcionalmente maiores quanto mais complexos forem os sistemas sob estudo.

Conhecendo-se a taxa média de falha de um determinado componente não é possível afirmar com absoluta certeza qual dos n componentes iguais instalados falhará e em qual exato momento isto ocorrerá. O que pode-se estabelecer é qual a probabilidade da falha ocorrer ao longo de uma campanha operacional.

Como apontado por O'Connor (1985, p.17 - tradução nossa): "Nós podemos ir além e estabelecer que, com os limites estatísticos de confiabilidade estabelecidos, a probabilidade de falha encontra-se entre certos valores acima e abaixo desta probabilidade."

A estatística associada à confiabilidade pode ser geralmente dividida em três espécies de abordagem: estatística de funções discretas, estatística de funções contínuas e estatística de eventos aleatórios. A estatística de funções discretas na confiabilidade se ocupa do estudo de sistemas com dois estados discretos, ou seja, se o equipamento está ou não operacional. É o caso, por exemplo, de um vaso de pressão que pode passar ou falhar no teste hidrostático. Na estatística de funções contínuas se descrevem situações de confiabilidade que são governadas por uma variável contínua como um tempo ou distância percorrida. Equipamentos eletrônicos e/ou mecânicos podem ter funções de confiabilidade inseridas nessa classificação. A distinção esta associada mais a como o problema é tratado e não necessariamente ao fenômeno físico associado. No exemplo de um vaso de pressão o fato de sua aprovação ou falha no teste hidrostático pode ser função de sua idade o que possibilita que sua confiabilidade seja tratada, neste caso, como uma função contínua (O'Connor, 1985).

Já a estatística de eventos aleatórios está associada a sistemas reparáveis, onde mais de uma falha pode ocorrer em um tempo contínuo. Assim, uma sequência de eventos aleatórios são aqueles em que a ocorrência de um evento não tem influência

na ocorrência de outro, ou seja, a ocorrência de falhas é considerada como eventos independentes.

A adoção do método estatístico que será aplicado dependerá do problema a ser estudado e do tipo de dado disponível.

O tratamento dos dados de falhas coletados junto aos equipamentos sob análise de confiabilidade devem ser conduzido de forma probabilística, sobretudo observando sua adequação a um dos vários tipos de distribuição probabilística existente. Essas distribuições probabilísticas consistem do resultado do adensamento de dados de amostragem e redução dos intervalos de medição do histograma representativo da base de dados em análise.

Sendo T o tempo até ocorrer a falha uma variável aleatória pode-se definir a função densidade de probabilidade como sendo (Simões, 2008):

$$f(t) \cdot \Delta t = P\{t < T < t + \Delta t\} \quad (4.1)$$

Definindo-se $F(t)$ a função probabilidade acumulada, determina-se que:

$$F(t) = P(T < t) \quad (4.2)$$

Assim, $F(t)$ expressa a probabilidade de uma falha ocorrer até um determinado tempo t , enquanto $f(t)$ representa a função densidade de probabilidade da falha.

$F(t)$ é crescente ao longo do tempo atingido o valor unitário quando t tende a infinito

No Gráfico 1 encontra-se representada a função probabilidade acumulada $F(t)$.

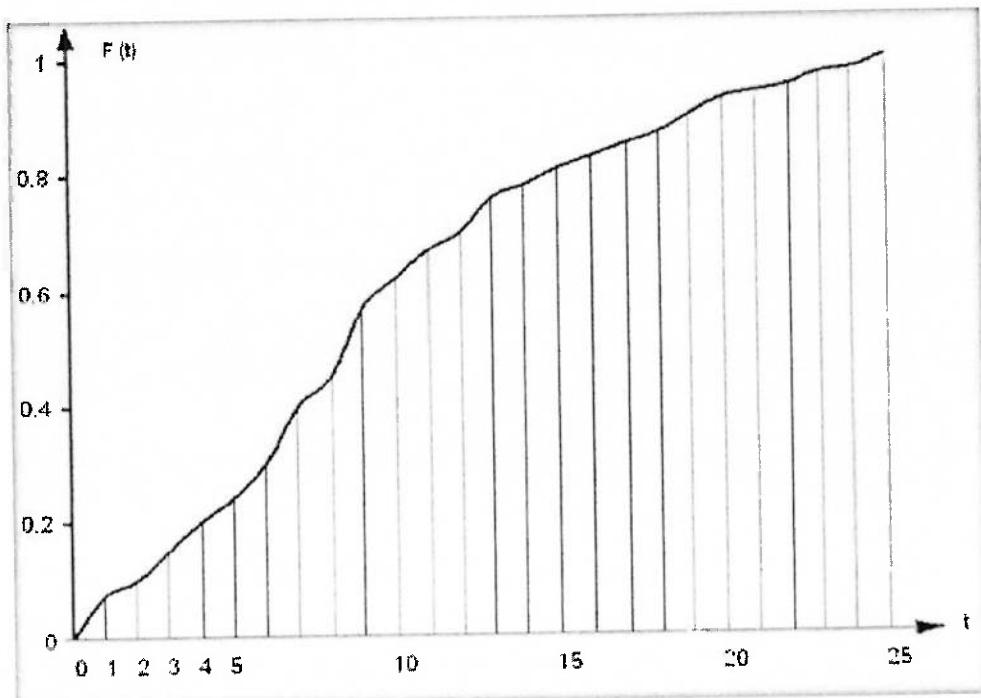


Gráfico 1 - Função de Probabilidade Acumulada $F(t)$

Fonte: Leitch apud Simões - 2008

Em confiabilidade há interesse na probabilidade de um item manter sua função durante um determinado intervalo (seja este medido em tempo, distância, ou outra variável qualquer), ou seja, que não haja falha.

Esta probabilidade é dada pela função confiabilidade $R(x)$, disto segue que:

$$R(x) = 1 - F(x) \quad (4.3)$$

Ou como em Simões (2008):

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (4.4)$$

O Gráfico 2 representa a função confiabilidade.

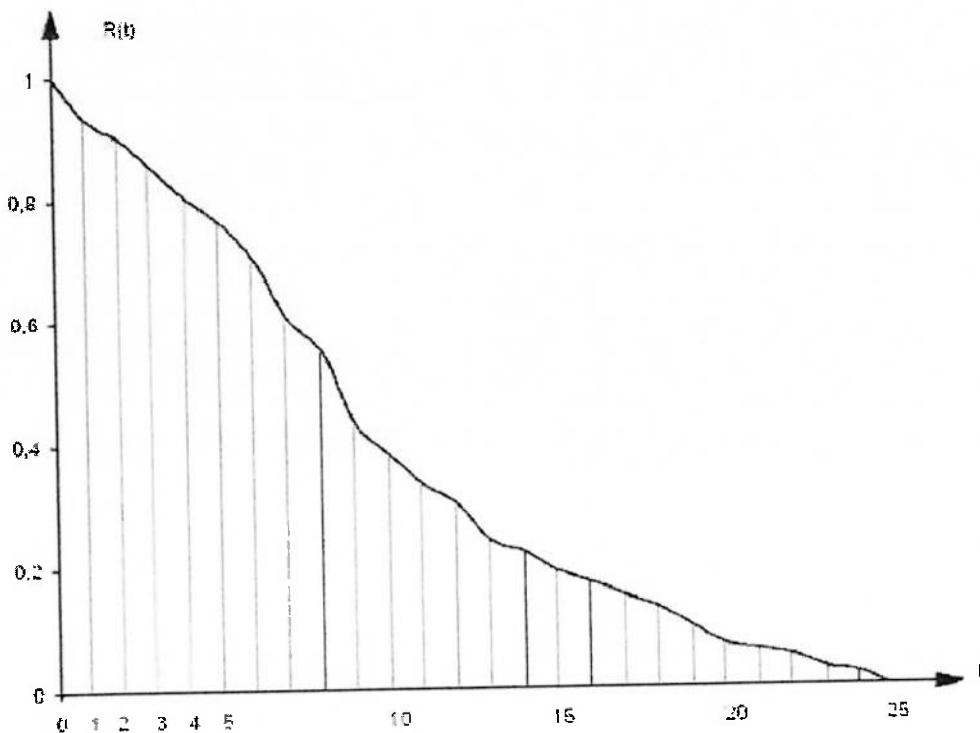


Gráfico 2 - Função de Confiabilidade $R(t)$

Fonte: Leitch apud Simões - 2008

Sendo $F(x)$ a função cumulativa da distribuição da probabilidade de falhas dada por:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx \quad (4.5)$$

Onde $f(x)$ é a função densidade de probabilidade de falhas :

$$f(x) = \frac{n_x}{N} \quad (4.6)$$

Sendo n_x o número de itens que falharam no x -ésimo intervalo de tempo. Em N elementos que iniciaram a operação.

Assim pode-se escrever que:

$$R(x) = 1 - F(x) = \int_x^{\infty} f(x)dx = 1 - \int_{-\infty}^x f(x)dx \quad (4.7)$$

A função risco ou taxa de risco $h(x)$ é a probabilidade condicional de falha no intervalo x para $x+dx$, dada por:

$$h(x) = \frac{f(x)}{R(x)} = \frac{f(x)}{1-F(x)} \quad (4.8)$$

E a função de risco acumulado H(x) é dada por:

$$H(x) = \int_{-\infty}^x h(x)dx = \int_{-\infty}^x \frac{f(x)}{1-F(x)} dx \quad (4.9)$$

As distribuições de probabilidade estabelecem os modelos estatísticos sob os quais são avaliados os dados de falha a fim de estabelecer meios de descrição do fenômeno envolvido. Existem alguns modelos de distribuição estatística particularmente frequentes nos trabalhos de confiabilidade. Neste trabalho será exposto de maneira superficial os principais modelos a fim de situar sua importância de acordo com o problema analisado e destaca-se a distribuição de maior aplicação aos modelos de confiabilidade em função de sua alta flexibilidade, no caso a distribuição de Weibull.

Dentre estas distribuições tem-se a chamada distribuição binomial destinada a descrição de situações nas quais há somente duas respostas possíveis, tal como aprovado ou reprovado em ensaios de vasos de pressão, e onde a probabilidade se mantém a mesma para todos os testes. Por esta razão ela é obviamente muito usual em trabalhos de qualidade tendo como função densidade de probabilidade a seguinte equação:

$$f(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{(n-x)} \quad (4.10)$$

Esta é a probabilidade de obter x bons itens e (n-x) itens ruins em uma amostragem de n itens quando a probabilidade de selecionar um item bom é p e de selecionar um item ruim é q.

A distribuição de Poisson refere-se a eventos que ocorrem com uma taxa média constante com somente uma de duas saídas contáveis, o número de falhas em um dado tempo, sendo expressa pela seguinte função densidade de probabilidade:

$$f(x) = \frac{(\mu t)^x}{x!} \exp(-\mu t) \quad (x = 0, 1, 2, \dots) \quad (4.11)$$

onde μ é a taxa média da ocorrência de falhas . A distribuição de Poisson pode também ser considerada como uma distribuição binomial, no qual n é considerado infinito.

A distribuição Normal ou Gaussiana é dada pela expressão:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma(2\pi)^{1/2}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (4.12)$$

na qual μ é o parâmetro de localização central , igual à média. A moda e a mediana são coincidentes com a média, pois a distribuição é simétrica e σ é o parâmetro de escala da distribuição, representando o desvio padrão da distribuição dos tempos até a falha.

Uma população representada pela distribuição normal tem variações simetricamente dispostas sobre a média. Uma razão importante para a ampla aplicação da distribuição normal reside no fato que quando um valor é submetido a muitas fontes de variação, independente de como estas variações estão distribuídas, o resultado da distribuição composta pode ser modelado pela distribuição normal.

Outra distribuição com aplicação em alguns casos associados a trabalhos de confiabilidade é a distribuição lognormal a qual possui maior versatilidade em comparação a distribuição normal tendo uma série de formas possibilitando um melhor ajuste aos dados de tempo até a falha. Na distribuição normal a taxa de falha aumenta com o aumento de x. A distribuição lognormal descreve as situações de confiabilidade nas quais a taxa de falha aumenta de x=0 até um valor máximo e então decresce. também nesta distribuição σ representa do desvio padrão da distribuição dos tempos até a falha. Sua função densidade de probabilidade é descrita pela expressão:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma x(2\pi)^{1/2}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] & (\text{para } x \geq 0) ; \\ 0 & (\text{para } x < 0) \end{cases} \quad (4.13)$$

Sendo μ a média no domínio logarítmico e σ o desvio padrão no domínio logarítmico.

A distribuição exponencial descreve situações de confiabilidade em que a taxa de falha é constante. Sua função densidade de probabilidade é expressa por:

$$f(x) = \begin{cases} a \exp(-ax) & (\text{para } x \geq 0) \\ 0 & (\text{para } x < 0) \end{cases} \quad (4.14)$$

Pela taxa de falha ser em várias ocasiões independente do tempo, principalmente para componentes eletrônicos, é possível substituir a variável x por t sendo a taxa de falha constante expressa por λ . O tempo médio até a falha é dado por $1/\lambda$, sendo que a função densidade de probabilidade torna-se:

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad (4.15)$$

A probabilidade de não ocorrerem falhas antes do tempo t , obtida pela integração da equação acima de 0 até t subtraído de 1, a qual recebe o nome de função confiabilidade é dada por :

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = \exp(-\lambda t) \quad (4.16)$$

Quando se está estudando itens suscetíveis a reparo o termo λ é chamado de taxa de falha, sendo a expressão $1/\lambda$ o tempo médio entre falhas (MTBF).

Por fim tem-se a distribuição de Weibull a qual tem a propriedade de se ajustar a muitas distribuições de vida através do ajuste dos parâmetros da distribuição. Isso é particularmente útil a trabalhos de confiabilidade sendo sua função densidade de probabilidade expressa por:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{\beta}{\eta} t^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right], & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (4.17)$$

Sendo a função confiabilidade correspondente:

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right]; \text{ e a taxa de risco é } \frac{\beta}{\eta} t^{\beta-1}. \quad (4.18)$$

onde β é o parâmetro de forma e η é o parâmetro de escala, ou vida característica. Trata-se da vida na qual 63,2% da população em estudo terá falhado. O parâmetro η define também o espalhamento da distribuição ao longo do eixo das abscissas.

Quando $\beta=1$ a taxa de falhas é constante, gerando falhas aleatórias com η = vida média ($1/\lambda$).

Quando $\beta<1$ resulta em falhas precoces com o decréscimo da taxa de falha associada à função confiabilidade.

Quando $\beta>1$ tem-se a degradação por envelhecimento onde se observa um incremento na taxa de falha associada a função confiabilidade.

A distribuição normal é aproximadamente obtida quando $\beta = 3,5$. Isso demonstra a versatilidade da distribuição de Weibull em modelar um amplo universo de distribuições de característica de falhas em ativos.

Uma maneira que possibilita uma rápida avaliação sobre qual tipo de distribuição melhor se adapta a amostra de dados disponíveis bem como os parâmetros de avaliação de intervalos de confiabilidade dessa amostra reside no uso e aplicação de papéis probabilísticos os quais consistem de diagramas sobre os quais realiza-se a inserção dos dados obtidos no estudo que se deseja realizar obtendo informações sobre parâmetros das distribuições específicas aos mesmos. A principal facilidade reside no fato de que o tratamento estatístico tipicamente exigido nestes trabalhos deu-

se muito mais durante a "obtenção" do papel probabilístico pelo seu desenvolvedor do que propriamente pelo usuário final do mesmo.

Quando aborda-se a engenharia de confiabilidade pode-se afirmar que a análise de probabilidade envolvendo a distribuição de Weibull é o mais amplamente utilizado modelo estatístico, sobretudo pela flexibilidade que esta distribuição apresenta para sua aplicação aos padrões de falha de equipamentos.

O papel probabilístico de Weibull, indicado na figura 18, é obtido através da transformação da expressão (O'Connor - 1985) :

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[-\left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (4.19)$$

fazendo-se com que γ , que representa o tempo operacional mínimo livre de falha, seja 0, tem-se:

$$\frac{1}{1 - F(t)} = \exp \left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta \quad (4.20)$$

Aplicando-se:

$$\ln \ln \frac{1}{1 - F(t)} = \beta \ln t - \beta \ln \eta \quad (4.21)$$

define-se uma linha reta do tipo : $y = ax + b$, que representa o papel indicado na Figura 18.

Assim o papel de Weibull é construído tendo-se uma escala Di-log no eixo das ordenadas (y), que representa a probabilidade acumulada de falha (ou porcentagem de falha), e a abscissa (x) é uma escala Mono-log representando o tempo decorrido até a falha. A inclinação da linha reta traçada neste papel será β , o parâmetro de forma."

Deve-se destacar que para sistemas reparáveis o parâmetro a se considerar é a taxa de falha do sistema sob estudo, sendo nos sistemas não reparáveis o tempo até a primeira falha o mais importante a se analisar.

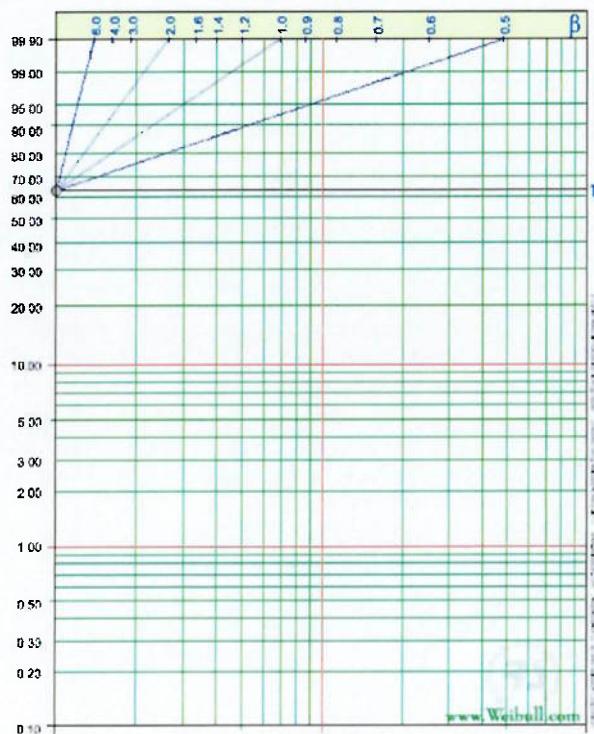


Figura 18- Modelo de Papel Probabilístico de Weibull
 (fonte:< <http://www.weibull.com/GPaper/index.htm>> acesso em 19/08/2012)

4.1.1 Ferramentas de análise de confiabilidade

Nos estudos de confiabilidade há algumas ferramentas e métodos amplamente difundidos e que visam determinar, em diversos níveis, a correlação entre falhas num sistemas de dispositivos e/ou determinar os efeitos e as formas como estes diversos dispositivos falham, quer seja com base no histórico de funcionamento dos sistemas em estudo quer seja pela avaliação baseada na similaridade com outros sistemas existentes ou pelo princípio técnico e físico de funcionamento do mesmo.

Dentre estas ferramentas, merecem menção, pela ampla aplicação o FMECA e o FTA.

O FMECA (*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*), consiste de um método estruturado que parte da avaliação dos diversos componentes de um sistema

buscando identificar seus modos de falha, os efeitos que essas falhas causam no sistema e a criticidade desses efeitos . Tem como base referencial o procedimento US MIL-STD-1629 - (*Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*) que estabelece a forma de aplicação do FMECA, ponderações sobre sua adaptabilidade a cada projeto sob estudo e o impacto do mesmo como ferramental de avaliação como pode ser observado pela afirmativa presente no referido documento (US-MIL-STD-1629A - 1982- pg.2-Tradução do autor):" A análise FMECA adequadamente realizada é uma ferramenta que proporciona resultados de grande valor para aqueles que são responsáveis pela tomada de decisões sobre a viabilidade do programa e sua adequação no que se refere a abordagem de projeto."

Seu princípio básico é a avaliação de cada modo de falha de cada componente constituinte de um sistema e a determinação do efeito dessa falha na operacionalidade do sistema. Estes podem ser considerados em mais que um nível podendo ser baseado em uma abordagem do equipamento de maneira integral ou em multiníveis com base na avaliação parcial de conjunto em razão de alguma função específica a ser analisada.

O procedimento US-MIL-STD-1629 preconiza dois métodos básicos para a realização do FMECA, sendo que em ambos tem-se como produto final um documento de análise. O primeiro método corresponde a um método não quantitativo, destinado a destacar os modos de falha cujos efeitos seriam considerados importantes no que se refere a severidade, capacidade de detecção, manutenibilidade ou segurança. O segundo método considera a probabilidade ou taxa de falha, a taxa dos modos de falha e uma avaliação quantitativa da criticidade, ordenando sob este aspecto os diversos componentes ou funções.

Esta taxa de criticidade pode ser calculada de acordo com a expressão abaixo (US-MIL-STD-1629A - 1982- pg.A-4-Tradução do autor):

$$C_m = \beta \alpha \lambda_p t \quad (4.22)$$

Onde:

β - Probabilidade condicional da perda de função, uma vez que o modo de falha ocorreu. Refere-se a probabilidade de um determinado efeito ocorrer quando um

determinado modo de falhar ocorrer, sendo expresso por um número decimal (*Technical Manual - TM 5-698-4 - pg. 4-7, 2006, tradução do autor*)

α - Taxa do modo de falha (para um item, $\sum \alpha = 1$);

λ_p - Taxa de falha de um item. - É a relação entre o número de falhas por unidade de tempo e é normalmente expressa em falhas por milhão de horas. Recomenda-se o uso dos dados de falha compilados do teste de campo real (*Technical Manual - TM 5-698-4 - pg. 4-7, 2006, tradução do autor*);

t - Tempo de duração de operação esperado, geralmente expresso em ciclos de operação ou horas de operação.

O número de criticidade corresponde a soma dos números de criticidade dos modos de falha do item.

Para a condução apropriada do FMECA é indispensável o conhecimento dos sistema sob estudo, suas funções requeridas, e correspondentes requisitos dos produtos ou serviços disponibilizados pelo mesmo. Assim, a preparação de documentos técnicos (tais como fluxogramas, desenhos, e fluxos funcionais), especificações e tudo o mais que se puder disponibilizar em termos de informação sobre a condição operacional para a obtenção da função requerida se faz necessário. Também é recomendável a elaboração de um diagrama de blocos funcionais para a identificação correta das funções dos subconjuntos que estarão sob análise. Aspectos como sequenciamento, simultaneidade e redundâncias também devem ser analisados.

Destaca-se ainda a plena adequação do uso do FMECA no que se refere a sua aplicação para a determinação e discussão de roteiros e estratégias de manutenção a serem aplicados, haja visto, que a amplitude da avaliação proporcionada por este método possibilita a visão geral das implicações da adoção de um ou outra estratégia como pode ser observado nos comentários abaixo (O'Connor, pg.160, 1985- tradução do autor).

"Preparação de requisitos de manutenção preventiva os efeitos e probabilidades de falhas podem ser considerados para o planejamento de inspeções,

serviços de reparos ou substituições. Por exemplo, se um modo de falha tem um efeito insignificante na sobre a segurança ou sucesso da operação, o item poderia ser substituído somente em caso de falha, ao invés de intervalos programados, para reduzir a probabilidade de falha."

Assim, seu resultado é de extrema riqueza de informações para a preparação de eventuais folhas de verificação para inspeções e intervenções de manutenção.

Outra ferramenta de grande utilidade nas análises de confiabilidade é a Análise da Árvore de Falhas (em inglês - *Fault Tree Analysis - FTA*).

Trata-se de uma ferramenta que também encontra grande emprego em análises de segurança de processo e segurança do trabalho e tem como origem um dado efeito da falha do sistema, o qual é conhecido como "Evento de Topo". Assim a análise, em termos gerais, consiste da avaliação de como o evento de topo pode ser causado pela falha individual de um nível inferior ou pela combinação de falhas de diversos níveis inferiores. Segundo O'Connor (1985) sua diferença básica do FMECA está em ser um método estritamente *top-down* e por considerar a combinação de múltiplas falhas. Na FTA uma simbologia própria é utilizada na descrição dos eventos e nas conexões lógicas envolvidas. Além de evidenciar o sequenciamento lógico dos eventos que levam ao evento de topo, a FTA também permite a quantificação das probabilidades de ocorrência. Esta quantificação deriva da predição de valores de confiabilidade que podem ser associados aos eventos de falha. Por sua própria característica a FTA é construída de maneira única para cada evento de topo tendo uma relação biunívoca com este. Para diferentes eventos de topo devem ser consideradas diferentes FTA por poderem ser causados por diferentes modos de falha e diferentes conexões lógicas entre os eventos de nível inferior.

A Tabela 5 traz a simbologia utilizada na FTA e qual seu significado.

Tabela 5- Simbologia utilizada em Árvores de Falha

REPRESENTATIVOS DE EVENTOS		CONECTORES LÓGICOS	
	Evento Básico - representa um evento básico primário		Chave - representa um conector lógico utilizado para incluir ou excluir partes de uma árvore.
	Evento Básico - representa uma condição dependente de um evento primário		Portão OU - utilizado para mostrar que a ocorrência de quaisquer dos eventos na entrada provoca a ocorrência do evento na saída.
	Evento Básico - representa um evento para o qual não há desdobramento		Portão E - utilizado para mostrar que só a ocorrência de todos os eventos na entrada provoca a ocorrência do evento na saída.
	Evento Combinação - representa uma condição que é induzida pelos eventos imediatamente abaixo dele e pode levar a eventos acima dele		Portão de Inibição - representa uma conexão lógica inibidora de eventos
	Evento Transferido - representa uma conexão lógica de transferência de eventos para dentro da árvore		Evento Transferido - representa uma conexão lógica de transferência de eventos para fora da árvore

No decorrer das análises a serem realizadas durante a avaliação da Árvore de Falhas, especial atenção deve ser dada aos modos de falha comum, que são aqueles que podem conduzir a falha de todos os caminhos estabelecidos na árvore de falha com uma configuração redundante. Isto é particularmente importante pela maior probabilidade de ocorrência destas falhas e consequente impacto no sistema.

Neste ponto deve-se efetuar uma observação no que se refere a possibilidade de que a maioria dos problemas a ser enfrentado no transcorrer de um trabalho de confiabilidade pode, muitas vezes, por seu caráter determinístico, ser identificado e combatido através de ferramentas de priorização e estratificação com a análise de Pareto, amplamente difundida e de grande facilidade de aplicação. Também deve-se destacar que independente da técnica aplicada, da mais simples e intuitiva a mais sofisticada em termos estatísticos, a qualidade dos dados, sua forma de organização e a capacidade de interpretação fenomenológica é o fator primordial para o encaminhamento ao sucesso ou fracasso da análise a ser realizada e portanto deve-se dedicar extremo cuidado e critério a sua estruturação.

4.1.2 Manutenabilidade e disponibilidade

Como já mencionado anteriormente um dos fatores impactados e que se busca atingir nos trabalhos de confiabilidade é a disponibilidade da instalação ou equipamento sob estudo.

Segundo O'Connor (1985, p.133, tradução do autor): "Disponibilidade é definida como a probabilidade que um item estará disponível quando requerido, ou como a proporção do tempo total que um item esteja disponível para o uso. Portanto a disponibilidade de um item reparável é uma função de sua taxa de falha, λ e de sua taxa de reparo ou de substituição."

No caso de um único item analisado com a taxa de falha constante λ e uma taxa média de reparo constante μ com $\mu=(MTTR)^{-1}$ a disponibilidade assintótica será:

$$A = \frac{\mu}{\lambda+\mu} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (4.23)$$

Sendo que a disponibilidade instantânea ou a probabilidade de um item estar disponível no instante t é expressa por:

$$A = \frac{\mu}{\lambda+\mu} + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} \exp[-(\lambda + \mu)t] \quad (4.24)$$

Nas atuais condições de competitividade, itens com alta confiabilidade intrínseca não confere condições de atendimento as demandas derivadas desse cenário. A possibilidade de restabelecimento rápido, quando há ocorrência de uma falha, e da maior agilidade na realização das intervenções planejadas do item torna-se indispensável conferindo a manutenabilidade um aspecto central no projeto com vistas a maximizar a disponibilidade. A manutenabilidade pode ser mensurada pelo tempo médio para reparo – MTTR, sendo determinada basicamente por condições de projeto como acessibilidade, facilidade de diagnóstico e testes, acessibilidade, lubrificação, entre outras.

Deve-se destacar que no tempo para reparo estão inclusos algumas outras atividades o que permite uma divisão mínima de três grupos observáveis: o tempo de preparação (inclui em si os tempos para testes, tempo de localização do executante, tempo de preparação do material, tempo de preparação do local ou área - principalmente quando em área com elevados riscos de segurança pessoal; o tempo de manutenção efetivamente (que corresponde ao termo conhecido em algumas literaturas por "wrench time" ou tempo em que se está efetivamente executando a tarefa); e os tempos logísticos associados (como espera por peças de reposição, deslocamentos, liberação de trabalho, entre outros).

Outro fator de forte impacto sobre a disponibilidade é a existência de redundância, notadamente nos casos em que a taxa de falha é constante,

proporcionando forte incremento na mesma com prevenção de perdas, que via de regra, superam os custos da redundância.

Percebe-se que a manutenabilidade de um sistema e sua confiabilidade estão intrinsecamente correlacionadas. Uma afeta a outra e as duas afetam diretamente a disponibilidade do sistema.

O tempo necessário para a desmontagem de um dado sistema ou componente associado com o eventual tempo destinado a seu ajuste para retornar ao funcionamento , ou mesmo o tempo necessário para acesso a determinada parte do equipamento sobre estudo para se proceder uma inspeção de seu estado de conservação e funcionamento, ou o tempo demandado para tarefas de lubrificação (estes últimos não propriamente tempos para "reparo" sendo mais tempos "preventivos") estão determinados pelo projeto do dispositivo em questão sendo modificados, em sua essência, apenas através de um novo projeto com vistas a superar estes aspectos.

Assim pode-se definir, como mais completa, a fórmula para determinação da disponibilidade que agrega estes "tempos preventivos" em que o equipamento em si não se encontra disponível para a operação mas sim sujeito a execução de tarefas de manutenção as quais podem ser plenamente planejadas e programadas.

Podemos confirmar esta visão conforme O'CONNOR (tradução do autor):

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR} + \text{Tempo médio de manutenção preventiva}}$$

Observa-se assim que o tempo de execução de intervenções preventivas também deve ser escopo de um trabalho a ser executado pelo impacto já exposto que o mesmo impõe sobre a disponibilidade do dispositivo em estudo. A dificuldade neste aspecto reside no fato de que além das condições impostas em si pelo próprio projeto do dispositivo os tempos de reparo e de realização de intervenções preventivas também possuem uma variabilidade própria como todo processo. Isto pode ser associado, não somente mas preponderantemente, ao fato de que as atividades de manutenção são realizadas por diversos técnicos em diversas equipes, os quais

possuem níveis de experiência, habilidade, conhecimento e afinidades diferentes, além do que tipicamente estas intervenções raramente são conduzidas com foco em apenas uma única especialidade técnica (mecânica, elétrica, instrumentação, por exemplo). Esta situação impõem sobreposições das características destas especialidades como por exemplo a diferença existente entre os tempos de detecção e o tempo de reparo e/ou substituição existentes entre elas. Muitas vezes torna-se habitual nas empresas que a análise dos dados de falha e de planos de intervenção preventiva seja executada separadamente nas diversas especialidades justamente pelas diferenças existentes entre as mesmas como por exemplo as diferenças existentes nos tempos de diagnóstico e reparo e nos procedimentos característicos na eletroeletrônica e na mecânica.

Uma das formas usuais de minimizar a variabilidade discutida passa inexoravelmente por um trabalho contínuo de padronização e treinamento das equipes técnicas, buscando-se maior homogeneidade nas suas atuações.

A este aspecto deve-se somar a avaliação de quão crítico para o desempenho do dispositivo ou sistema sob estudo pode ser a política de intervenção preventiva baseada em troca em função da taxa de risco característica do item.

Pode-se deduzir que se um determinado dispositivo apresenta uma taxa de falha decrescente qualquer intervenção de substituição aumentará a probabilidade de falha do mesmo em função da inserção de variáveis associadas ao ato da intervenção, como por exemplo a aplicação de um torque de aperto aquém ao especificado para determinado parafuso de fixação. Com raciocínio análogo, se um dispositivo apresentar uma taxa de falha crescente, ao se intervir de forma programada na substituição do mesmo estaremos, teoricamente, aumentando a confiabilidade do sistema. Por fim, se um dispositivo apresenta taxa de falha constante, sua substituição não resultará em nenhuma diferença na probabilidade de falha do sistema.

O raciocínio acima apresentado já é capaz de inserir a percepção de que os parâmetros para o estabelecimento de intervenções planejadas visando a substituição do item pode ou não impactar de forma decisiva na confiabilidade do sistema no qual este se encontra inserido levando à reflexão de sua pertinência no que se refere a

questão de custos da falha em si ou pelo fato de se proceder uma substituição que não se fazia necessária. Assim demonstra-se a importância do conhecimento da distribuição do "tempo para a falha" no planejamento da estratégia de manutenção preventiva.

Uma das formas de se proceder a elaboração de um plano de manutenção efetivo e de uma análise de manutenabilidade é através do FMECA onde o estabelecimento dos efeitos dos modos de falha no que se refere as dimensões custo, segurança e facilidade de detecção pode ser considerado no estabelecimento dos requisitos de manutenção programada além de fornecer ferramental essencial para o estabelecimento de procedimentos de preparação e diagnóstico além de folhas de verificação. O mesmo pode ser atribuído a Árvore de Falhas.

4.2 CONCEITOS DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE - RCM

Os equipamentos são essencialmente destinados a desempenhar funções para as quais determinado agente ou agentes sociais estão interessados, seja na produção de determinado bem ou serviço endereçado ao consumo final ou utilizado como intermediário na elaboração de bens e serviços terminais.

Assim quando se pensa em manter algo, este raciocínio está associado ao ato de preservar determinado estado do equipamento no qual ele é capaz de desempenhar uma ou várias funções específicas para as quais há interesse. De fato, conforme Moubray (1997, p. 7, tradução do autor):

" Manutenção: Assegurar que ativos físicos continuem a fazer o que seus usuários querem que eles façam."

Um fator a se considerar são as condições operacionais onde o ativo em questão se encontra inserido. Isto determina em que grau de desempenho e sob que contexto se estabelece a função requerida.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade, também conhecida como RCM (*Reliability Centered Maintenance*) apresenta-se como um método de estruturação das políticas de manutenção que de forma essencial visa a preservação da função requerida do ativo sob estudo, estabelecendo sistematicamente condições para a avaliação das técnicas e tarefas de maior valor para sua realidade operacional.

Assim defini-se: "Manutenção Centrada em Confiabilidade: um processo usado para determinar o que deve ser feito para garantir que determinado ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça em seu presente contexto operacional presente " (Moubray, 1997, p.7).

Tem sua origem nos trabalhos de dois funcionários da United Airlines nos idos dos anos 60 - Stanley Nowlan e Howard Heap - que registraram suas bases em seu livro *Reliability Centered Maintenance* o qual veio a ser o nome associado a técnica (Moubray, 1997) .

Busca a racionalização entre os procedimentos de manutenção no que se refere a sua importância técnica e seu impacto econômico estabelecendo o que deve ser feito para a preservação das funções mais importantes do sistema, evitando assim as intervenções destinadas a prevenção de falhas cujas consequências sejam irrelevantes ou aquelas tecnicamente inócuas.

Para tal se baseia em sete questões primordiais (Moubray, 1997):

- Quais são as funções e padrões de performance associados dos ativos em seu atual contexto operacional?
- De quais modos ele falha em cumprir sua função?
- O que causa cada falha funcional?
- O que acontece quando cada falha ocorre?
- De que forma cada falha importa?
- O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?

- O que deve ser feito se uma tarefa de manutenção adequada não puder ser encontrada?

Observando o encadeamento das perguntas acima estabelecidas se pode notar que a definição clara das funções e seus patamares de desempenho esperados são de determinante importância para a adequada avaliação que se segue. Permite afirmar que a falha nesta etapa simplesmente invalida o efeito de toda a estruturação estabelecida pelo método associado ao fato de que embora aparente simplicidade, muitas vezes estas funções e patamares simplesmente não são claros para a organização. Ainda nesta linha de pensamento pode-se afirmar que a garantia de que o ativo sob análise é efetivamente capaz de desempenhar o que seus usuários esperam dele também constitui algo elementar mas não tão óbvio nas corporações podendo ter enorme impacto sobre o resultado do trabalho a ser realizado.

Assim além de definir o que se busca preservar também se busca caracterizar as formas nas quais o equipamento falha, suas consequências, e estabelecer de que forma pode ser eliminado aquele modo ou minimizado seu efeito.

Determinar o que seus usuários querem que o ativo faça e se o mesmo é efetivamente capaz de desempenhar estas necessidades constitui a primeira etapa do RCM. Duas categorias de informações são estabelecidas (Moubray, 1997):

Funções Primárias - respondem a razão pela qual o ativo foi adquirido. Englobam informações como velocidade, produção, qualidade do produto ou serviço e capacidades de carga e estocagem. São essencialmente requisitos estabelecidos pelo processo que fizeram com que aquele ativo fosse escolhido.

Funções Secundárias - respondem a requisitos básicos de projeto para qualquer ativo e que portanto deve ser esperado pelos usuários. Englobam aspectos como segurança, integridade, racionalização energética, eficiência e adequação a requisitos ambientais e normativos. Estas informações conferem a base de conhecimento necessário para o estabelecimento das condições operacionais do ativo bem como grande integração, compartilhamento e nívelamento de informações sobre o mesmo entre os componentes multidisciplinares do trabalho de RCM.

Ainda dentre os conceitos de vital importância para o desempenho esperado no trabalho do RCM encontra-se os abaixo destacados (Moubray, 1997):

- **Falhas Funcionais** - são estados de falha nos quais o ativo encontra-se incapaz de desempenhar a função em um nível de performance desejado pelo usuário. Só podem ser identificados após a definição dos patamares de desempenho desejados e pela clara identificação de sua função. Também envolve falhas parciais, onde o ativo ainda desempenha sua função porém em níveis inaceitáveis pelo usuário.
- **Modos de Falha** - referem-se aos eventos que possam vir a causar cada falha funcional. Devem alimentar esta listagem aquelas falhas ocorridas em equipamento similar operando no mesmo contexto operacional, aquelas ainda não ocorridas porém com possibilidades efetivas de ocorrerem no atual contexto operacional e aquelas que não ocorrem em função de alguma rotina de manutenção existente, erros humanos também devem ser relacionados. Estas devem ter suas causas identificadas em nível de detalhamento adequado a permitir seu tratamento.
- **Efeitos das Falhas** - como o próprio nome induz, diz respeito ao que acontece quando cada modo de falha ocorre. Apesar da aparente simplicidade em si, esta etapa deve, essencialmente, responder o que evidencia que a falha ocorreu; de que modo ela implica em riscos à segurança e ao ambiente; de que maneira ela afeta a produção e as operações; qual dano físico é desencadeado pela falha e por fim o que deve ser feito para reparar a falha. Esta fase possibilita o conhecimento das consequências com vistas a identificar aquelas falhas cujo efeito sobre aspectos operacionais, ou de segurança e integridade ambiental é catastrófico e que portanto requerem todo o esforço preventivo disponível para evitar sua ocorrência e aquelas cujos efeitos sobre os mesmos aspectos são mínimos ou inexistentes e portanto pode-se optar pela realização de atividades apenas de limpeza e lubrificação.

Como diz Moubray (1997, p. 10, tradução do autor): "A grande força do RCM é que ele reconhece que as consequências das falhas são mais importantes que suas características técnicas." Dentro desta perspectiva o RCM estabelece quatro grupos para estas consequências, a saber:

- **Consequências de falhas ocultas** - na maioria das vezes associadas a dispositivos de proteção das instalações. Sua ocorrência via de regra não impacta diretamente no processo porém submete o processo a condições para falhas múltiplas que levam a consequências catastróficas.
- **Consequências a segurança e ao meio ambiente** - como o próprio nome diz referem-se aquelas que implicam em acidentes incapacitantes temporária ou definitivamente ou fatais as pessoas ou que produzem agressões e impactos ambientais que violam legislações e normas pertinentes ao tema.
- **Consequências operacionais** - aquelas que afetam a produção e seus parâmetros, tais como: volume, qualidade, serviços aos clientes; prazos e custos.
- **Consequências não operacionais** - envolvem, via de regra, apenas os custos diretos com o reparo.

Esta classificação possibilita que a ênfase seja dada as falhas que apresentam maior impacto no desempenho da instalação, possibilita também a avaliação de outras formas de enfrentar as falhas além da fórmula prevencionista.

Sob a óptica acima desenvolvida se faz necessário descrever também as técnicas de gerenciamento de falhas e suas categorias que basicamente são as tarefas pró-ativas e as ações padrão.

Como Tarefas pró-ativas estão aquelas realizadas antes da manifestação das falhas e cujo objetivo é evitar que o item entre em falha funcional. Pode-se associá-las as conhecidas "manutenção preventiva" e "manutenção preditiva". No RCM os termos

mais usuais são: restauração programada; troca programada e manutenção sob condição.

Já as chamadas Tarefas Padrão são aquelas estabelecidas quando não é possível ser identificada nenhuma tarefa pró-ativa sendo portanto desempenhada quando o item já se encontra em estado de falha. Referem-se a ações como: verificações de falhas em funções sujeitas a falhas ocultas; reprojeto e nenhuma manutenção programada que implica em simplesmente permitir a ocorrência da falha e então repará-la, caracterizando a aplicação da manutenção corretiva.

Essa abordagem decorre do fato de que contrariamente ao que se pensava entre as décadas de 1960 e 1970 onde prevalecia o pensamento de que há uma relação entre a confiabilidade e a idade de operação sendo portanto possível estabelecer um limite no qual uma intervenção preventiva possa ser feita com vistas a evitar a ocorrência da falha funcional antes que esta se manifeste, estudos realizados na aviação civil evidenciaram a existência de seis padrões de probabilidade de falhas associados a características intrínsecas da tecnologia envolvida no projeto do equipamento. Estes padrões, já amplamente conhecidos e divulgados em inúmeros trabalhos sobre confiabilidade e manutenção provocaram uma revisão da ideia geral de adoção de atividades pró-ativas em inúmeras corporações (Moubray, 1997; Lewis, 1987; Hidalgo, 2010).

Segundo Moubray (1997, pg.11, tradução do autor): "O processo de avaliação das consequências também muda a ênfase para longe da idéia que *todas* as falhas são detrimetrais e devem ser tratadas. Ao fazer isto, foca-se atenção nas atividades de manutenção que tem mais efeito no desempenho da organização, e desvia a atenção para longe daquelas que tem pequeno ou nenhum efeito." e ainda segundo Moubray (1997,pg.90, tradução do autor): "[...], o tempo e o esforço despendidos para corrigí-las afeta a empresa, porque reparar falhas consome recursos que podem ser usados em outros lugares."

Dentro do aspecto de antecipação da condição de falha acima abordada, pode-se estabelecer o desenvolvimento de diversas técnicas que subsidiam a estratégia de manutenção sob condição que se baseia no fato de que a maioria das falhas dá algum

"sinal" de sua ocorrendo durante seu desenvolvimento possibilitando que ações sejam tomadas para evitar que a falha funcional em si ocorra. Estes sinais são nomeados de falhas funcionais e são assim definidas de acordo com Moubray (1997,pg.14, tradução do autor): "...condições físicas identificáveis que indicam que uma falha funcional está para ocorrer ou está em processo de desenvolvimento."

Dentro da metodologia proposta pelo RCM se pode tratar as falhas sob a abordagem de três categorias padrões de ações tipicamente relacionadas (Moubray,1997) .

A primeira trata de abordar através de testes periódicos a ocorrência de falhas ocultas que residem sobre aqueles dispositivos cuja solicitação é esporádica e portanto sua condição de falha só será plenamente conhecida quando o mesmo for solicitado a atuar. Tipicamente dispositivos de segurança como válvulas de alívio e segurança, discos de ruptura, módulos eletrônicos de segurança, sensores limites, alarmes, entre outros, são submetidos a este tipo de abordagem.

Em seguida pode-se elencar as ações destinadas a reprojetar determinado dispositivo com vistas a alterar suas características intrínsecas de resistência ou parâmetros funcionais de modo a trazê-lo a uma condição de maior confiabilidade dentro do contexto operacional esperado.

Por fim, há aquelas condições em que não se prevê nenhuma manutenção programada, ou seja, não são estabelecidos nenhum tipo de esforço para a prevenção ou diagnóstico prematuro da falha, quer pelo fato de que não há ações ou tecnologias capazes de antecipar, ou identificar o desenvolvimento da falha, quer por que seu efeito é economicamente ou operacionalmente desprezível no contexto operacional esperado.

Deve ser aqui destacada esta característica do RCM que possibilita a adoção de tarefas de prevenção da falha para aqueles dispositivos cujo efeito da falha possui real importância e que possua viabilidade técnica para sua detecção ou de seu desenvolvimento.

É possível mesmo mensurar para cada categoria de falhas uma avaliação de sua viabilidade em termos objetivos.

Assim para falhas ocultas, deve-se adotar determinada ação preventiva se a mesma for capaz de reduzir o risco associado a falhas múltiplas a níveis considerados adequadamente baixos. A ausência da possibilidade de adoção de uma ação preventiva deve levar a abordagem de inspeções funcionais para o dispositivo em questão e ainda se isto não for possível ou efetivo deve-se partir para a adoção de ações de reprojetar o referido dispositivo. A mesma lógica prevalece para os casos em que a falha de determinado dispositivo resulta em efeitos sobre a segurança ou ao meio ambiente recaindo ainda sobre a avaliação da possibilidade do processo em si poder ser alterado.

Todas as demais condições de falha que resultam em perdas operacionais ou perdas não operacionais devem ter estratégias de abordagem de manutenção adotadas mediante uma avaliação em termos econômicos da sua vantagem frente a perda que a falha possa causar no mesmo período de tempo considerado. Não havendo razão econômica pela sua adoção determina-se que não serão adotadas ações de manutenção programada e a abordagem passa a ser inteiramente corretiva ou parte-se para o reprojeto do dispositivo nos termos já abordados.

Como pode ser observado, a metodologia em si foca na realização de tarefas onde elas são primordiais e onde seus efeitos demonstram uma relação custo benefício vantajosa gerando otimização dos processos operacionais, de manutenção e dos patamares de custos envolvidos ou como afirma Slack (2009,pg.615):"A abordagem da manutenção centrada em confiabilidade é algumas vezes resumida como:'Se não podemos evitar que falhas aconteçam, é melhor evitar que elas tenham importância'. Em outras palavras, se a manutenção não pode prever ou mesmo prevenir falhas, e as falhas têm consequências importantes então os esforços deveriam ser dirigidos a reduzir o impacto de tais falhas."

4.3 CONCEITOS DE ADMINISTRAÇÃO

Nesta frente conceitual são abordados de forma superficial aspectos da teoria da administração que estão frequentemente em uso nas atividades de manutenção seja

na organização da estrutura de trabalho da área até a abordagem do método de análise de falhas e conceitos sobre gerenciamento de projetos pela própria característica do trabalho.

4.3.1 Tratamento de falhas

Apesar de fortemente associada a aspectos de equipamentos e instalações as falhas são objeto de estudo dentro do espectro da administração da produção em sentido bem mais amplo, envolvendo desde falhas no que se referem a atividades de avaliação mercadológica para determinado produto ou segmento de produção até a falha de produtos quando estes já se encontram sob uso e desfruto dos consumidores e clientes. Esta amplitude de ocasiões em que a falha se faz presente dentro de uma organização produtiva insere ao tema importância central dentro dos esforços administrativos quer em instalações manufatureiras ou mesmo prestadores de serviço. É possível se associar a necessidade do estudo e estruturação da forma de como lidar com as falhas, sua identificação e correspondente tratamento, num sentido mais amplo a questão de continuidade do negócio via preservação de diversos fatores de competitividade que são afetados pelas falhas. Segundo Slack (2009,pg.619): "Muitas das ideias por trás de falhas, prevenção e recuperação de falhas encontram-se incorporadas no campo crescente da continuidade do negócio [...] tem como objetivo evitar e recuperar operações de desastres ao mesmo tempo que mantém o negócio funcionando [...]"

De fato aspectos centrais envolvidos na continuidade do negócio como identificar e avaliar riscos; identificar os processos centrais do negócio; quantificar os tempos de recuperação; determinar os recursos necessários e comunicar-se possuem grande associação com as etapas do processo de planejamento de recuperação de falhas como indicado na Figura 19.

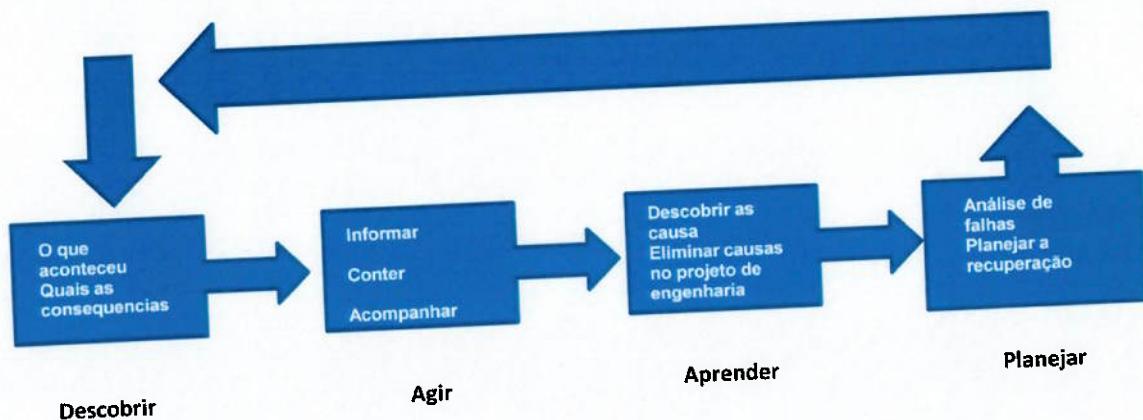


Figura 19- Etapas do processo de planejamento de recuperação da falha
(fonte: Slack, pg.618).

Este processo visa o planejamento dos procedimentos que proporcionarão as operações a se recuperarem das falhas minimizando os impactos destas nos compromissos assumidos junto aos clientes e ao resultado do negócio.

Em administração um dos conceitos associados a questão das falhas é como conduzir uma análise que proporcione o correto conhecimento da falha, sua incidência ao longo do tempo, sua morfologia e os fenômenos que a proporcionam.

Neste aspecto é desejável o estabelecimento de um método que possibilite, através de um estrutura racional a determinação dos diversos níveis de informação sobre a falha que possibilite seu pleno conhecimento. A análise pura e simplesmente não traz consigo a confirmação dos modelos propostos. Faz-se necessário a realização de um processo de prova e verificação proporcionado pelo teste do modelo, conforme Falconi (2009,pg.59): "Para que a intuição, que é uma hipótese, não se torne uma opinião, é necessário que haja a confirmação da hipótese por meio da análise e consequente teste. Portanto, quando se tem a hipótese para a solução de um problema, pode-se ir diretamente para a fase de identificação das causas (Análise de Processo) com o objetivo de testar a viabilidade da solução proposta."

A análise passa portanto a ter sua condução baseada na verificação e teste das hipóteses levantadas no sentido de identificar a real causa por trás da falha ou problema. Há diversos modelos de estruturação de análises em geral em diversos

níveis funcionais das corporações. Esta subdivisão confere clareza a forma de condução necessária e sobre qual horizonte e características de problemas cada nível deve se debruçar a trabalhar.

Na Figura 20 encontra-se reproduzido um modelo de estruturação de análise em nível administrativo (entenda-se gerencial) e técnico (focado na rotina) sugerido por Falconi (2009,pg.60):

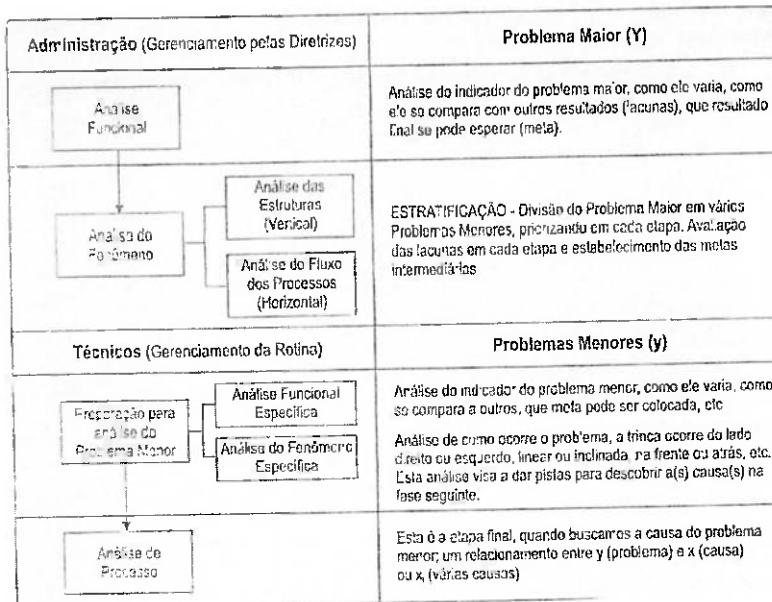


Figura 20- Modelo do Método Geral de Análise de um Problema Maior da alta Administração (fonte: Falconi, pg.60)

As diversas abordagens sugeridas nas literaturas sobre o processo de condução de um sistema de análise de falha apresentam diferenças de cunho semântico mas pouco em termos de conceito e estruturação. Basicamente as mesmas associam a necessidade de uma análise de cunho funcional e outra de cunho processual, no entanto nenhuma destas desassocia a necessidade de sua realização com um aspecto rotineiro dentro das equipes responsáveis buscando inserir a prática em si a cultura empresarial da corporação.

Quando fala-se da aplicação e estruturação de uma rotina de análise de falha voltada ao gerenciamento de ativos vemos que a metodologia, quer em fontes de cunho

técnico da área de manutenção especificamente ou em fontes de cunho essencialmente administrativos permanece inalterada.

Slack (2009,pg.620) sugere:

- "Os mecanismos de análise de falha incluem investigação de acidentes, seguro de produto, análise de reclamações, análise de incidentes críticos e análise do efeito e modos de falhas (FMEA)."

Percebe-se nesta descrição a forte influência voltada para a análise de falha associada a falha de um produto, processo ou serviço destinado a um cliente e presente junto as estruturas de controle e desenvolvimento da qualidade nas empresas. Nota-se que, como dito, a estrutura básica da comunicação e identificação da falha, seu correto registro, a análise baseada na identificação e domínio sobre o fenômeno envolvido e a atribuição de ações de correção e ações de bloqueio de novas incidências da falha permanecem presentes. O mesmo pode ser observado na sugestão apresentada por Xenos (2004, pg.85) apresentado na Figura 21.

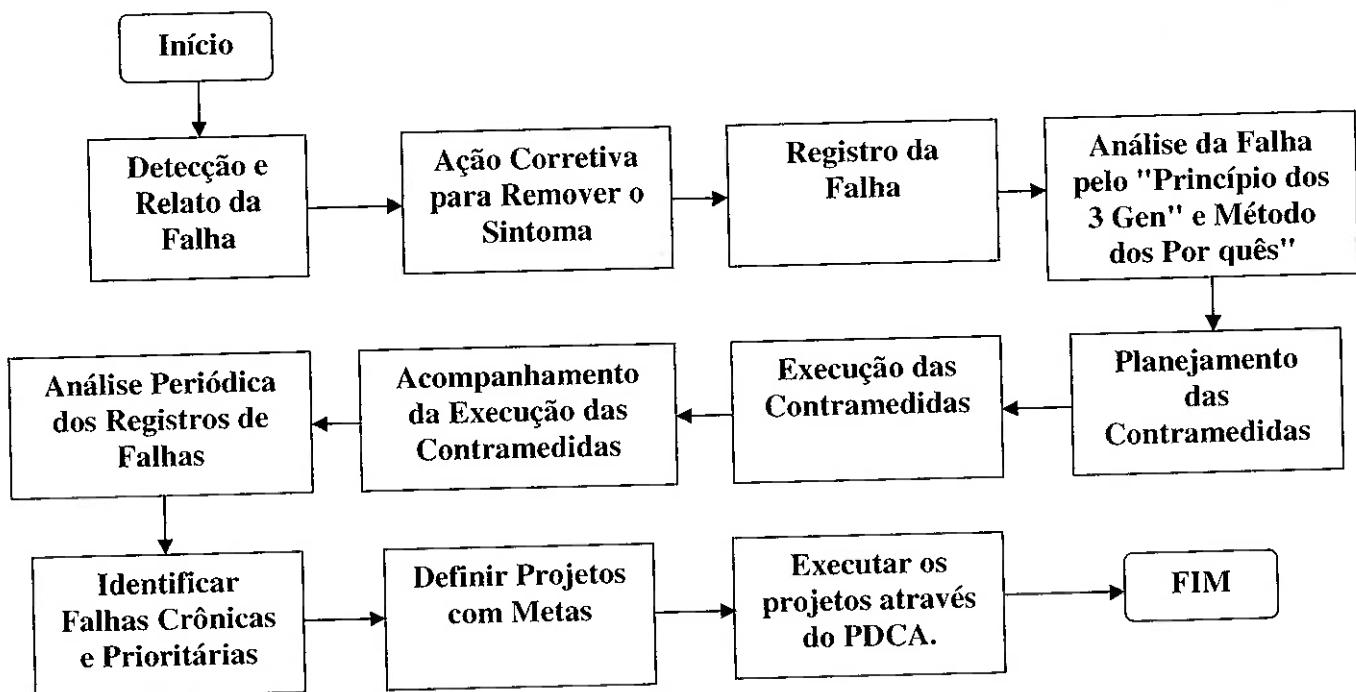


Figura 21- Macrofluxo do Sistema de Tratamento de Falhas (fonte: Xenos, pg.85)

Deve-se aqui efetuar um esclarecimento com relação ao material citado acima no que se refere ao "Princípio dos 3 GENS". Segundo Xenos (2003,pg.98 e 99): "Para identificar corretamente as causa fundamentais das falhas, nada substitui a observação do fato ainda no próprio local da ocorrência, quando todas as evidências ainda estão presentes.No Japão, esta prática é conhecida como 'Princípio dos 3 Gen: Genba, Genbutsu e Gensho' e significa ir ao local da ocorrência (Genba), observar o equipamento (Genbutsu) e o fenômeno (Gensho)."

Observa-se portanto a importância da observação fenomenológica dos eventos, razão pela qual a qualidade da informação prestada pelos agentes operacionais, sobretudo os operadores de produção, no sentido de descrever corretamente o sintoma percebido junto a falha e as correspondentes condições operacionais associadas possibilita um atendimento mais rápido e de melhor qualidade por parte dos agentes de manutenção além de enriquecer as evidências objetivas sobre as quais se efetuará a análise da falha com vistas a caracterização do fenômeno envolvido.

Também associada aos efeitos que a falha trouxe aos resultados da área, pode-se estabelecer níveis diferenciados para comunicação do evento, análise do mesmo e formato e constituição da equipe e condições de análise.

Outro aspecto a se destacar é que por sua característica e abordagem fenomenológica dos eventos a análise de falha busca ações sobre o sistema como um todo, onde as causas fundamentais das falhas residem verdadeiramente, assim remete-se sempre a existência de procedimentos, a adequação desses procedimentos e ao domínio ou conhecimento dos agentes sobre estes procedimentos.

É possível mesmo relacionar como principais fatores que levam a falha:

- Condições básicas inadequadas;
- Falhas de projeto;
- Falta de restauração da deterioração;
- Problemas na capacitação da operação e da manutenção;
- Não cumprimento das condições de uso.

4.3.2 Gerenciamento de projetos - Conceitos Gerais

Em termos gerais, quando trata-se de projeto normalmente associa-se a idéia à obras de engenharia notadamente aquelas de construção ou ativo físico. Tem-se como a forma mais óbvia e disseminada para projeto aquela que refere-se a construção ou confecção de um bem ou obra de engenharia, para a população em geral, sobretudo as associadas ao ramos da engenharia civil. De fato, o início das estruturas de controle e planejamento de atividades de projetos encontram suas origens junto a engenheiros e planejadores com atuação em grandes obras da área de construção civil e da área de defesa militar. No entanto o entendimento formal de projeto possui escopo e definição muito mais ampla e irrestrita do que o comentado acima.

De acordo com Slack (2009,pg.481):

"Um projeto é um conjunto de atividades que tem ponto inicial e estado final definidos, persegue uma meta definida e usa um conjunto definido de recursos."

Observa-se assim a existência de três elementos fundamentais para a caracterização de uma atividade em projeto: natureza temporária (ou prazo definido); objetivo definido e recursos a serem empregados também definidos. A isto pode-se também acrescentar o fato dos projetos terem a natureza de serem únicos no sentido de que não constituí-se em algo rotineiro dentro do processo junto ao qual será desenvolvido.

Torna-se portanto dedutível que apesar de possuírem em si os mesmos elementos básicos constituintes e caracterizantes, os projetos possuem complexidades diferentes, indo desde o estabelecimento de um projeto de pesquisa estudantil até um projeto de grande complexidade técnica e científica com a construção de uma estação espacial orbital o que claramente estabelece demandas diferentes em termos de prazo, objetivos e recursos. Nesta mesma razão de proporcionalidade pode-se associar que o nível de incerteza que recai sobre o projeto, usualmente, está associado ao seu nível de complexidade. Assim, de certa maneira torna-se natural que a medida que determinado projeto possua maior detalhamento, envolva mais pessoas e recursos

também apresente maiores condições para que haja desvios em relação ao planejamento inicialmente estabelecido, o que invariavelmente requer maiores esforços destinados à atividades e meios de controle.

O gerenciamento de projetos como disciplina surgiu através de diversos estudos acadêmicos realizados no intuito de identificar as razões pelas quais projetos das mais diversas escalas eram bem ou mal sucedidos. Ao longo do desenvolvimento destes estudos foi possível identificar alguns fatores de diferenciação entre os que alcançavam sucesso. Em termos gerais poderiam relacioná-los como : gerenciamento de escopo, tempo, custo e qualidade; gerenciamento de recursos humanos; gerenciamento da comunicação; gerenciamento de riscos; gerenciamento das partes interessadas e em alguns casos gerenciamento de contratos.

Slack (2009,pg.484) cita como os fatores mais importantes para o gerenciamento de projetos:

- "Metas claramente definidas;
- Gerente de Projeto competente;
- Apoio da Administração Superior;
- Membros competentes do grupo de projeto;
- Suficiente alocação de recursos;
- Canais de comunicação adequados;
- Mecanismos de controle;
- Capacidade de Retroalimentação;
- Respostas a clientes;
- Mecanismos de Ataques a Problemas e
- Continuidade do Pessoal de Projeto."

A partir do exposto é possível se estabelecer modelos pelos quais ocorre a sistematização da forma de pensar e conduzir um projeto. Este modelo nada mais é do que o próprio gerenciamento do projeto o qual recai sobre a avaliação do contexto no qual o projeto estará sendo desenvolvido; a definição do projeto propriamente dita; o planejamento do projeto onde se busca identificar suas atividades, correlações, tempos, recursos e limitações; a execução do que fora planejado e os controles necessários a mensuração de cada aspecto chave identificado no planejamento ou subprocesso com ele relacionado.

Na Figura 22 está representado o Modelo de gerenciamento de projeto proposto por Slack .

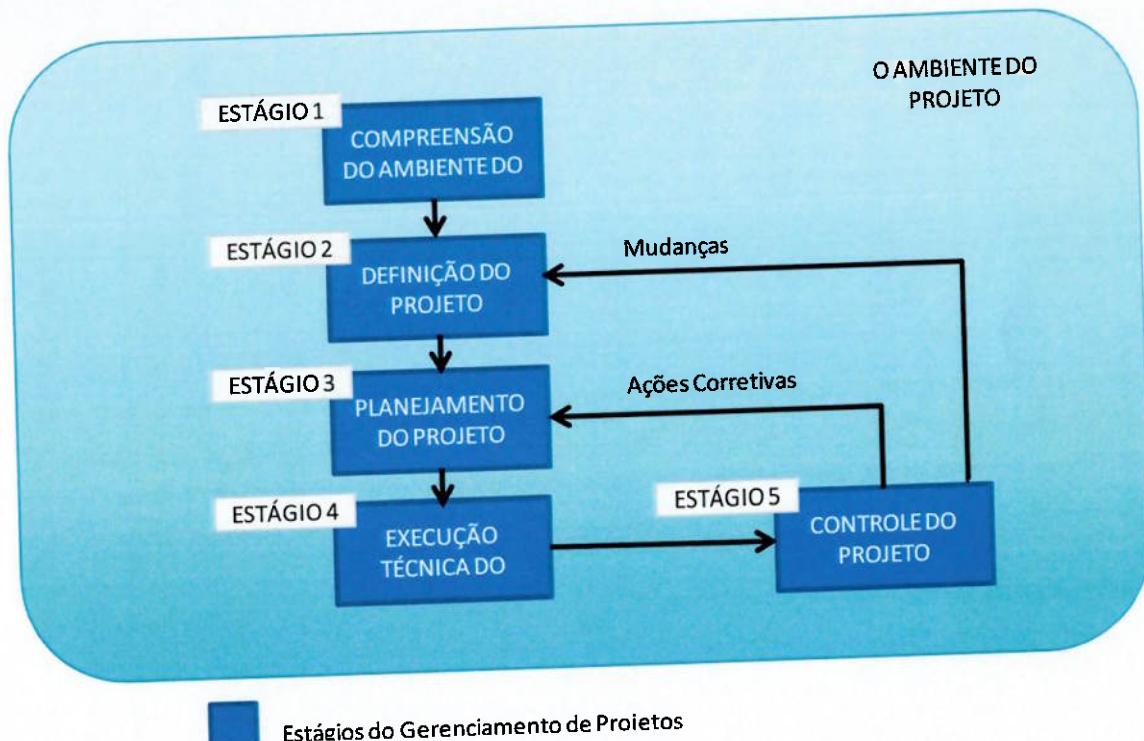


Figura 22- Modelo de gerenciamento de Projeto (fonte: Slack, pg.485)

Quando se reflete sobre a avaliação do contexto no qual o projeto irá se desenvolver, ou seja a compreensão do ambiente do projeto. A principal preocupação reside em identificar as forças atuantes sobre o projeto, seus agentes e demais partes

interessadas. Estas forças possuem notória influência sobre o desenvolvimento do projeto e constituem um dos principais fatores de incerteza no desempenho do mesmo.

A fim de poder avaliá-los de forma mais efetiva e até mesmo identificá-los pode-se estabelecer uma classificação sobre estas forças atuantes as quais basicamente refletem aspectos internos, políticos, sociais e de negócios. Uma classificação das mesmas é proposta por Slack (2009,pg.486):

- "Ambiente geo-social - fatores geográficos, climáticos e culturais que podem afetar o projeto;
- Ambiente político-econômico - fatores econômicos, governamentais e regulatórios nos quais o projeto ocorre.
- Ambiente de negócios - fatores industriais, competitivos, relacionados à rede de suprimento e às expectativas do consumidor, que podem moldar os possíveis objetivos do projeto."
- Ambiente Interno - a estratégia individual da empresa, sua cultura, recursos disponíveis e a interação com outros projetos que possam influenciar o projeto."

Uma das atividades aparentemente elementares mas que impacta de forma determinante no sucesso do projeto é a correta definição do projeto. Por este aspecto entende-se o estabelecimento do escopo do projeto no qual se estabelece as responsabilidades associadas ao gerenciamento do mesmo, a meta do projeto ou onde se deseja chegar com a execução do projeto em termos de resultados possibilitados pelo mesmo e a forma ou estratégica pela qual estes objetivos serão alcançados.

No que se refere aos objetivos, todos os projetos possuem necessidades de gestão baseadas em três vertentes principais que são: qualidade; tempo e custo.

Para estes é importante estabelecer os respectivos critérios de sucesso os quais possibilitarão, ao final do projeto, avaliar de maneira objetiva o sucesso ou fracasso deste.

Para o planejamento do projeto, o qual reflete a estratégia a ser empregada, busca-se estabelecer os recursos necessários a execução do projeto e consequente atendimento aos objetivos junto ao escopo definido. Deve-se trabalhar com a determinação do tempo e recurso financeiro e humano a ser empregado bem como sua distribuição nas frentes operacionais estabelecidas. Nesta fase a delegação de atividades e as responsabilidades entre os integrantes do grupo de trabalho do projeto são claramente estabelecidas permitindo a tomada de decisão nas diversas frentes que possibilitarão compor o atendimento ao objetivo final ou servirão de base para a tomada de decisão em nível mais macro sobre a continuidade ou não do mesmo.

Uma vez vencida esta etapa inicia-se a execução do planejamento. Aqui o resultado do projeto começa a ser construído através do trabalho de cada integrante do grupo o que exige naturalmente o início da etapa de controle do projeto onde basicamente se estabelece a forma de monitorar a evolução do projeto, a avaliação do desempenho do projeto através da confrontação das entregas parciais de cada frente de trabalho frente ao planejamento executado e a forma de intervir no projeto de maneira a efetuar as correções necessárias para que o mesmo volte a seguir o planejado no caso de desvios.

5 MODELO PROPOSTO

Este capítulo se presta a mostrar a proposta de estruturação do trabalho a ser desenvolvido desde o estabelecimento do time multifuncional envolvido; a definição do escopo , os objetivos buscados e a forma de administração proposta para o mesmo. Ainda são mostrados os dados e registros de falha bem como a forma de condução da análise, além do desenvolvimento das ações estabelecidas como estratégicas pela função gerencial.

Busca estabelecer o corpo e forma de condução dos trabalhos desenvolvidos para posterior apresentação do plano de investimento decorrido bem como ações e práticas propostas e implementadas na instalação objeto do estudo a serem observados no capítulo 6. Constitui portanto o desenvolvimento do trabalho em sí.

5.1 SOLICITAÇÃO DO TRABALHO E CONSTITUIÇÃO DO GRUPO

A solicitação da constituição do trabalho foi efetuada pela gerência do departamento de produção do fio têxtil juntamente com a gerência de manutenção, utilidades e controle de emergências da unidade em razão da condição de aquecimento vivida pela cadeia de produção da tela dipada para pneus observada no segundo semestre de 2011 e pela ocorrência de alguns eventos que causaram grande indisponibilidade junto a instalação, incorrendo em impacto no fornecimento para os clientes e aplicação de penalidades previstas nos contratos firmados entre a empresa onde se processou os estudos e os clientes.

A solicitação inicial teve como origem as reuniões de avaliação de confiabilidade conduzidas rotineiramente junto ao departamento de produção de fios têxteis com a participação da liderança da área de manutenção e que objetiva a avaliação do desempenho dos ativos. A mesma ocorre com periodicidade semanal e possui como escopo básico: condições de demanda dos produtos; ocorrência de falhas com perdas significativas nos meios de produção da cadeia; aumento de não-conformidades e devoluções e aumento de custo operacional .

Inicialmente o trabalho foi apresentado com escopo focado junto a instalação de dipagem, já apresentada em detalhes no capítulo 2, porém sem delimitação sobre conjuntos ou subsistemas específicos em razão da quase inexisteência de dados estruturados que permitissem a avaliação do perfil de perda da mesma.

Num primeiro momento também não foi sinalizado pelas respectivas gerências qual a meta de disponibilidade ou de indicadores de produção e processo que deveriam constituir o objetivo a ser alcançado. Fora somente sugerido a indicação da participação de alguns componentes que estavam diretamente envolvidos com as ocorrências de reclamações e devoluções de clientes.

Identificam-se como motivações relatadas pela área de produção para a constituição do trabalho as seguintes informações:

- Aumento de presença no *mix* de produção de artigos mais densos (que requerem maiores patamares de tensões) configurando-se como tendência presente e futura;
- Necessidade de diminuição dos estoques de produto acabado combinado ao pronto atendimento dos pedidos dos clientes;
- Estreitamento dos limites de capacidade de processo em virtude das exigências dos clientes;
- Alteração do regime de trabalho do Dipping;
- Instalação constituída de parte nova (adquirida há 10 anos) e parte adquirida usada (acumulador de saída e trens de estiragem – Limite de tensão em torno de 9 toneladas de carga);
- Aumento da incidência de falhas na instalação (sobretudo engrenagens; eixos; cilindros; motores e máquina de costura);

Aqui também deve ser citada uma ocorrência junto ao trem de estiragem 4 onde a ruptura de um dos cilindros de estiragem provocou interrupção da ordem de 72 horas no dia 15/10/2012 (pouco antes da formalização da solicitação) com perdas da ordem de R\$900.000,00 como fator determinante para a solicitação do trabalho. Esta análise de falha encontra-se no anexo 8 deste trabalho.

Nesta fase preliminar foi determinado pelas gerências acima citadas a constituição oficial do projeto e o estabelecimento de sua coordenação.

5.2 AVALIAÇÃO DAS INFORMAÇÕES PRELIMINARES

Demandado o trabalho e constituída sua coordenação, inicialmente buscou-se identificar a estrutura existente de informações referentes ao desempenho da instalação de dipagem através da avaliação de seus principais indicadores de desempenho, principais clientes, como o mesmo se acha inserido na cadeia produtiva, como se encontra exposto a influências de outras áreas produtivas da cadeia e quais os principais controles de processo referente as características e especificações do produto.

Buscou-se também identificar a estrutura de manutenção existente, sua forma de controle, rotinas estabelecidas, forma de registro e comunicação das falhas além da estrutura e sistema de peças e conjuntos sobressalentes.

Esta etapa preliminar foi conduzida de forma a estabelecer uma fotografia do momento da instalação no que se refere a todos seus aspectos operacionais de forma a identificar a disponibilidade de dados a serem utilizados na avaliação das frentes de trabalho a serem constituidas e um modelo de condução apropriado. Esta fase deve ser associada à compreensão do ambiente do projeto.

Como estrutura da área é possível descrever as seguintes características principais, as quais foram obtidas a partir do modelo de levantamento de informações previas parcialmente demonstrado no anexo 2:

- Identificado que os indicadores da área com melhores condições de histórico e sistema de acompanhamento que permitissem a avaliação do trabalho seriam o OEE NET, o OEE GLOBAL, o T2 e T4;
 - OEE NET - refere-se a *Overall Equipment Effectiveness*, indicador utilizado pela empresa objeto deste trabalho destinado a mensuração da eficiência do equipamento. Composto pela multiplicação de 3 fatores a saber: qualidade, eficiência e utilização ($Q \times E \times U$). O fator qualidade é obtido pela razão entre o total de material produzido aprovado pelo total de material produzido em toneladas. O fator eficiência é dado pela razão entre o total de horas efetivamente produzidas (dado por um horímetro associado ao funcionamento da máquina) pelo total de horas planejadas para produção (no caso do OEE NET são descontados eventos alheios à produção como quedas de energia elétrica; falta de vendas, entre outros. Já no OEE GLOBAL não há estes descontos). Por fim, o fator utilização é dado pela razão entre o tempo que a instalação está programada para trabalhar sobre o tempo disponível calendário disponível para trabalhar. Vale aqui destacar que algumas literaturas trazem um outro fator relacionado à velocidade de produção, não adotada no *Dipping* em razão da mesma ser necessariamente constante por questões de processo para todos os artigos. Pode-se dizer que este indicador representa a taxa de produção com qualidade sobre a produção que poderia ser alcançada no mesmo período.
 - T2 - sigla utilizada pela empresa onde se passou o estudo para designar as paradas programadas para manutenção.
 - T4 - sigla utilizada pela empresa onde se passou o estudo para designar as paradas não-programadas por falha do equipamento.
- Existência de regime de 6 x 2 na programação de turnos de produção;

- Atendimento corretivo às falhas efetuado via plantão mecânico e plantão elétrico constituído de 2 mecânicos e 1 eletricista (ambos terceiros) dedicado ao atendimento de toda a usina e não somente à instalação de *Dipping*;
- Identificado não existir um meio formal e sistêmico de informação das falhas com o equipamento;
- Identificado que as intervenções planejadas possuam um roteiro de intervenção informatizado apenas na especialidade mecânica e parcial em relação a instalação como um todo;
- Identificado a inexistência de um sistema de análise de falhas na área.
- Identificado a inexistência de uma reunião formal entre manutenção e fabricação para planejamento e programação das intervenções.
- Relatado pela equipe operacional a percepção de concentração de falhas junto aos conjuntos da Máquina de Costura Automática e dos Trens de Estiragem;
- Identificado que a estrutura de manutenção dedicada à área consistia basicamente de um mecânico terceirizado para os atendimentos corretivos em horário administrativo, subordinado a oficina de área dos fios industriais;
- Identificado a ocorrência de intervenção planejada semanal de 8 horas de intervenção;
- Identificada inexistência de planejamento conjunto das intervenções efetuadas pelos mantenedores e aquelas efetuadas pelos operadores, sendo as mesmas conduzidas de maneira independente;
- Identificada existência de estoque de peças sobressalentes, sobretudo eléctro-eletrônicas junto a instalação com solicitação de reposição

demandada pelo próprio mantenedor, portanto fora da estrutura de almoxarifado da usina;

- Identificado entre os operadores uma grande quantidade de novatos em função de recente reestruturação provocada pela área produtiva.

As principais informações relacionadas às atividades de gestão dos ativos foram relacionadas sobretudos no que se referia ao método e forma de trabalho empregado.

Em função destas informações coletadas foi realizada uma proposta de abordagem de trabalho a ser efetuada junto a instalação, constituinte do projeto em si a qual é reproduzida a partir do próximo item.

5.3 PROPOSTA DE ABORDAGEM E ESTRUTURA DO PROJETO

Frente ao cenário exposto iniciou-se a avaliação do modelo de gerenciamento a ser estabelecido e a proposição de indicadores, constituintes do grupo de trabalho e metas a serem atingidas ao final do trabalho.

Foi realizada uma reunião inicial de trabalho com a presença de representantes da área de fabricação, controle de processo, pesquisa e desenvolvimento e manutenção onde foi apresentada a proposta de trabalho e a composição das frentes de atuação, ainda em nível operacional.

As informações tratadas foram:

- Oficialização do Trabalho
 - Comitê Gestor - Constituintes
 - Comitê Operacional - Constituintes
- Funções e Responsabilidades
 - Visão Geral da Responsabilidade do Comitê Operacional
 - Agenda de Trabalho

- Sugestão de pauta mínima para o comitê - proposta
- Estruturação do Trabalho - Proposta
 - Abordagem de trabalho - visão de manutenção;
 - Proposta de frentes de atuação do trabalho;
 - Proposta de Indicadores macros e estrutura de acompanhamento;
 - Estabelecimento de rotina de Análise de Falha.

Na Tabela 6 e 7 indicam-se as propostas de constituição dos comitês gestor e operacional respectivamente.

Comitê Gestor - Constituído pelas funções indicadas na Tabela 6.

Tabela 6- Composição do Comitê Gestor

ÁREA	FUNÇÃO
FABRICAÇÃO	Gerente e Coordenador
CONTROLE DE PROCESSOS	Coordenador e Analista
PESQUISA E DESENVOLVIMENTO	Gerente e Engenheiro de Desenvolvimento
DIREÇÃO	Diretor Industrial e Diretor de Infraestrutura
MANUTENÇÃO	Gerente de Manutenção e Gerente de Engenharia de Manutenção
	Coordenador de Engenharia de Manutenção (coordenador do Trabalho) e Chefe de Elétrica e Instrumentação
	Supervisor de Rotina e Supervisor de Melhorias
	Planejador e Coordenador de execução

Comitê Operacional - Constituído pelas funções indicadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Composição do Comitê Operacional

ÁREA	FUNÇÃO
FABRICAÇÃO	Líder de Produção; Coordenador de Produção e operadores.
CONTROLE DE PROCESSOS	Analista de processo
PESQUISA E DESENVOLVIMENTO	Engenheiro de Desenvolvimento
MANUTENÇÃO	Supervisor de Rotina e Supervisor de Melhoria
	Coordenador de Engenharia de Manutenção (coordenador do Trabalho) e Técnico de Manutenção
	Eletricista de Manutenção e Mecânico de Manutenção
	Planejador de Manutenção

A constituição dos comitês com a diversidade de componentes procurou preservar a estrutura funcional da empresa estabelecendo participantes que exercem a função de patrocinadores do projeto, executores do projeto (time de trabalho); e elementos da estrutura responsável pela homologação dos produtos bem como estabelecimento dos métodos operatórios (pesquisa e desenvolvimento e controle de processo).

Esta forma de estrutura buscou possibilitar que a comunicação entre as diversas áreas e atores com interesse e poder sobre o desenvolvimento do trabalho pudessem compartilhar e participar em nível de comprometimento com as ações a serem implementadas bem como com a análise dos eventos. Além disso fatores como a cultura organizacional da corporação e responsabilidade e atribuições das diversas

áreas também foram fatores de avaliação para a proposição e constituição desses componentes.

Como responsabilidades do comitê foram propostas as atribuições indicadas na Tabela 8.

Tabela 8- Atribuições comitê operacional

RESPONSABILIDADES E ATRIBUIÇÕES DO COMITÊ OPERACIONAL	Propor rotinas de trabalho
	Analisar Falha e propor ações de Bloqueio
	Analisar e propor ações de recuperação e restabelecimento
	Elaborar as análises de indisponibilidade da instalação
	Estabelecer forma de registro e comunicação de falhas na instalação
	Propor ações com base na análise de Indicadores e levantamentos de campo
	Propor e realizar estudos técnicos específicos.
	Convocar outros especialistas para avaliação das falhas e ações quando necessário
	Estabelecer plano de ações e submetê-lo a avaliação do comitê gestor.

Também foi proposta que as reuniões de trabalho do comitê operacional teriam frequência semanal durante as quais seria conduzido estudo de RCM da instalação. A rotina de análise de falha e ações decorrentes dessa não seriam analisadas em detalhes na totalidade do comitê operacional mas tratadas com os respectivos especialistas envolvidos e apenas reportando sua situação neste comitê. Esta

adaptação à proposta inicial foi realizada a fim de possibilitar a otimização da agenda dos envolvidos e focar na realização do RCM nas oportunidades previstas por este comitê.

Tabela 9- Atribuições comitê gestor

RESPONSABILIDADES E ATRIBUIÇÕES DO COMITÊ GESTOR	Decidir sobre investimentos sugeridos pelo Comitê Operacional
	Patrocinar o Comitê Operacional
	Estabelecer diretrizes de atuação do Comitê Operacional
	Avaliar os trabalhos do Comitê Operacional
	Disponibilizar recursos aos trabalhos de Análise de Falha e RCM

O comitê gestor, como pode ser observado na Tabela 9, tinha como principal função prover os recursos necessários ao desenvolvimento do trabalho e decidir sobre a pertinência e viabilidade de eventuais investimentos identificados durante o transcorrer do trabalho.

Já na etapa de estruturação do trabalho os tópicos foram divididos como segue:

Visão de manutenção: buscou-se esclarecer a diferenciação entre o processo de manter as funções, suportada pelas ações de prevenção de defeitos e correção das falhas (e o processo de melhoria que estaria focado no aumento da vida útil), a redução do tempo de manutenção e a idéia de evitar manutenção através de ações de reprojeto.

Frentes de trabalho - neste tópico se propôs claramente a diferenciação de duas frentes macro de trabalho:

- Estabelecimento de Estudo de RCM na instalação do Dipping;
- Estabelecimento de Rotina de Análise de Falha;

De forma complementar introduziu-se algumas definições e conceitos de maneira a possibilitar o nivelamento da forma de comunicação e sobretudo o que se buscária junto as análises de falha.

O detalhamento da forma de condução das duas frentes será abordado no próximo tópico.

A proposta foi validada pelos participantes da reunião formalizando-se o início do trabalho junto as áreas envolvidas.

Por fim foram definidas as metas do trabalho, indicadas na Tabela 10:

Tabela 10- Metas para o projeto de confiabilidade dipping

META PARA O PROJETO DE CONFIABILIDADE DIPPING	VALOR	PRAZO
AUMENTO DO MTBF DA INSTALAÇÃO	20% (base - out/2011 à jan/2012)	Ago/2012
REDUÇÃO DO MTTR DA INSTALAÇÃO	10% (base - out/2011 à jan/2012)	Ago/2012
REDUÇÃO DA PARADA ACIDENTAL - T4	30% (base - mai/2011 à nov/2011)	Ago/2012

Toda a etapa de contrato do trabalho a ser conduzido bem como a proposta da forma de atuação proposta e demais etapas do trabalho foram registradas devidamente sob a forma de atas com modelo padrão estabelecido.

5.4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Após definidas as diretrizes de estruturação e planejamento da condução do trabalho com a definição de suas metas, composição dos times de profissionais e funções envolvidas e a proposta de atuação em duas frentes principais foi realizado um levantamento complementar ao efetuado, e mostrado no anexo 2. As informações e processos para um levantamento focado nas estruturas de máquinas e ativos da instalação foram baseadas na elaboração de um diagrama funcional dos sistemas, mostrado no anexo 3 deste trabalho. Esta etapa possibilitou conhecer e dar visibilidade aos diversos conjuntos e funções existentes na instalação.

A etapa complementar associada ao diagrama acima estabelecido foi de realizar o levantamento inicial de dados classificados pelos conjuntos, sinalizando o perfil de perdas associados de forma que se pudesse estabelecer prioridades em quais conjuntos focar o desenvolvimento do trabalho, sobretudo do RCM já que para a análise de falha foi instituída outra rotina a qual será apresentada na sequência deste trabalho.

Esta etapa impôs a maior dificuldade pela praticamente inexistência de dados estruturados sobre falhas na instalação como já comentado.

A proposta então foi de se utilizar um formulário para relato e tratamento de falhas criado (cujo modelo está exposto no anexo 4 deste trabalho) como ferramenta para coleta de dados já durante os meses de outubro de 2011 (mês de constituição do trabalho) a dezembro de 2012 a fim de criar a mínima base necessária ao estabelecimento das frentes requeridas de atuação.

De maneira conjunta também foi estabelecido o acompanhamento *in loco*, por parte do coordenador do projeto, da rotina de trabalho de manutenção e operação no chão de fábrica em tempo integral para maior conhecimento do perfil de perda durante o período e maior condição de garantia de rastreamento e registro das falhas.

Nesta fase já se buscou estabelecer parâmetros de medida que pudéssem permitir o cálculo do MTTR e do MTBF dos conjuntos e da instalação como um todo assim como a perda em termos de margem de contribuição para o negócio através da estimativa do "valor" do minuto na instalação. Isto permitiu a percepção de quais conjuntos deveriam ser priorizados no trabalho.

Na sequência estão reproduzidos os gráficos derivados desse acompanhamento.

O anexo 14 apresenta a distribuição dos eventos de falha ocorridos na instalação do dipping entre o período de 28/10/2011 e 19/12/2011 e com o estabelecimento dos respectivos tempo entre estes eventos e os tempos de restabelecimento da função destas informações dados como o MTBF e o MTTR da instalação foram obtidos.

O Gráfico 3 mostra a distribuição entre as falhas de natureza mecânica e elétrica em relação a notificação de anomalia que passou a ser feita pela produção identificada pela sigla FIAI (Ficha de Informação de Acidente e Incidente) ao longo dos meses. Esta ficha era originalmente destinada a informação de ocorrência de acidentes de processo e de trabalho e foi aproveitada para utilização em notificações de falhas dos ativos de forma a permitir o confrontamento entre as informações originadas pela manutenção e aquelas advindas da produção. Em seus campos explora unicamente dados como data e hora da ocorrência bem como o sintoma apresentado pela instalação durante aquele determinado evento. Este gráfico contempla apenas as FIAI's cujo evento era de falha na função do ativo. A diferença percebida entre o total de Relatos de Intervenção de Manutenção e as FIAI's observada neste gráfico mostra um melhor registro no primeiro que no segundo, denotando sensível melhora nos registros da área de manutenção.

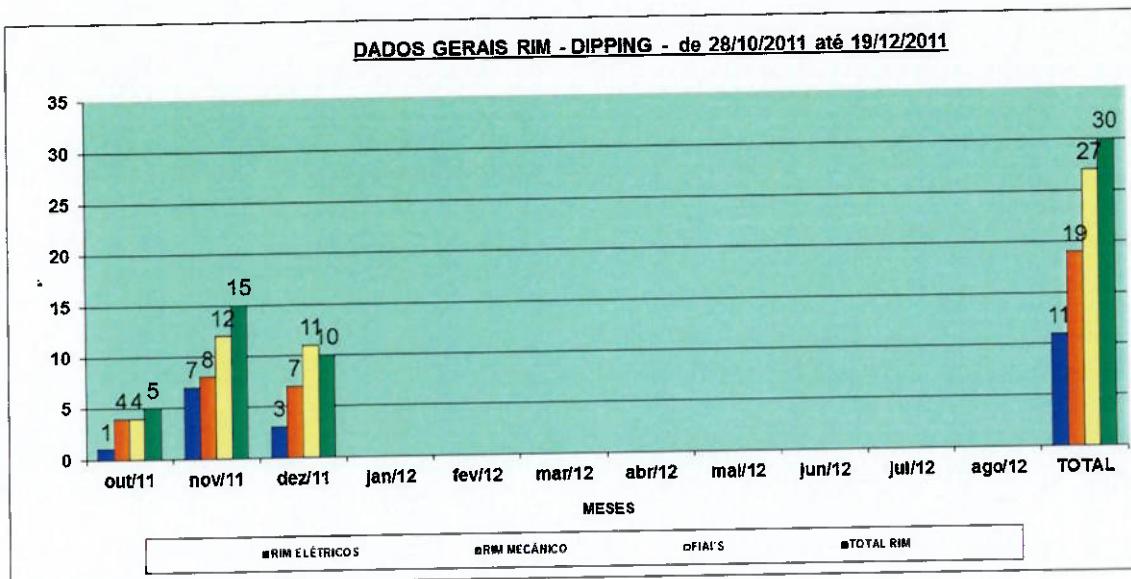


Gráfico 3- Nº de falhas ocorridas entre 28/10/2011 e 19/12/2011

O Gráfico 4 trás o número de falhas registradas, o tempo para restabelecimento dividido entre falhas de natureza mecânica ou elétron-eletrônica e o tempo em que a instalação perdeu totalmente a função de dipagem dos tecidos. Percebe-se aqui uma outra característica da instalação associada ao fato de que nem todas as falhas ocorridas efetivamente causavam a impossibilidade de dipagem da tela ou mesmo a desclassificação do produto em processo. Esta informação foi posteriormente trabalhada de modo a fornecer uma visão das perdas efetivas de produção associadas às falhas e o potencial de perda das mesmas caso refletissem necessariamente em restrições de produção e geração de refugo. Obviamente os números contabilizados para o trabalho estão calcados nas perdas efetivas de função que resultavam em perdas de produção ou desclassificação de produto.

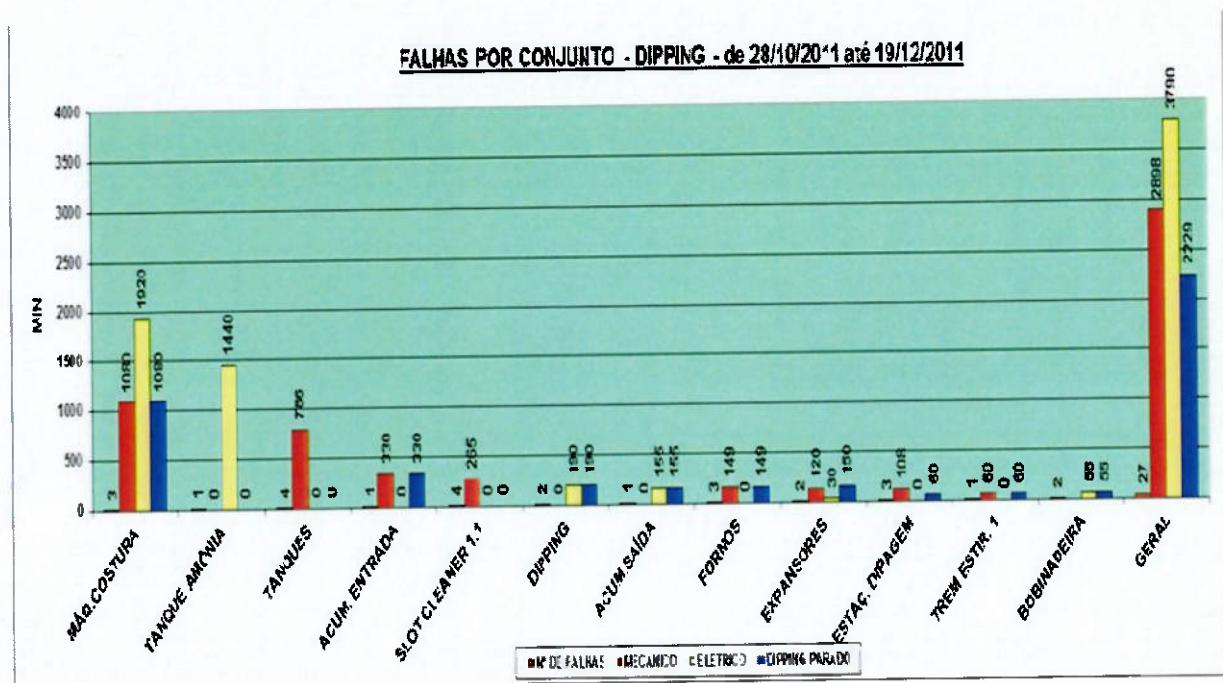


Gráfico 4- Tempo em falha por conjunto entre 28/10/2011 e 19/12/2011

Por fim, o Gráfico 5 buscou correlacionar as três variáveis de maior interesse pelos demandantes, ou seja, o MTBF, o MTTR e a perda monetizada em cada conjunto buscando situá-los em quadrantes que demonstrassem aquele que deveria ser objeto de foco para início dos trabalhos de RCM. Dessa avaliação decorreu a identificação da necessidade de início dos trabalhos de RCM pelo conjunto da Máquina de Costura em função de apresentar o pior MTTR, estar entre os piores MTBFs e com maior perda monetária associada.

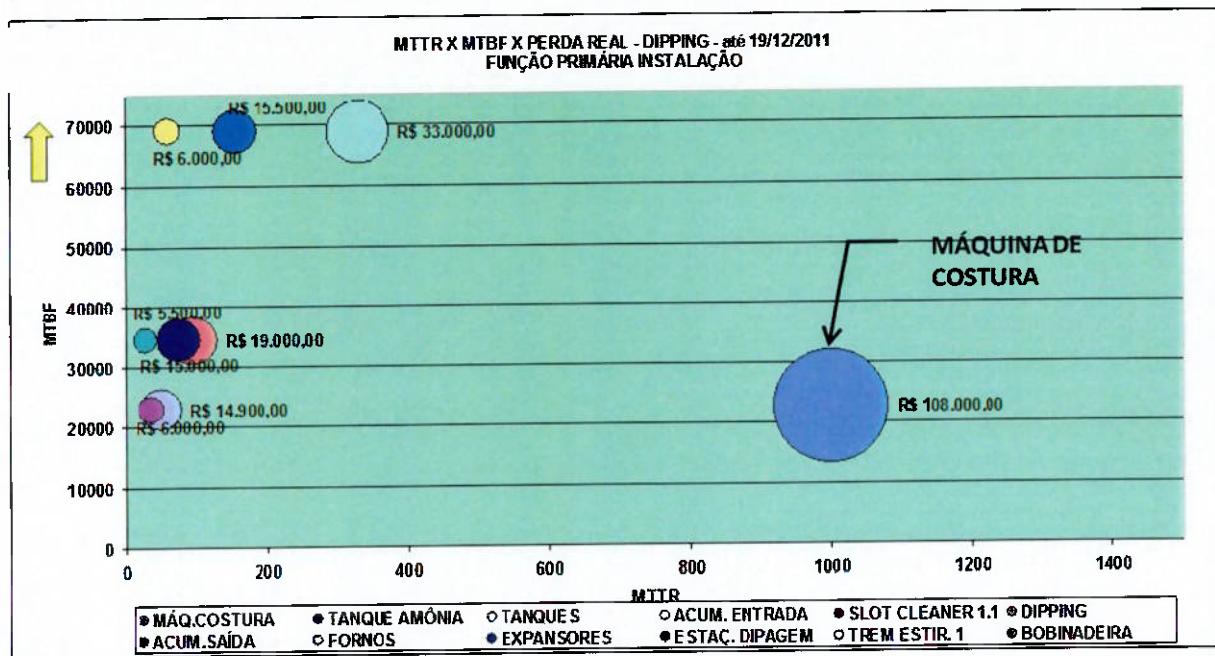


Gráfico 5 - Relação entre MTTR, MTBF e valor monetário da perda entre 28/10/2011 e 19/12/2011

Dessa forma foi estipulado como foco a ser trabalhado no RCM dois conjuntos: a máquina de costura (ja demonstrada pelos dados acima) e o conjunto dos Trens de estiragem cujo evento de 72 horas ocorrido em 15/10/2011 encontra-se fora do levantamento acima (cujo período iniciou-se em 19/10/2011) porém com enormes consequências para a programação de produção e atendimento aos clientes, repercutindo em cláusulas de multa e instituindo uma crise vencida a custa de programações em horas extras para a instalação.

Complementarmente também foi discutido e identificado entre os participantes a necessidade de tratamento de uma falha específica junto as estações de dipagem a qual trazia desclassificação de produto e cujo tempo gasto com intervenção corretiva e intervenções sistemáticas era importante. A falha em questão é o travamento dos mancais do rolo submerso. Só no que se refere a intervenção planejada foi identificado pelos componentes da trabalho que a necessidade de intervenção semanal junto a instalação tinha como principal motivador a revisão sistemática desses mancais no que

se refere a limpeza e relubrificação do mesmo associada à entrada de solução de dipagem junto ao alojamento dos rolamentos autocompensadores. O modo de falha estava então associado à condição de revisão desses mancais e sobretudo às condições de lubrificação do mesmo.

Assim iniciou-se os trabalhos do RCM junto à máquina de costura e posteriormente junto aos trens de estiragem. O trabalho foi conduzido em reuniões semanais de 4 horas com a presença de todos os constituintes do comitê operacional.

A reunião inicial teve como objetivo nivelar conceitos básicos do RCM e do FMEA entre os participantes, que em sua totalidade já haviam participado de trabalhos de RCM anteriores conduzidos em outros equipamentos da usina.

Após a reunião inicial de nivelamento, iniciou-se a condução do FMEA propriamente dito definindo inicialmente a função da máquina de costura a qual é definida abaixo:

* Fazer a costura de 7 a 10 fios em até 2 minutos, numa velocidade de produção de 60 m/min.

E sobre esta condição foi conduzida toda a análise, que é reproduzida no Anexo 5, que mostra a folha de avaliação da função e os respectivos modos de falha da instalação. O anexo 6 mostra a planilha de decisão desse FMEA e o anexo 7 o plano de ação proposto.

Além desse material também foi desenvolvido um plano de manutenção preventiva dividido por especialidade e cujo conteúdo é apresentado no anexo 8 deste trabalho.

Na frente destinada a análise de falha foi efetuada uma diferenciação da forma de abordar as falhas registradas. O formulário apresentado no anexo 4 foi destinado a falhas cujo impacto em termos de perda de tempo de produção entre diagnóstico e reparo propriamente dito não ultrapassasse 24 horas de interrupção.

Para falhas cujo tempo de interrupção de produção superasse as 24 horas foi utilizado um procedimento de tratamento diferenciado em termos de condução da

análise propriamente dita no que se refere a número de participantes, reunião para análise, e até mesmo o relatório. Com isso se buscou diferenciar os eventos de menor impacto daqueles de maior impacto na disponibilidade da instalação. A primeira análise de falha que foi conduzida já nestes moldes foi a de ruptura da ponta do cilindro nº6 do 4º trem de estiragem ocorrida em 15/10/2011 e já citada anteriormente como um dos fatores desencadeadores da demanda do trabalho sendo posteriormente também conduzida uma análise no mesmo formato para falha ocorrida junto a máquina de costura automática e manual em 19 e 20/11/2011.

A estrutura da análise em si não se diferenciava em termos de ferramentas empregadas para a identificação da causa raiz e sim no rigor do levantamento das evidências objetivas associadas ao mesmo, bem como na estrutura de correlação de causas estabelecidas em função de serem, via de regra, problemas de maior complexidade.

Com relação as falhas com impacto menor que 24 horas de interrupção e portanto registradas e tratadas através do Relato de Intervenção de Manutenção se estabeleceu uma rotina diária de análise para os mesmos, com duração de 1 hora, em que participavam além do agente de manutenção (eletricista ou mecânico) o coordenador de produção, o operador líder do turno e o supervisor de manutenção da instalação, com foco na identificação da causa fundamental da falha e correspondente tratamento. Após validadas as ações propostas, estas eram cadastradas em planilha própria para o controle e o acompanhamento das ações constituinte um plano continuamente alimentado e revisado, objeto este de verificação do *status* das respectivas ações e prazos para conclusão.

Vale aqui destacar a importância e diferencial da constituição da equipe destinada a análise de falha e a avaliação do FMEA no que se refere a experiência que os mesmos possuem com a instalação e consequentemente com seus modos de falha. O trabalho foi demasiadamente facilitado justamente pelo domínio demonstrado pelos profissionais operacionais (entenda-se aqui tanto aqueles com atuação na fabricação ou na manutenção da instalação) com vistas à análise dos modos e seus efeitos possibilitando o direcionamento do trabalho com foco nos de maior potencial de retorno.

No anexo 9 encontra-se reproduzida a análise de falha conduzida junto a falha do 4º trem de estiragem e no anexo 10 encontra-se reproduzida a análise de falha conduzida junto a máquina de costura no evento de novembro de 2011.

Com relação ao trabalho a ser desenvolvido junto aos mancais do rolo submerso da estação de dipagem, citado e listado como ponto a ser trabalhado no item anterior, foi identificado um potencial de redução no tempo de revisão e no intervalo de intervenção planejada de uma periodicidade semanal para uma periodicidade quinzenal desde que se estabelecesse alguma ação que melhorasse as condições de vedação do mesmo.

Este ponto reunia em si o potencial associada a eliminação de cerca de 18 horas mensais de intervenção planejada mais as incidências corretivas até então identificadas (cerca de 350 minutos de parada da instalação em 2 meses de acompanhamento) e as consequências do mesmo sobre a condição de tensão imposta ao tecido com alterações significativas de qualidade e consequente desclassificação ou refugo.

O mecanismo de falha identificado era que a medida que o equipamento entrava em regime de produção era possível identificar uma deflexão no rolo que causava a imersão do tecido na solução de dipagem onde o referido mancal se encontra instalado. Com isso há a formação de um espaço entre o retentor existente no mancal e o colo do rolo onde o mesmo trabalha, permitindo a entrada de solução de dipagem nos rolamentos autocompensadores. Esta solução eliminava a graxa existente no mancal causando o aumento do atrito nos elementos rodantes o que acabava por provocar a vulcanização da mesma e consequente eliminação da folga de montagem especificada. Durante as intervenções planejadas, devido a dificuldade de acesso e impossibilidade de retirada do conjunto a tempo de restabelecer a planta dentro do tempo esperado, não se realizava a limpeza completa dos rolamentos de forma a eliminar a graxa contaminada bem como a substituição dos elementos de vedação da tampa do mancal tinham que ser montados no local o que exigia que os mesmos fossem cortados para efeito de sua montagem na tampa do lado do rolo induzindo condição

deficiente de vedação. No próximo item será abordada a ação proposta para o mesmo. As Figuras 23 e 24 reproduzem a condição de montagem e funcionamento do mesmo.

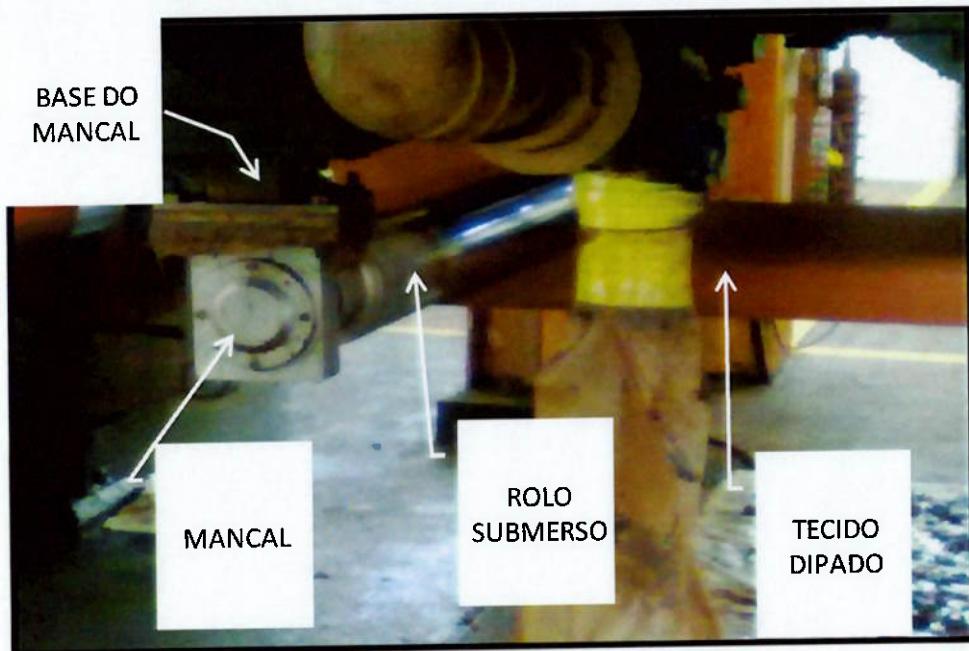


Figura 23- Mancal do rolo submerso da estação de dipagem

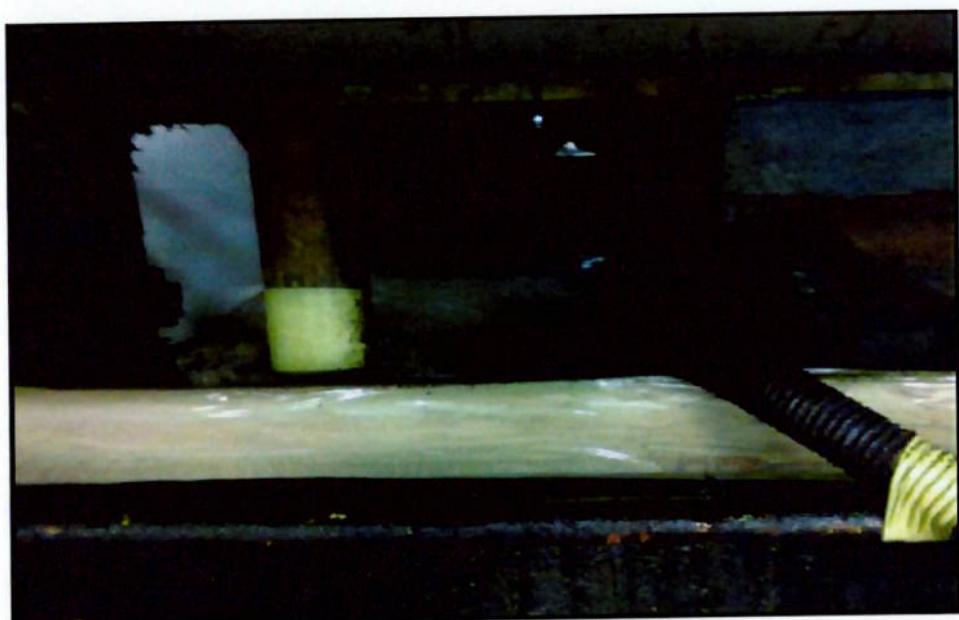


Figura 24 - Mancal trabalhando imerso

A Figura 25 mostra a condição na qual os mancais ficam após uma campanha de produção, neles pode-se perceber o produto aderido a superfície da caixa e dentro da tampa do mancal (foto a direita) com resíduos da solução de dipagem vulcanizados.



Figura 25 - Mancal após campanha de produção

A Figura 26 mostra a condição na qual os rolamentos ficam após uma campanha de produção. Nela pode-se perceber a grande quantidade de resíduo entre os elementos rolantes, pista e gaiola, os quais acabam por provocar o travamento dos rolamentos.



Figura 26 - Rolamento após campanha de produção

De forma similar, durante os trabalhos, foi identificado que grande parte das falhas na máquina de costura estavam correlacionadas com a existência de folgas junto aos mecanismos internos de acionamento dos cabeçotes superior e inferior e que garantem o sincronismo entre os formadores do ponto e a agulha. Foi também

identificado a existência de certo desconhecimento por parte da equipe de manutenção no reparo desse conjunto inclusive sobre os componentes existentes na mesma. Isto impunha bastante limitação na forma de agir da equipe de manutenção sendo que apenas um dos mantenedores acabou desenvolvendo maior habilidade com o equipamento gerando interdependência dos demais em relação a sua atuação. Também foi identificado que o conhecimento operacional sobre os ajustes da máquina bem como a condição de posicionamento do tecido não era uniforme entre os operadores que atuavam no posto impondo uma condição não satisfatória na operação da mesma inclusive com ocorrências de passamento de linha errado e falhas junto a forma e alinhamento do tecido a ser costurado. Por fim, também foram identificadas dificuldades no que se refere a condição dos tecidos a serem costurados no equipamento sobretudo em decorrência de falhas de enrolamento na bobinadeira do tecido após ter sido dipado. Nesta condição a resina depositada no tecido altera a característica de penetração das agulhas devido a rigidez que este assume. Assim, as tensões atuantes nos mecanismos em decorrência da maior dificuldades de penetração das agulhas altera a condição de funcionamento do sistema. Esta constatação necessariamente desencadou um trabalho junto as áreas de fabricação e controle de processo sobre a necessidade de melhorar o resultado do enrolamento de forma a se diminuir a necessidade de repasses na máquina. Este trabalho, pela característica do mesmo, ficou sob a responsabilidade da área de controle de processo.

No que se refere especificamente ao sistema dos trens de estiragem é possível destacar o mecanismo de falha identificado na sua análise de falha demonstrada no anexo 9 deste documento onde condições inadequadas de registro de documentação técnica, entenda-se desenhos de detalhamento, e falhas de projeto no dimensionamento de raios de concordância, acabamento superficial e material aplicado desencadearam claro mecanismo de fadiga levando a ruptura do eixo do mesmo.

Relaciona-se assim os principais modos de falha identificados junto aos conjuntos selecionados a serem trabalhados para os quais estabeleceram-se ações que serão abordadas no próximo item.

6 AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO E AÇÕES PROPOSTAS

Dentre as frentes de trabalho citadas anteriormente pode-se desenvolver de maneira simultânea a análise focada nos modos de falha a medida que se manifestavam ao longo de toda a instalação, abordada pelas análises de falha conduzidas e o tratamento sistêmico sobre os conjunto elegidos como os com maior incidência de falhas e consequências de maior vulto para a instalação. Via de regra as ações obtidas através das análises de falha possuam caráter mais imediato no que se refere a sua aplicação e maior foco no que se refere a sua amplitude. Já as ações obtidas via RCM, por imposição da própria metodologia, impunha um impacto mais sistêmico e abrangente. Foi possível inclusive observar avaliações que correlacionavam falhas entre conjuntos e que refletiam em efeitos sobre o conjunto objeto do FMEA, natureza esta ao qual o FMEA não se presta diretamente sendo prioritariamente obtida por ferramentas como a Árvore de Falhas, mas que pela experiência dos participantes foi possível de ser identificada. Um exemplo que pode ser citado se refere a interferência que o funcionamento do rolo pressor do conjunto do acumulador de entrada, localizado após a máquina de costura conforme pode ser observado no anexo 1, poderia causar no funcionamento do ciclo de costura caso o mesmo fosse acionado a tracionar o tecido de maneira automática enquanto o cabeçote de costura estivesse ainda em trabalho.

Em decorrência desse trabalho em duas frentes se obteve grande quantidade de ações, algumas destinadas ao reparo imediato e restabelecimento pleno da função e algumas com necessidade de investimentos. As que essencialmente se referiam a ações de cunho operacional foram conduzidas sem a observação e anuênciia do comitê gestor ao passo que aquelas com caráter estruturante ou que exigiriam investimentos financeiros significativos foram conduzidas a análise desse. No anexo 11 reproduz-se trecho desse plano onde se conduziu o gerenciamento das ações propostas. Vale destacar a necessidade de que eventuais reprojetos fossem acompanhados de uma análise de modificação com vistas a identificar impactos dessas sobre a condição de

segurança aos operadores e mantenedores, sua facilidade de operação e manutenção bem como impacto sobre aspectos ambientais e de qualidade.

Descreve-se as principais ações por conjunto analisado:

MÁQUINA DE COSTURA

- **Aquisição de um cabeçote superior e um cabeçote inferior com 12 agulhas ao invés das atuais 10**

Esta ação tinha por objetivo estabelecer uma estratégia de reparo em oficina e pronta substituição do item na máquina na eventual ocorrência de falha além de possibilitar à equipe de manutenção o manuseio e desmonte de partes do equipamento até então desconhecidas devido a indisponibilidade do conjunto para intervenção no mesmo. Além disso possibilita o cadastro efetivo e reconhecimento de cada componente constituinte de maneira a se desenvolver fornecedores regionais e desenhos construtivos acelerando o tempo de reposição. Outro ponto a se destacar é que o aumento do número de agulhas nos novos cabeçotes possibilitará que a falha de até 3 pontos durante a costura não comprometa o ciclo de dipagem haja visto que a tolerância hoje estabelecida é de 9 pontos inteiros para os tecidos de maior tensão. Foi calculado que o *payback* da mesma se daria em 6 meses. Esta ação ainda não foi efetivamente implantada, embora autorizada pelo comitê gerencial a aquisição, em decorrência da mesma estar sujeita a importação do item cuja previsão está para início do ano de 2013. Imagens esquemáticas do cabeçote são indicadas nas Figuras 27 e 28.

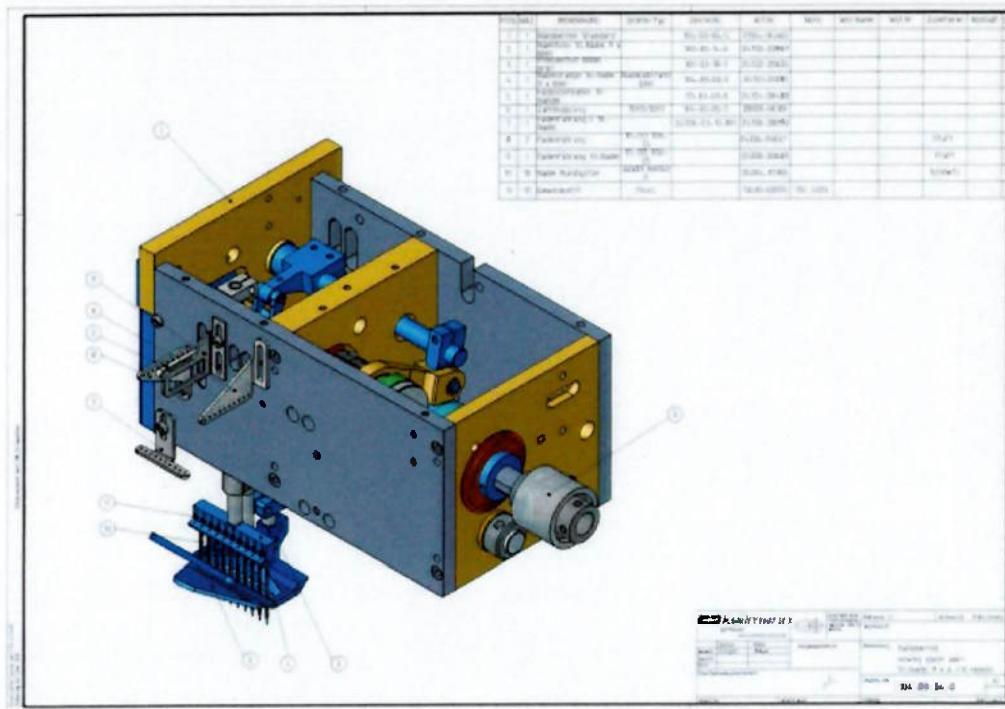


Figura 27 - Cabeçote superior

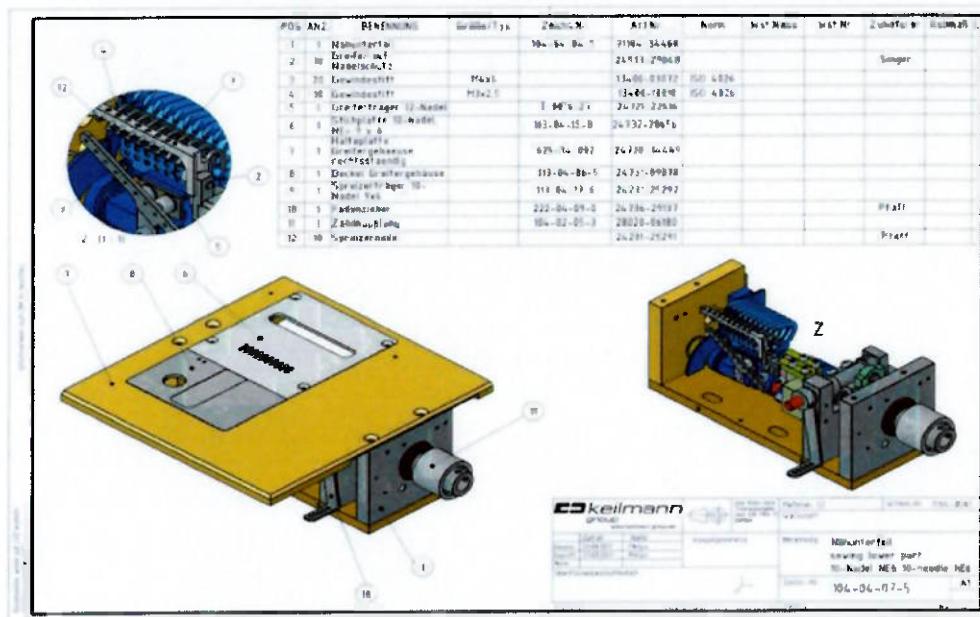


Figura 28- Cabeçote inferior

- **Contratação de técnico de mercado especializado no equipamento para treinamento dos mantenedores e estabelecimento da rotina de regulagens junto a mesma.**

Esta ação, já implantada, possibilitou a capacitação dos técnicos da manutenção central da usina na atuação junto ao equipamento e aumento do número de técnicos capazes de intervir no mesmo. Possibilitou também a capacitação dos operadores na forma de operação do equipamento bem como regulagens operacionais do mesmo evitando assim que falhas operacionais desencadeassem sobrecargas junto ao equipamento.

- **Desenvolvimento de mordente junto as chapas de fixação.**

Teve por objetivo diminuir o efeito de arraste causado pelo cabeçote superior, através da melhor condição de fixação oferecida pelos mordentes junto a chapa de fixação. As antigas chapas de prensamento lisas com lixas coladas em sua superfície foram substituídas por mordentes com saliências e reentrâncias aumentando a capacidade de mordedura e fixação, conforme indicado na Figura 29.

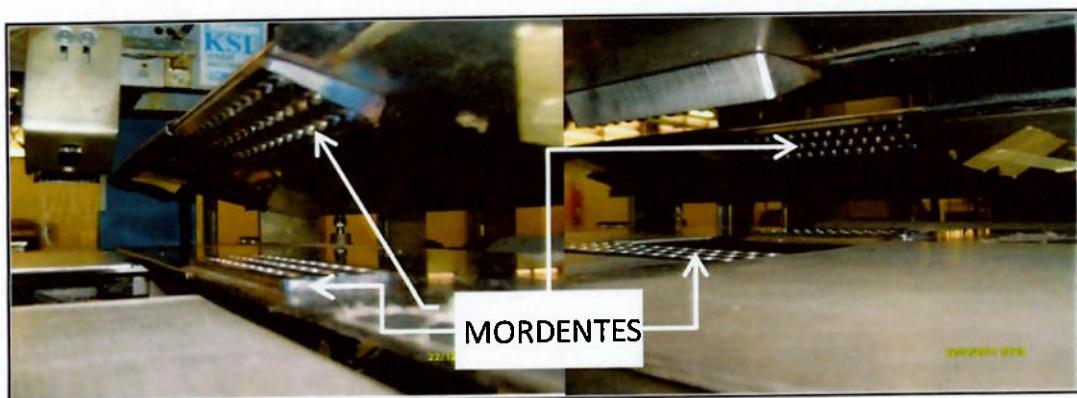


Figura 29 - Mordente de fixação do tecido na máquina de costura

- **Utilização de tecido de passamento com largura menor.**

Esta ação, já implantada, teve por objetivo eliminar a necessidade de dobra das extremidades do tecido de passamento, de maior densidade, quando se introduz um tecido a ser dipado de menor largura, diminuindo assim a quantidade de camadas a serem vencidas pelas agulhas e o consequente esforço sobre o conjunto todo.

- **Estabelecimento de métodos operatórios e controles sobre a forma de enrolamento do tecido dipado.**

Por fim esta ação, ainda em execução, objetiva formar um grupo de estudo sobre as condições de controle de processo no enrolamento do tecido pronto, visando a diminuição de defeitos de enrolamento e consequente necessidade de repasse conforme mecanismo de falha já explicado no item anterior deste trabalho.

Estas ações refletem na diferença observada nos modos de falha identificados no início da coleta dos dados representado pelo gráfico 6 e a condição dos meses posteriores representados pelo gráfico 7 onde se sobressaem falhas de natureza operacional

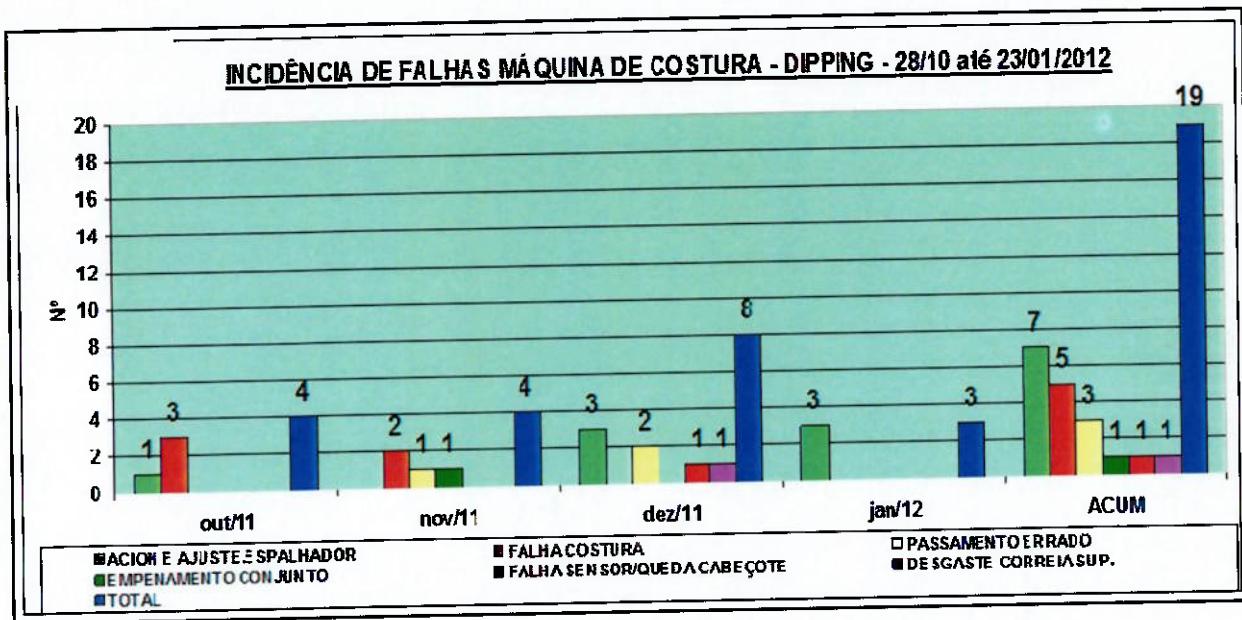


Gráfico 6- Falhas máquina de costura 28/10/11 à 23/01/2012

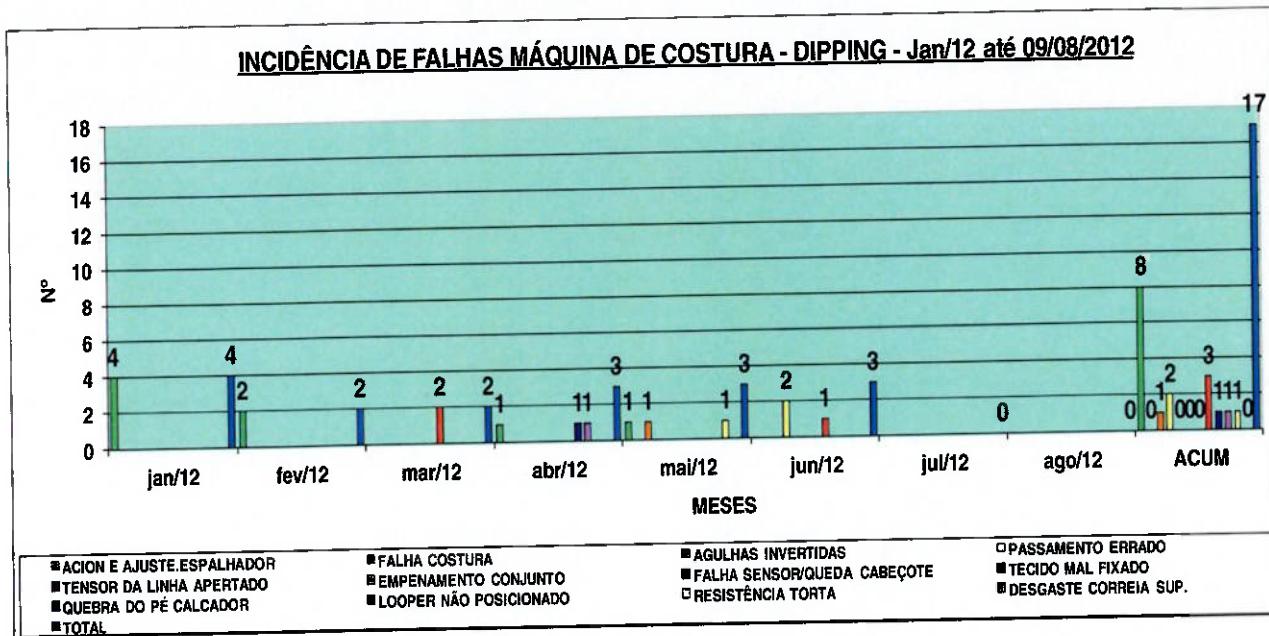


Gráfico 7 - Falhas máquina de costura 23/01/12 à 09/08/2012

TREM DE ESTIRAGEM

- **Aquisição de um cilindro tipo 2 e pontas postiças pré usinadas para montagem**

Esta ação aprovada pelo comitê gestor e com previsão de implantação para o ciclo de investimento de 2013 e com *payback* estimado em 8 meses tem como objetivo eliminar a exposição ao risco da instalação permanecer parada devido a ocorrência de falha junto ao cilindro tipo 2 para o qual não há peça sobressalente. Além disso objetiva a aquisição de portas da extremidade desses cilindros, pré-usinadas, que possam ser ajustadas às diversas dimensões já existentes na extremidade do corpo do cilindro reduzindo o tempo de intervenção de cerca de 14 dias para 1 dia (considerando a ausência total da ponta e impossibilidade de adaptação). Por razões de confidencialidade não reproduziu-se a peça em questão.

- **Reprojeto dos cilindro de estiramento e oficialização de desenho final**

A eliminação de diversas versões existentes e desenvolvidas ao longo dos anos e o reprojeto do cilindro com o objetivo de eliminar pontos de concentração de tensão, melhorar o acabamento superficial e facilitar a montagem e reposição foram os objetivos desta ação.

- **Elaboração de procedimento de montagem dos cilindros e treinamento dos mecânicos.**

Esta ação buscou estabelecer a forma correta de montagem dos cilindros de estiramento de maneira que a experiência dos mecânicos mais habilidosos pudesse ser transmitida aos demais mecânicos menos experientes, além de permitir que detalhes como folgas e ajustes fossem preservados como ativo intelectual da empresa. Por questões de confidencialidade este documento não será compartilhado

- **Estabelecimento de lista de verificação de pontos críticos no recebimento dos cilindros.**

O estabelecimento de um *check-list* sobre os principais aspectos construtivos a serem observados junto ao fornecedor de serviços de usinagem que venha a confeccionar os futuros cilindros foi o objetivo desta ação, de maneira que a qualidade sobre os pontos primordiais fossem garantidos ainda nas principais etapas de usinagem do mesmo.

E por fim :

ESTAÇÃO DE DIPAGEM

- **Confecção de conjuntos montados do rolo e mancal submerso que possibilite que o ajuste e montagem do mesmo seja feita em bancada e correta revisão do mesmo.**

Esta ação possibilitou que as revisões dos mancais submersos, sua limpeza, lubrificação e restabelecimento das vedações fossem feitas de maneira adequada fora da parada do dipping sendo posteriormente apenas substituído o conjunto em trabalho pelo revisado. Esta ação possibilitou que os elementos de vedação ora danificados pela necessidade de montagem com o sistema instalado na máquina fossem adequadamente montados fora da máquina preservando a condição de vedação do sistema. A Figura 30 mostra os cilindros já revisados pela oficina central em vias de ser transportado para montagem na máquina.



Figura 30- Mancais e rolos revisados em oficina para serem montados no *dipping*

A comparação da Figura 25 com a Figura 31 possibilita a compração dos mancais abertos após uma semana de trabalho antes da alteração do procedimento (Fig.25) com os mesmos mancais após 21 dias de trabalho (Fig.31) sem a incidência de falha como se verá no Gráfico 10 mais a frente.



Figura 31- Mancal e tampa revisados em bancada após 21 dias de trabalho

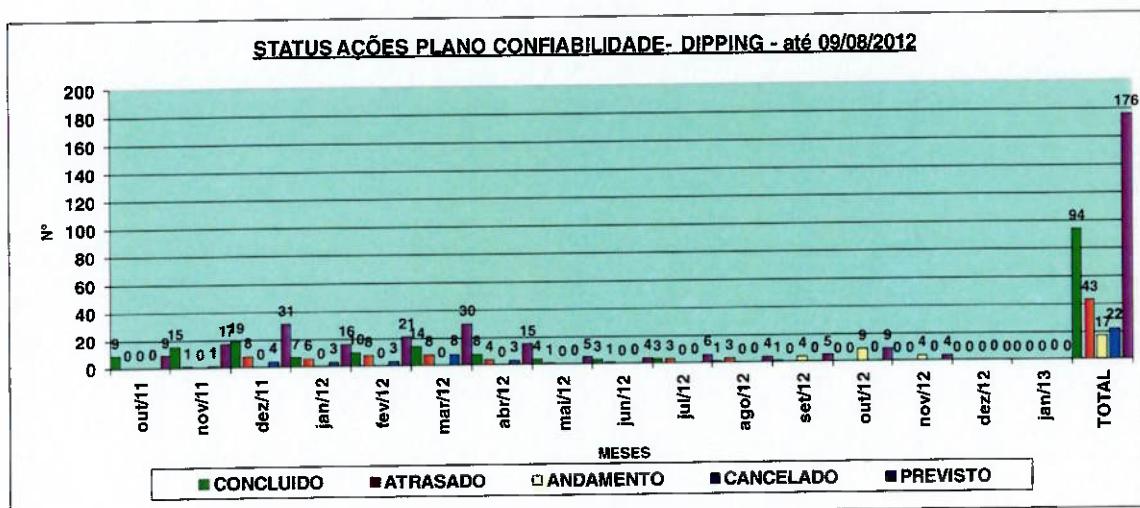


Gráfico 8- Status das ações do trabalho até 09/08/2012

No Gráfico 8 pode-se observar uma nítida diferença na quantidade de ações propostas entre outubro de 2011, data de início dos trabalhos, e abril de 2012 com os demais meses até agosto de 2012. Esta distribuição pode ser associada a eficácia das ações implantadas no decorrer do trabalho.

Nos Gráficos 9 e 10 reproduz-se o gráfico de Pareto comparativo das falhas entre conjuntos no período inicial dos trabalhos e já na sua fase de conclusão.

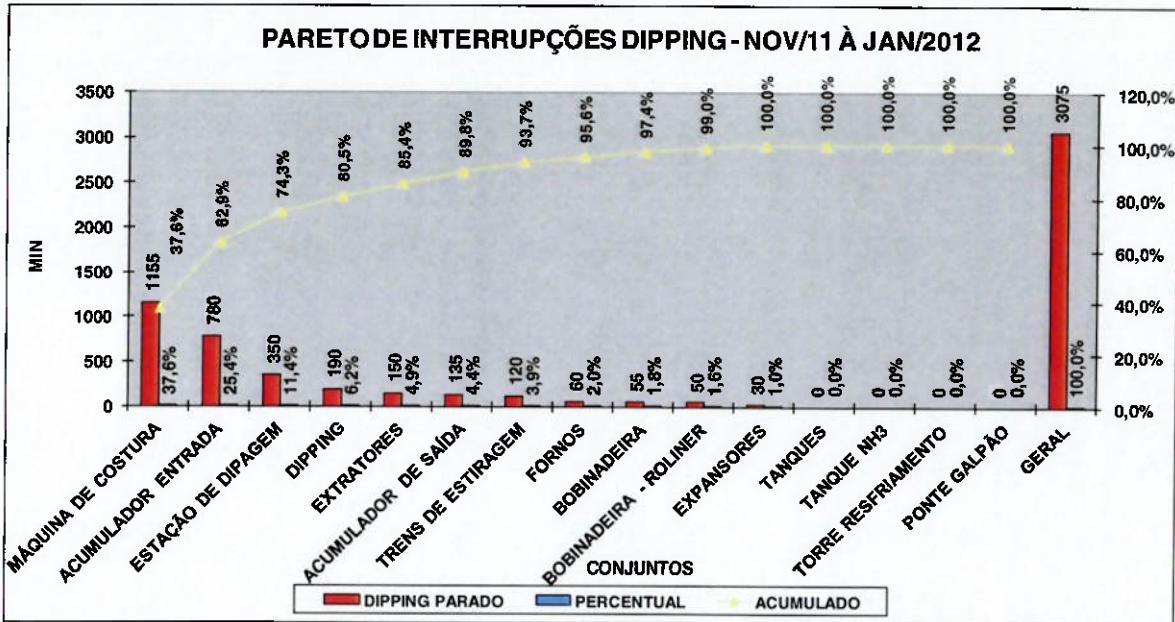


Gráfico 9- Pareto de interrupções por conjunto entre novembro de 2011 e janeiro de 2012

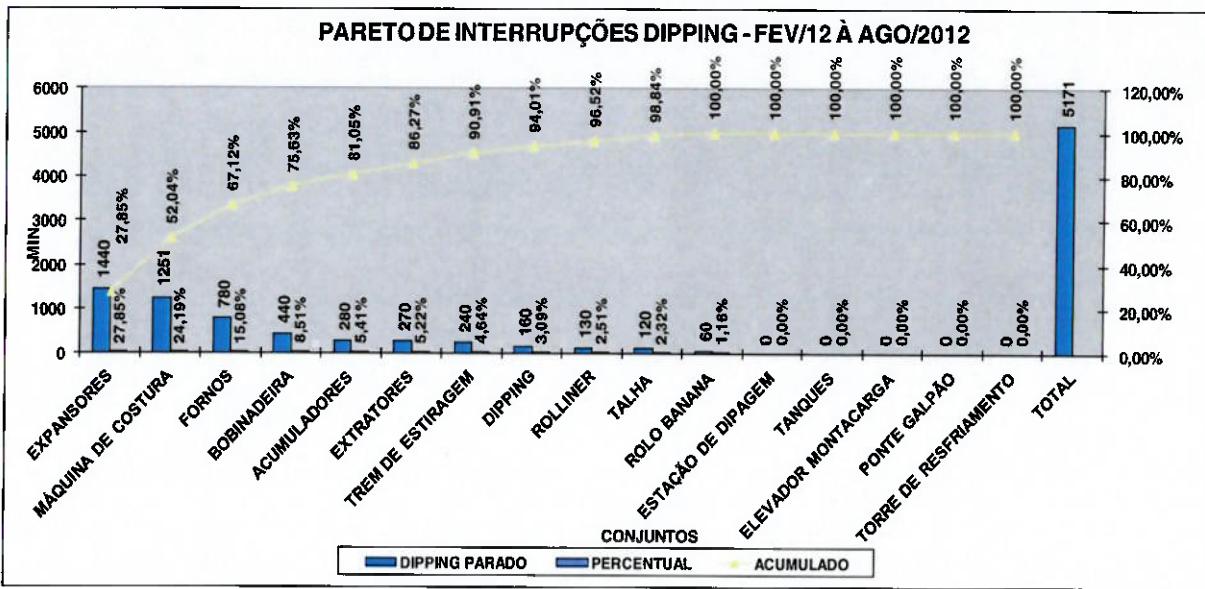


Gráfico 10- Pareto de interrupções por conjunto entre fevereiro de 2012 e agosto de 2012

Pode-se observar pelo gráfico acima uma redução nas falhas incidentes junto a máquina de costura se considerados os correspondentes períodos de tempo mensurados, antes com 37,6% do total e agora com 24,19% do total. Observa-se no Gráfico 9 que em cerca de 3 meses (entre Novembro de 2011 e Janeiro de 2012) ocorreram 1155 minutos em falha na máquina de costura, correspondendo a uma média de 12,83 minutos/dia (considerados 90 dias). Já no Gráfico 10 observa-se que em cerca de 7 meses (entre Fevereiro de 2012 e Agosto de 2012) ocorreram 1251 minutos na máquina de costura, correspondendo a uma média de 6,55 minutos/dia (considerados 191 dias), mostrando clara evolução.

Referente ao trem de estiragem destaca-se que apesar de ter ocorrido um acréscimo percentual no tempo em falha no período analisado (como observado na comparação entre os Gráficos 9 e 10) nenhuma destas falhas foi devida ao modo de falha de ruptura do eixo dos rolos tratada na análise de falha descrita no anexo 9, sendo a maioria falhas associadas a necessidade de ajuste das células de carga. Para esta ocorrência estabeleceu-se um procedimento que por razões de confidencialidade não será reproduzido neste trabalho.

Da mesma maneira se observou que a incidência de falhas junto a estação de dipagem, sobretudo nos mancais dos seus cilindros submersos, como relacionado nos conjuntos a serem trabalhados foi efetivamente nula no período, correspondendo a nenhum minuto de máquina parada para intervala em questão. Também foi avaliado e consolidada a alteração da periodicidade de intervenção planejada na instalação do dipping, antes semanal para quinzenal.

Observa-se também pela comparação entre os Gráficos 9 e 10 um significativo aumento no tempo de máquina em falha em decorrência de problemas no conjunto dos expansores. Deve-se isso a ocorrência de 2 falhas no acionamento do conjunto para o qual não havia peças sobressalentes para pronta reposição, levando a um grande tempo de espera para providenciar a peça a ser resposta gerando este índice de tempo parado.

Fato semelhante ocorreu com o conjunto da bobinadeira onde a falta de uma válvula proporcional do sistema hidráulico da mesma levou ao acréscimo observado no

tempo de máquina parada. Somente esta ocorrência correspondeu a 400 minutos de parada, tempo este em que foi providenciado em caráter emergencial a aquisição da válvula proporcional.

Com relação aos demais itens verificados também semanalmente foram integrados à inspeções a serem realizadas durante o funcionamento do equipamento, aqueles passíveis de serem realizados com o equipamento trabalhando, e durante intervalos operacionais para trocas de artigo (para aqueles com exigência da máquina parada para serem realizadas. Por si só, esta reorganização nas intervenções planejadas proporcionadas pelo tempo ganho com a ação sobre os mancais possibilitou ganhos de disponibilidade significativos além dos dados de interrupção já mencionados.

Nos anexos 12 e 13 está reproduzido o resultado comparativo entre os dados de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) da instalação e os dados de interrupção por T2 e T4, respectivamente tempo de parada por manutenção programada e tempo de parada por manutenção corretiva.

Com relação aos dados de MTBF e MTTR da instalação reproduz-se abaixo os valores nos Gráficos 11 e 12.

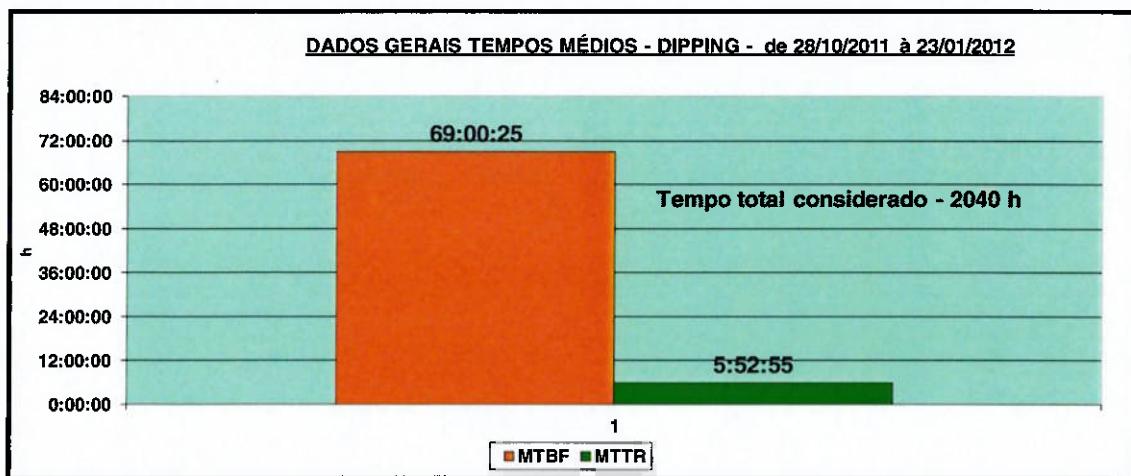


Gráfico 11- MTBF e MTTR da Instalação entre 28/10/2011 e 23/01/2012

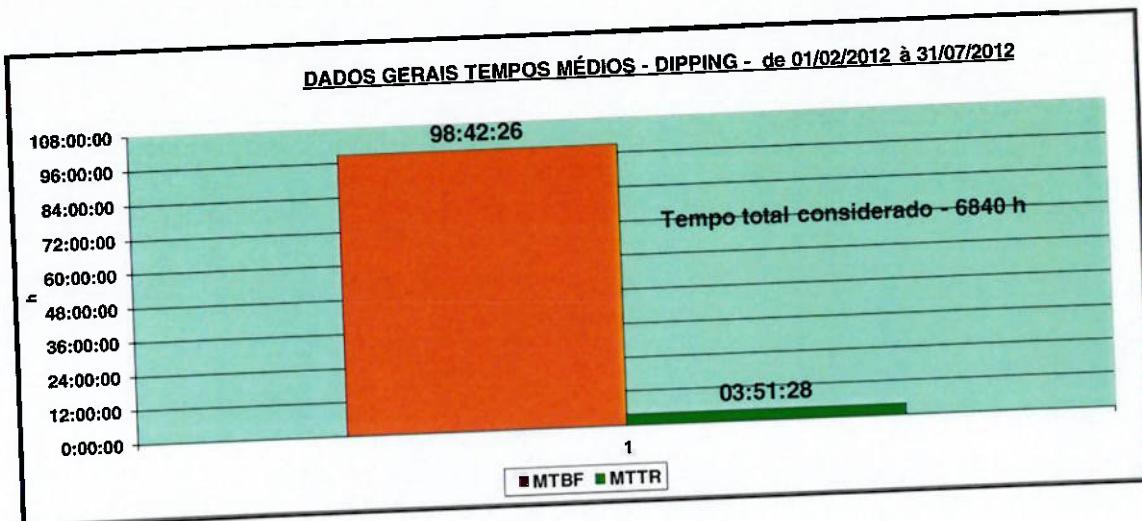


Gráfico 12- MTBF e MTTR da Instalação entre 01/02/2012 e 31/07/2012

Na Tabela 11 está representado o quadro comparativo entre as metas estabelecidas junto a contratação do projeto e os valores obtidos ao final da execução do mesmo.

Tabela 11- Comparativo entre metas do projeto e valores obtidos ao final do mesmo

META PARA TRABALHO DE CONFIABILIDADE DIPPING	VALOR DEMANDADO	VALOR ALCANÇADO
AUMENTO DO MTBF DA INSTALAÇÃO	20% (base - out/2011 à jan/2012)	Aumento de 43,04% (comparativo entre período ao lado e fev a jul/2012)
REDUÇÃO DO MTTR DA INSTALAÇÃO	10% (base - out/2011 à jan/2012)	Redução de 34,37% (comparativo entre período ao lado e fev a jul/2012)
REDUÇÃO DA PARADA ACIDENTAL - T4	30% (base - mai/2011 à nov/2011)	Redução de 82% (comparativo entre período ao lado e fev a jul/2012)

Os índices referentes a T4- parada acidental - são acompanhados pela produção mensalmente e correspondem a somatória dos tempos de interrupção

decorrentes de todos os eventos acidentais por falha no equipamento. Estes foram estabelecidos como meta de redução considerando um período com início em maio de 2011 e término em novembro do mesmo ano. Estes valores encontram-se descriminados no Anexo 13 sendo que isto foi determinado pela passagem de uma taxa de 34,17minutos/dia (3075 minutos em 90 dias no período de novembro de 2011 à janeiro de 2012) para uma taxa de 27,07minutos/dia (5171 minutos em 191 dias no período de fevereiro de 2012 à agosto de 2012).

7 CONCLUSÃO

O desenvolvimento e aplicação deste projeto mostrou-se alinhado as expectativas iniciais demandadas pelo projeto da empresa, atendendo a meta estabelecida em sua contratação.

Destaca-se que a ausência inicial de clareza sobre os pontos aos quais se deseja alcançar e eventuais indefinições sobre o escopo de entregas a serem feitas pelo projeto impacta negativamente sobre a forma e velocidade como este se desenvolve até a definição ser estabelecida.

De forma similar a ausência da manutenção de uma banco contínuo, atualizado e confiável, de registros de falhas na instalação objeto do estudo dificulta o estabelecimento dos trabalhos a serem desenvolvidos bem como praticamente invalida a possibilidade de aplicação de ferramentas estatísticas mais sofisticadas e que conferem maior subsídio às decisões sobre as ações a serem tomadas. Este fato impõe que os apontamentos feitos pela produção são os únicos estruturados para avaliações sobre o desempenho dos equipamentos, até por isso determinaram-se os objetivos do projeto com base nesses apontamentos.

Ainda assim, a aplicação de um planejamento sistemático, ainda que com as carências de dados existentes, num primeiro momento, e o cumprimento metódico deste possibilita que a evolução do trabalho se dê de maneira satisfatória além de garantir credibilidade junto aos participantes e patrocinadores do mesmo.

Alguns sistemas, como os tanques de preparação e maturação, por serem em número superior a atual necessidade de produção da planta, faz com que se iniba o efeito da falha destes sobre o funcionamento da instalação como um todo. Isto ficou claramente evidente no que se refere ao conjunto de tanques e linhas de transferência. No entanto os custos e ocupação da mão de obra do mantenedor bem como a eventual ocorrência de falhas associadas a obstrução destes dutos devem ser consideradas em trabalhos futuros em função do grande impacto potencial associado aos mesmos ainda que de sua condição de redundância.

Outro aspecto que pode ser associado à adequada evolução do projeto foi o da composição dos dois grupos envolvidos com funções específicas previamente determinadas e contratadas, os quais possibilitaram o acionamento de um ou outro apenas nos momentos em que verdadeiramente se necessitava da função associada.

Dentro desta ótica destaca-se como diferencial para o sucesso alcançado, frente a indisponibilidade de dados históricos associados, a grande experiência dos componentes dos grupos, todos em torno de 30 anos de experiência na empresa, e que acompanharam a operação da planta desde sua instalação.

Por fim, a associação de frentes de trabalho destinados a contínua análise das falhas ocorridos com base no fenômeno por trás da mesma, a proximidade da vivência contínua junto aos mantenedores e a possibilidade da identificação de suas dificuldades e estratégias de atuação e a avaliação sistêmica proporcionada pela aplicação do FMEA dentro do princípio do RCM sobre as falhas já históricas e aquelas potenciais, proporcionou a amplitude necessária a visão de otimização de uma instalação de processamento contínuo bem como o foco nos pontos com maior potencial de resultado associados ou não a investimentos.

Soma-se a isso o fato de que as ações validadas junto aos patrocinadores do trabalho, que refletem na necessidade de investimento como exposto no capítulo 6 deste trabalho, ainda por ser realizado, aumentará o nível de confiabilidade e disponibilidade da instalação demonstrando bom potencial de crescimento destes indicadores em função desses investimentos. Também observa-se potencial de resultados melhores em conjuntos ainda por serem trabalhados em maior profundidade. Assim observa-se que as metas fixadas inicialmente foram, de certa forma, modestas frente aos potenciais da instalação, fato este causado sobretudo pela indisponibilidade inicial de dados.

Por fim, recomenda-se que trabalhos de avaliação de confiabilidade através de aplicação de ferramentas como análise do tipo FMEA, árvores de falhas e/ou diagramas de blocos de confiabilidade sejam desenvolvidos futuramente junto aos conjuntos dos expansores, fornos e Bobinadeira em função do impacto que os mesmos causam ao entrarem em falha, refletindo inclusive sobre outros sistemas. Durante os trabalhos

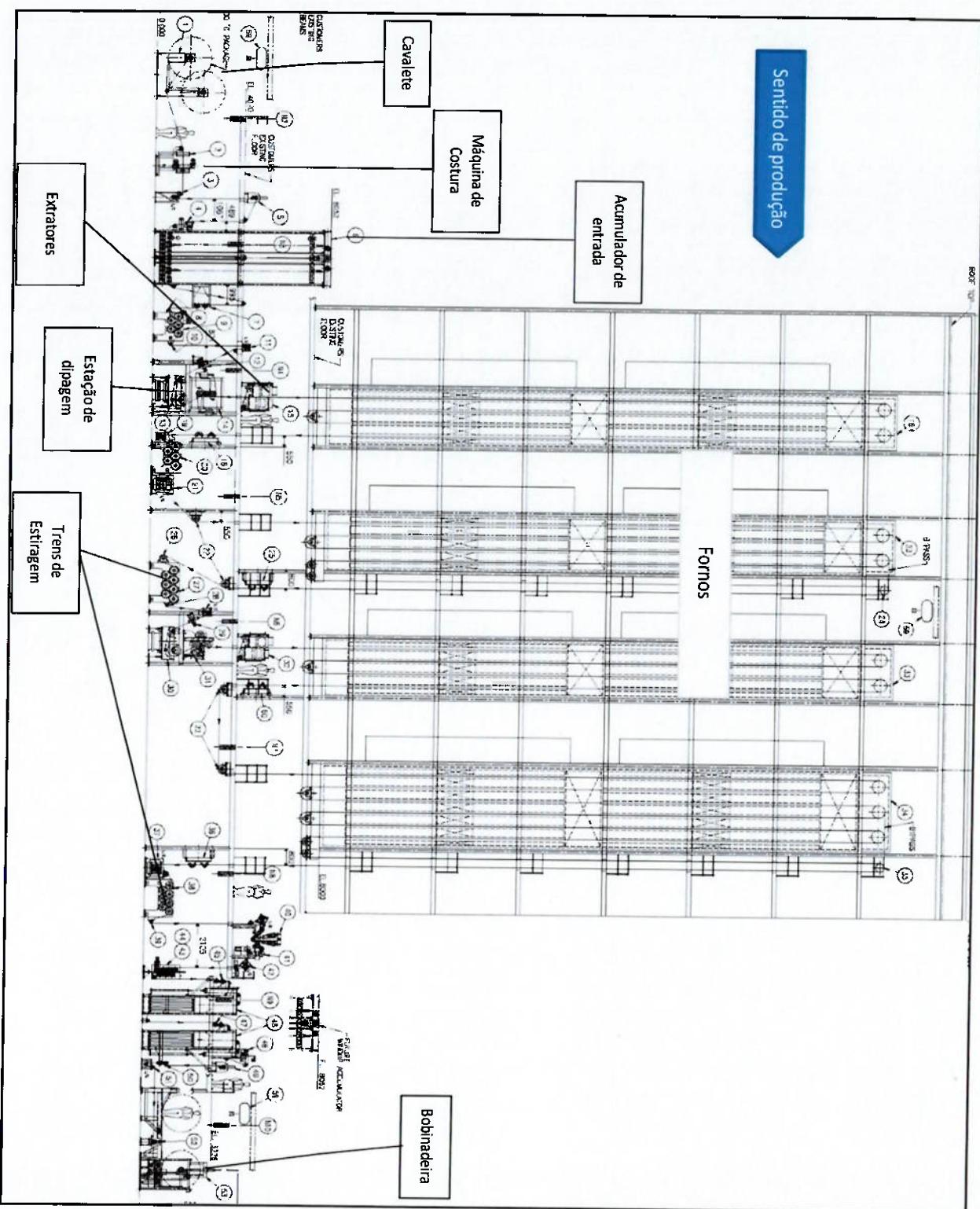
foram relacionadas diversas necessidades de análise no que se refere a controladores e acionadores, estes por sua vez, desempenham funções com importante impacto sobre o resultado final das especificações de qualidade do produto. Assim estes conjuntos impactam significativamente no volume de material desclassificado nas campanhas de produção. Neste futuro trabalho deve-se conciliar a intenção da área de produção pela condução de análises sistemáticas das causas de alteração de especificações de produto associando a avaliação detalhada das funções primárias e secundárias dos conjuntos citados acima buscando a eliminação ou diminuição de defeitos associados a impregnação e secagem do tecido, e as condições de enrolamento.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMPOS, V. F.O **Verdadeiro Poder**, INDG Tecnologia e Serviços Ltda. Nova Lima, 2009. 158 p.
2. FREITAS, R. O. L. **A emergência da sociedade de consumo e a sua influência na proteção Jurídico - Penal do consumidor**. 2010. 159 p. Dissertação (Mestrado),Curitiba, Centro Universitário Curitiba. 2010
3. Hidalgo, E. M. P. **Modelo de Diagnose de Falhas em Regulador de Velocidade de Turbinas Hidráulicas**. 2010. 177 p. Dissertação (Mestrado),São Paulo, EPUSP.2010.
4. LEWIS, E. E. **Introduction to Reliability Engineering**. 2^a ed. New York: John Wiley & Sons,1987
5. MANO, E. B. **Polímeros como materiais de engenharia**, São Paulo, 2^a Reimpressão; Ed. Edgard Blücher LTDA, 2000. 197 p.
6. MOUBRAY, J. **Reliability Centered Maintenance**. Industrial Press Inc. New York,1992
7. PETERS, R. W. **Maintenance Benchmarking and Best Practices**. McGraw Hill Professional. New York, 2006
8. O'CONNOR, P. D. T. “**Practical Reliability Engineering**”. New York, 2^a Ed., John Wiley & Sons, 1985

9. ROCHA, D. R. **Gestão da Produção e Operações** , 1^a edição, Rio de Janeiro, Editora Ciência Moderna LTDA, 2008. 345 p.
10. SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.. **Administração da Produção**. 3^a ed. São Paulo. Editora Atlas S.A , 2009. 701 p.
11. Technical Manual - TM 5-698-. **Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (FMECA) for Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR)**. Washington , US. Defense Department,2006. Disponível em:
[<http://armypubs.army.mil/eng/DR_pubs/dr_a/pdf/tm5_698_4.pdf>](http://armypubs.army.mil/eng/DR_pubs/dr_a/pdf/tm5_698_4.pdf). Acesso em 20 de maio de 2012.
12. TEIXEIRA, B. S. **Análise de Disponibilidade em Máquinas Operatrizes: Uma Aplicação a Máquinas Têxteis**. 2008. 126 p. Dissertação (Mestrado),São Paulo, EPUSP.2008
13. US MIL-STD-1629A. **Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis**. Washington , 1977. Disponível em: <http://www.goes-r.gov/procurement/antenna_docs/reference/MIL-STD-1629A.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2012.
14. XENO, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**, INDG Tecnologia e Serviços Ltda. Nova Lima, 2005. 302 p.

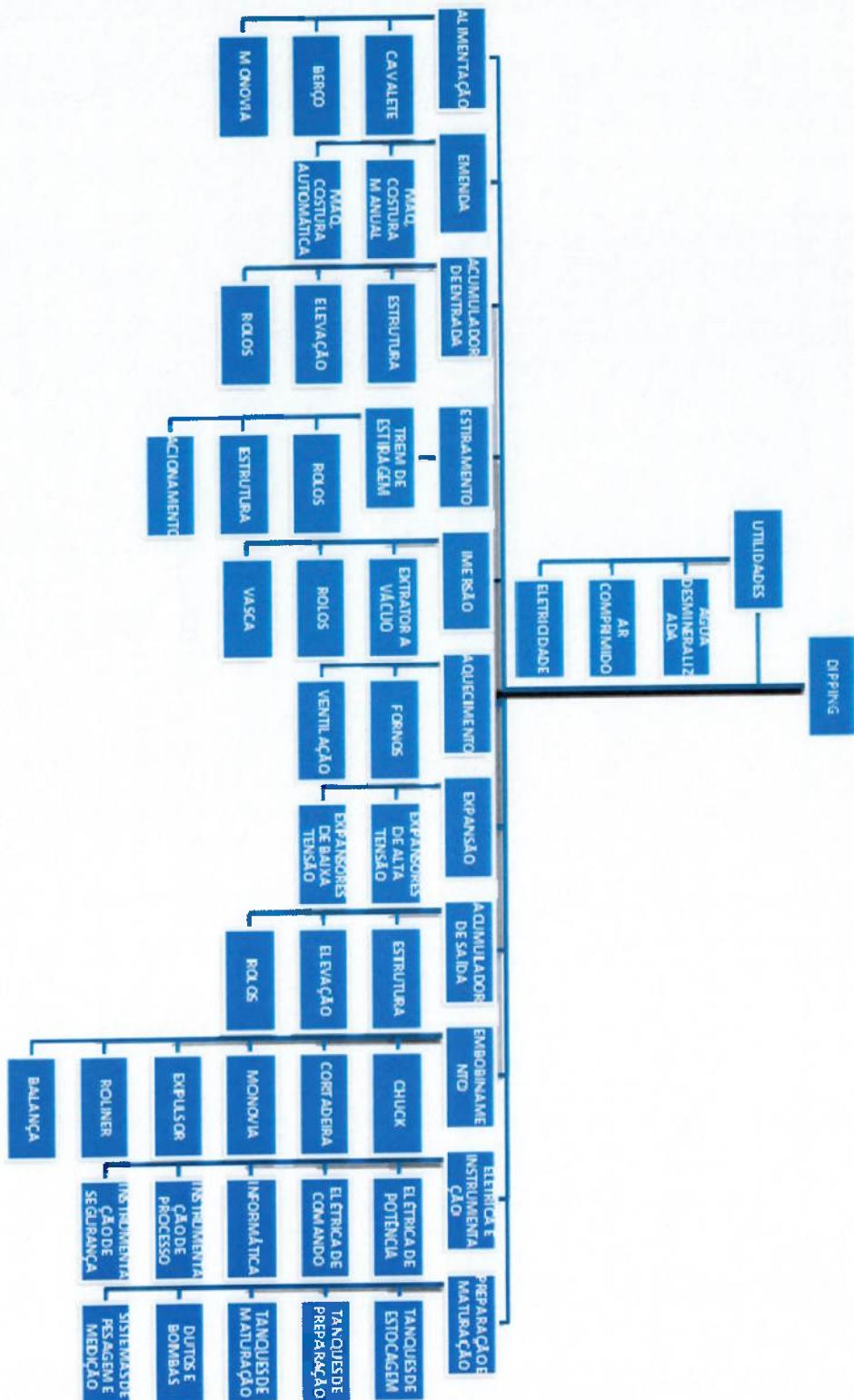
ANEXO 1 – DESENHO MODELO DE INSTALAÇÃO DIPPING



ANEXO 2 – MODELO DE LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PRÉVIAS

LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE INFORMAÇÕES - PROJETO DIPPING - FASE COMPRENSÃO DO AMBIENTE										
P R O C E S S O S			A P P L I C A Ç Ã O			D I M E N S Õ E S				
ESTRUTURA EMPRESA	INSTALAÇÃO FÍSICA	FUNCIONÁRIOS	FORNECEDORES INTERNOS			CLIENTES INTERNOS		PRINCIPAIS INDICADORES		
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO DE FIOS INDUSTRIAS	UNIDADE 3.A	X COORDENADOR DE PRODUÇÃO X ANALISTA DE CONTROLE DE PROCESSO X ENGENHEIRO DE PROCESSO	MANUTENÇÃO UTILIDADES TECNOLÓGICAS ESTRAGEM ADMINISTRAÇÃO RECURSOS HUMANOS INFORMÁTICA LOGÍSTICA CONTROLE DE EMERGÊNCIAS ...			VENDAS ASSISTÊNCIA TÉCNICA LOGÍSTICA.....	Nº DE ACIDENTES COM AFASTAMENTO VOLUME DE PRODUÇÃO VOLUME DE REFGURO OU DESCLASSIFICAÇÃO	OEE GLOBAL OEE NET T2 - INTERRUPÇÃO POR MANUTENÇÃO CORRETIVA T4 - INTERRUPÇÃO POR MANUTENÇÃO PLANEJADA CUSTO OPERACIONAL CUSTO DE MANUTENÇÃO ATENDIMENTO A PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO Nº DE ACIDENTES COM AFASSTAMENTO Nº DE ACIDENTES SEM AFASTAMENTO	DE GLOBAL DE NET T2 - INTERRUPÇÃO POR MANUTENÇÃO CORRETIVA T4 - INTERRUPÇÃO POR MANUTENÇÃO PLANEJADA CUSTO OPERACIONAL CUSTO DE MANUTENÇÃO ATENDIMENTO A PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO Nº DE ACIDENTES COM AFASSTAMENTO Nº DE ACIDENTES SEM AFASTAMENTO VOLUME DE PRODUÇÃO VOLUME DE REFGURO OU DESCLASSIFICAÇÃO	
PRINCIPAIS PRODUTOS			RECURSO HUMANO ENVOLVIDO			RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO DE MATERIA PRIMA				
LÁTEX SINTÉTICO	AAAXXXAA	1 OPERADOR DE PREPARAÇÃO	ATIVOS OU MÁQUINAS ENVOLVIDOS			PRINCIPAIS INDICADORES				
CLOROFÓRMIO	BBBBXXXXBBB	1 OPERADOR DE PREPARAÇÃO	TUBULAÇÃO DE DIÂMETRO 20MM 2 BOMBAS DE DIÂFRAGMA 2 FILTROS DE SUCCÃO TUBULAÇÃO EM AÇO INOXIDAVEL DE 4" 8 VALVULAS DE RETENÇÃO 2 MOTOREDRUTORAS PARA AGITADORES LINHA DE AR COMPRIIMIDO - PRESSÃO DE 6 BAR SISTEMA ELÉTRICO DE BAIXA TENSÃO - 220V 1 CONTENEDOR DE 1M ³ 2 BOMBAS DE DIÂFRAGMA TUBULAÇÃO EM AÇO INOXIDAVEL DE 1/4" 4 VALVULAS DE RETENÇÃO 4 VALVULAS DE BLOQUEIO - TIPO ESFERA LINHA DE AR COMPRIIMIDO - PRESSÃO DE 6 BAR SISTEMA ELÉTRICO DE BAIXA TENSÃO - 220V SUPORTE PARA CONTENEDOR 1 CONTENEDOR DE 1M ³ 2 BOMBAS DE DIÂFRAGMA TUBULAÇÃO EM AÇO INOXIDAVEL DE 1/4" 4 VALVULAS DE RETENÇÃO 4 VALVULAS DE BLOQUEIO - TIPO ESFERA LINHA DE AR COMPRIIMIDO - PRESSÃO DE 6 BAR SISTEMA ELÉTRICO DE BAIXA TENSÃO - 220V 1 TANQUE DE 20M ³ 2 BOMBAS CENTRÍFUGAS DE INOX. TUBULAÇÃO EM AÇO INOXIDAVEL DE 1" 4 VALVULAS DE RETENÇÃO 4 VALVULAS DE BLOQUEIO - TIPO ESFERA 1 TANQUE DE 20M ³ 2 BOMBAS CENTRÍFUGAS DE INOX. TUBULAÇÃO EM AÇO INOXIDAVEL DE 1" 4 VALVULAS DE RETENÇÃO 4 VALVULAS DE BLOQUEIO - TIPO ESFERA 1 TANQUE DE 20M ³ 2 BOMBAS CENTRÍFUGAS DE INOX. TUBULAÇÃO EM AÇO INOXIDAVEL DE 1" 4 VALVULAS DE RETENÇÃO 4 VALVULAS DE BLOQUEIO - TIPO ESFERA				NÍVEL DE LÁTEX NO TANQUE RESERVATÓRIOS NÍVEL DE CLOROFÓRMIO NO CONTENEDOR N.º DE CONTENEDORES RESERVA CUSTO E CONSUMO DO INSUMO CUSTO E CONSUMO DO INSUMO NÍVEL DE ÁMÔNIA NO CONTENEDOR N.º DE CONTENEDORES RESERVA CUSTO E CONSUMO DO INSUMO CUSTO E CONSUMO DO INSUMO NÍVEL DE ÁGUA DESMINERALIZADA NO TANQUE CUSTO E CONSUMO DO INSUMO			
AMÔNIA	CCCCXXXXCCC	1 OPERADOR DE PREPARAÇÃO	RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO DE TECIDO DE POLIAMIDA			PRINCIPAIS INDICADORES				
ÁGUA DESMINERALIZADA	ETC....	1 OPERADOR DE PREPARAÇÃO	ATIVOS OU MÁQUINAS ENVOLVIDOS			PRINCIPAIS INDICADORES				
PRINCIPAIS PRODUTOS	PRINCIPAIS FORNECEDORES	RECURSO HUMANO ENVOLVIDO	ATIVOS OU MÁQUINAS ENVOLVIDOS			PRINCIPAIS INDICADORES				
DIVERSOS TECIDOS DE TECELAGEM POLIAMIDA	DEPARTAMENTO DE TECELAGEM DA EMPRESA	1 OPERADOR DE EMPILHADEIRA	1 EMPILHADEIRA CAPACIDADE DE 3 TONELADAS			PRINCIPAIS INDICADORES				
PRINCIPAIS PRODUTOS	PRINCIPAIS FORNECEDORES	RECURSO HUMANO ENVOLVIDO	PREPARAÇÃO DE SOLUÇÃO			PRINCIPAIS INDICADORES				
COSTURA TECIDO	ETC....	COSTURA TECIDO	ATIVOS OU MÁQUINAS ENVOLVIDOS			PRINCIPAIS INDICADORES				
COSTURA TECIDO	ETC....	COSTURA TECIDO	CARREGAMENTO MÁQUINA			PRINCIPAIS INDICADORES				

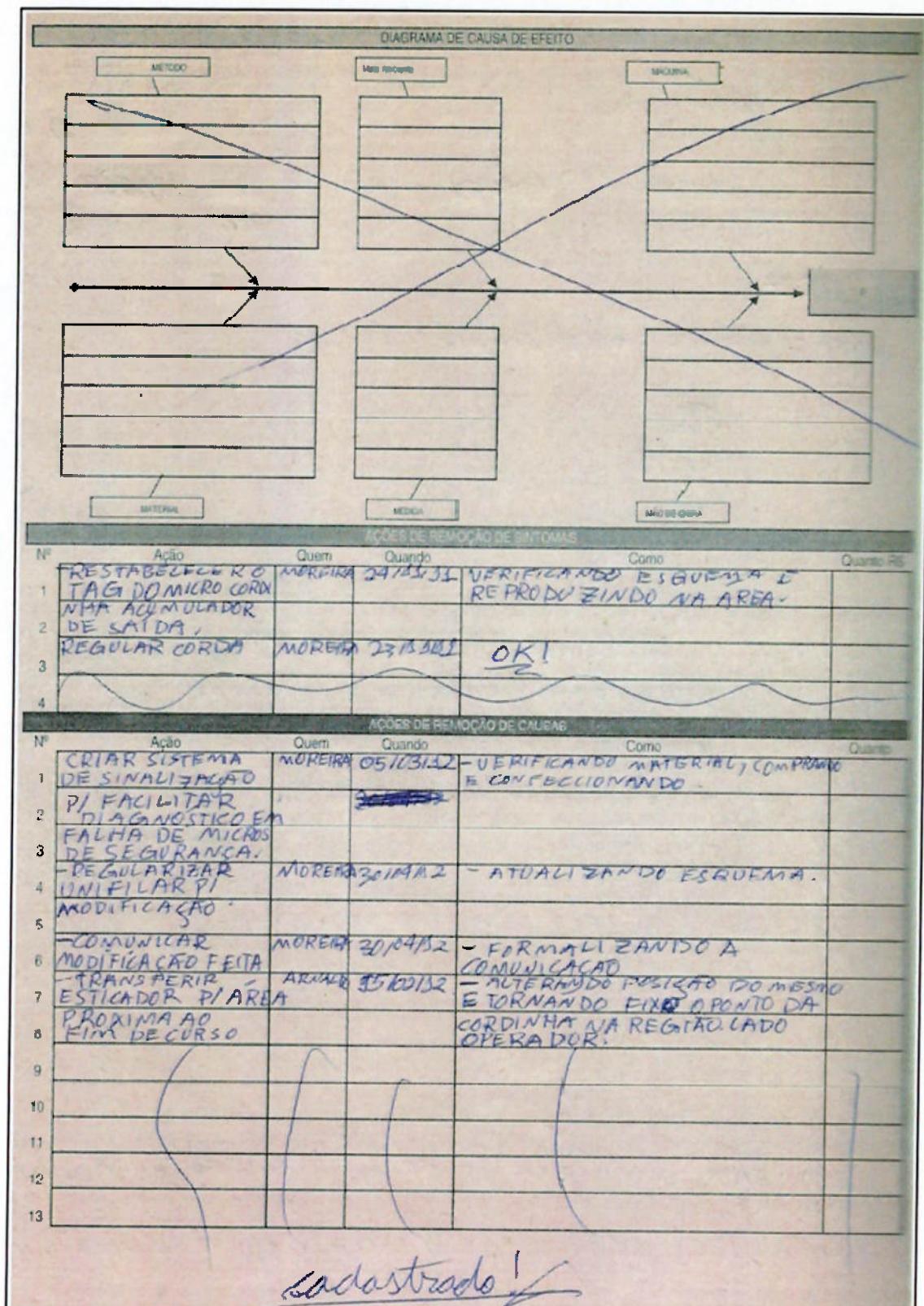
ANEXO 3 – DIAGRAMA FUNCIONAL DA INSTALAÇÃO DIPPING



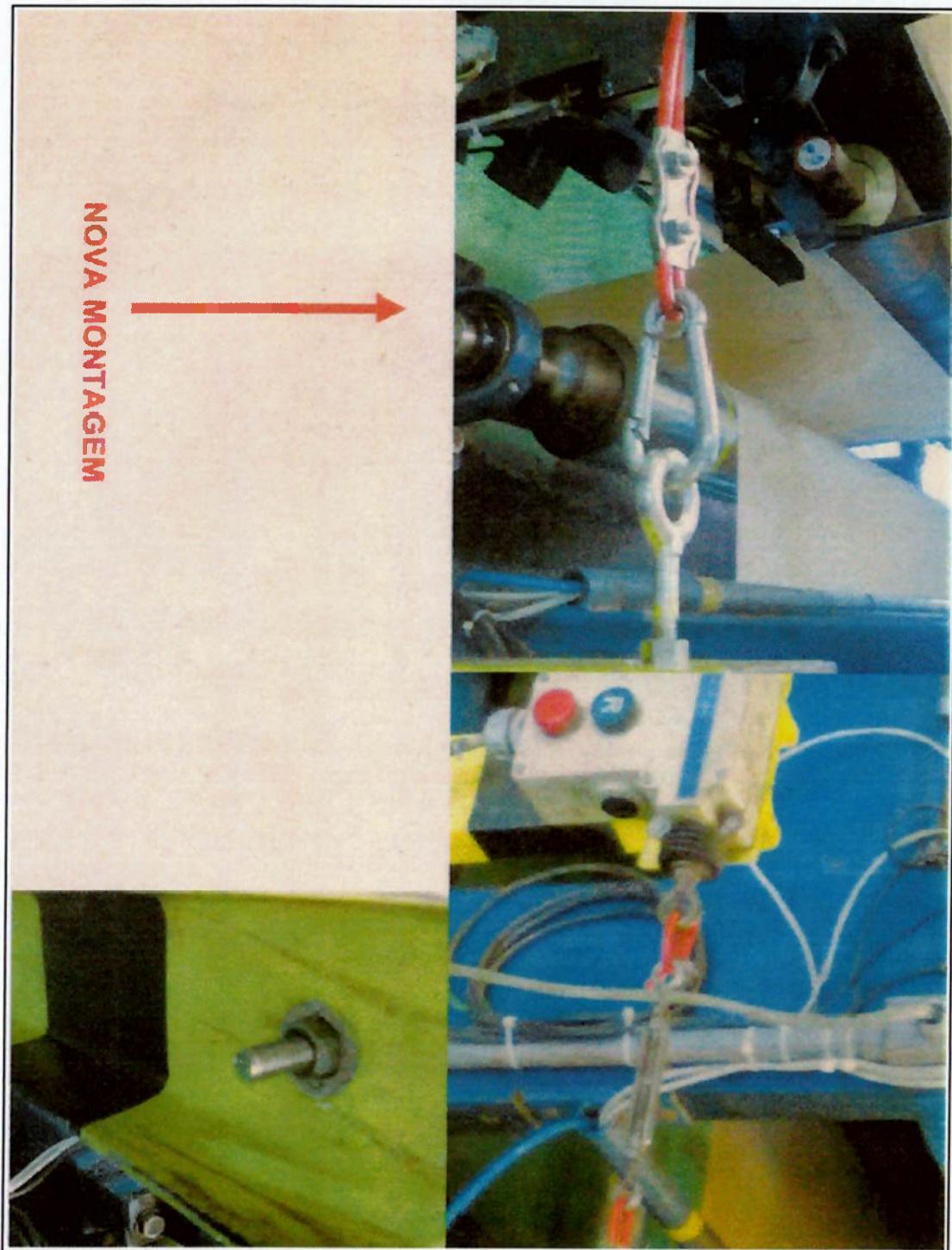
ANEXO 4 – MODELO DE FORMULÁRIO DE RELATO E TRATAMENTO DE FALHA ADOTADO (FALHAS COM IMPACTO DE PARADA DA INSTALAÇÃO MENOR QUE 24 HORAS)

Relatório de Intervenção de Manutenção					
II - DIAGNÓSTICO E MELHORIA DA PERDA					
ACUMULADOR - SAÍDA		Classe A	Inicio	21/03/2013	17:30
			Termino	21/03/2013	20:05
IV - Equipamento					
Ocorrencia	AQUECIMENTO	Maintenedor	WESLEY	NP Personal	Perda Min
Especieidade	ELETROICA	Não			Perda em R\$
Turno	R			0,35	125000
Seq. SII	07	Tempo de outras		120	Diagnóstico - Busca de Peças Substituição
Componente	MACRO SEGURANÇA	Referência	TELEMECANIQUE	Pos	Esquema
					NE
Sim Não	SIM	São necessárias medidas de correção imediatas?			
	SIM	Você acha necessário padronizar esta atividade?			
	SIM	Você acha necessário alguma melhoria no componente?			
	NAO	É necessário criar ou melhorar plano de manutenção?			
	NAO	Lista Técnica não está atualizada GPR e SAP?			
	NAO	Há Sustentabilidade da Causa (erro/cor)?			
	ENUN	Velocidade da Produção GPM , máis ?			
		Material em Produção			
GENBA : Ir ao local da ocorrência		GENBUTSU : No equipamento		GENSHO : Observar o fenômeno	
ANALISE DA FAULHA MEDIOITO DOS FORQUES					
Sintomas					
MÁQUINA NÃO LIGA (FREIO LIBERADO) 1º Cenário					
Impacto					
1º Passo	INVERTORES COM PARTIDA BLOQUEADA				
2º Passo	FORQUE RELE DE SEGURANÇA DE RESUMO DE MICRO DE CORDINHA NÃO LIBERADO.				
3º Passo	MICRO CORDINHA ACUMULADOR SAÍDA ESTÁ ATUADO.				
4º Passo	CORDINHA NÃO ESTÁ DEVIDAMENTE ESTICADA.				
5º Passo Causa Fundamental	POR QUE TERMINAL FIXARÃO CORDINHA SOporte ESTÁ FORA DE POSIÇÃO.				
X					
Os 5 Fatores que levam a Isso. Marque com X					
<input type="checkbox"/>	PROBLEMA DE CONCEPÇÃO DO PROJETO				
<input type="checkbox"/>	CONCEPÇÕES BASICAS INADEQUADAS				
<input checked="" type="checkbox"/>	PROBLEMAS DE EXECUÇÃO (OPERACIONAL, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO)				
<input type="checkbox"/>	FALTA DE INVESTIMENTO NA INFORMAÇÃO				
<input type="checkbox"/>	Causa fundamental foi descoberta?				
<input type="checkbox"/>	Existem Meios de Controle Preventivo?				
AÇÃO IMEDIATA					
JUN PEGADO O CONTACTO NF PI PARTIR → SEGURANÇA VIA SOFTWARE GARANTIDA.					
DEPOIS FAZ DECONTAZADO E TROCA DO MOTOR					

Frente - Descrição, quantificação e tratamento da falha



Verso - Ações Propostas



Evidências Objetivas

ANEXO 5 – MODELO DE FMEA REALIZADO JUNTO AOS CONJUNTOS DA MÁQUINA DE COSTURA E TRENS DE ESTIRAGEM

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA (Causa da falha)	P	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	A	SOMA
	MÁQUINA DE COSTURA								
4	Fazer a costura de 7 a 10 fios em ate 2 minutos, numa velocidade de produção de 60 m/min.	A	Não fazer a costura de 7 a 10 fios.	1 Quebra de mais de três agulhas.	5	A costura será feita faltando mais de três costuras, o que provocará a parada do processo. A Manutenção será acionada para verificar a causa da quebra. (É necessário abrir ficha de estoque para a compra de agulhas reserva).	2	0	7
				2 Mais de 3 Loopers quebrados.	2	A costura será feita faltando mais de três costuras, o que provocará a parada do processo. A Manutenção será acionada para verificar a causa da quebra. (É necessário abrir ficha de estoque para a compra de Loopers reserva).	2	0	4
				3 Mais de 3 tensores de linha fora de regulagem.	7	A costura será feita porém de forma inadequada para o processo, podendo causar rompimento da costura durante o processo. A regulagem é feita pelo pessoal de operação. A Manutenção será acionada caso o problema não seja resolvido.	1	0	8
				4 Passamento de mais de 3 linhas invertidas no Looper.	5	A costura será feita porém de forma inadequada para o processo, podendo causar rompimento da costura durante o processo. O passamento será refeito no final da costura entre o intervalo.	2	0	7
				5 Passamento de mais de 3 linhas invertidas na agulha.	8	A costura será feita porém de forma inadequada para o processo, podendo causar rompimento da costura durante o processo. O passamento será refeito no final da costura entre o intervalo.	1	0	9
				6 Falta de mais de 3 linhas de costura.	2	A costura não será feita por falta de linha. A reposição será feita no final da costura entre o intervalo pelo próprio operador.	2	0	4

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA (Causa da falha)	P	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	A	SOMA
MAQUINA DE COSTURA									
	B	Não fazer a costura em até 2 minutos, numa velocidade de produção de 60 m/min.	1	Falha operacional na preparação do tecido para a costura.	4	O tempo será excedido, provocando a parada da máquina devido ao esvaziamento do acumulador de entrada. O operador deverá seguir o método operacional para retomar o processo.	3	0	7
			2	Falha nas placas prendedoras.	2	Não será possível realizar a costura, provocando a parada da máquina. A Manutenção será acionada para verificar a causa.	3	0	5
			3	Falha no sensor de início de costura.	3	O sensor não detecta o início da tela, não fazendo a costura. O operador tenta reiniciar o processo e caso não tenha sucesso, ocorrerá a parada do processo. A Manutenção será acionada para verificar a causa.	3	0	6
			4	Falha na fita reflexiva no sensor de início de costura.	5	O sensor não detecta o início da tela, não fazendo a costura. O operador tenta reiniciar o processo e caso não tenha sucesso, ocorrerá a parada do mesmo. A Manutenção será acionada para verificar a causa.	3	0	8
			5	Desgaste na fita reflexiva no sensor de início de costura.	5	O desgaste da fita provoca uma instabilidade na leitura do sensor, podendo causar uma falha de início de costura. A Manutenção será acionada para verificar a causa.	3	0	8
			6	Sujeira sobre a fita reflexiva no sensor de início de costura.	7	Pode ocorrer um caso de sujeira sobre a fita. O operador tenta reiniciar o processo e caso não tenha sucesso, ocorrerá a parada do processo. A Fábrica deverá limpar a fita.	1	0	8
			7	Conjunto de Loopers fora de posição.	3	Não será possível iniciar a costura. O operador tenta posicionar o conjunto na posição correta e reinicia o processo. Caso não tenha sucesso, ocorrerá a parada do processo. (Verificar a possibilidade de instalar um sistema de sinalização de Looper fora de posição).	2	0	5
			8	Falta de Tabby no rolo cru.	2	Sem o Tabby a operação de costura ultrapassará o tempo de 2 minutos, acarretando a parada da máquina. Será necessário fazer um Tabby falso ou enviar o rolo para reatribuição na tecelagem. Sem atuação da Manutenção.	2	0	4
			9	Placa reflexiva fora de posição.	3	Não será possível iniciar a costura devido à não liberação do sinal do sensor de início de costura. Após identificar a placa fora de posição, o operador tentará recolocá-la e dará início ao processo de costura.	1	0	4

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA (Causa da falha)	P	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	A	SOMA	
	MÁQUINA DE COSTURA									
		C	Não fazer nenhuma costura em qualquer tempo.	1	Quebra de correia do sistema de costura superior.	4	Não será possível iniciar a costura devido à perda do sincronismo entre o cabeçote inferior e superior. Caso a quebra ocorra durante a costura poderá acarretar uma quebra em cadeia das agulhas. A Manutenção deverá ser acionada.	3	0	7
				2	Quebra de correia do sistema de costura Inferior.	4	Não será possível iniciar a costura devido à perda do sincronismo entre o cabeçote inferior e superior. A Manutenção deverá ser acionada.	3	0	7
				3	Pé calcador fora de posição.	4	Não será possível iniciar a costura devido à impossibilidade de posicionar corretamente a tela, podendo inclusive acarretar o deslocamento do sistema de acionamento. A Manutenção deverá ser acionada.	3	0	7
				4	Falha no sistema de acionamento das placas prendedoras (elétrico e pneumático).	2	Não será possível iniciar a costura devido à falta de atuação do sensor elétrico referente ao posicionamento da placa prendedora. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa (se elétrica ou pneumática). Este sensor não possui reserva.	3	0	5
				5	Baixa pressão de ar de alimentação.	2	Não será possível iniciar a costura devido à falta de atuação do sistema pneumático. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	5
				6	Falta de alimentação elétrica para o painel de comando da máquina de costura.	2	Não será possível iniciar a costura devido à falta de atuação do sistema elétrico. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	5
				7	Falha no motor de transporte.	2	Não será possível iniciar a costura devido ao sistema de transporte não operar. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa. (O motor não possui reserva).	3	0	5
				8	Falha no sensor de início de costura.	2	Não será possível iniciar a costura devido ao sensor não encher o tecido. O operador tenta repetir a operação e, não conseguindo, a Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	5
				9	Defeito na fita reflexiva.	4	Não será possível iniciar a costura devido ao sensor não encher o tecido. O operador tenta repetir a operação e, não conseguindo, a Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	7

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA (Causa da falha)	P	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	A	SOMA
	MÁQUINA DE COSTURA								
			10	Falha no pistão de acionamento de costura superior.	2	Não será possível iniciar a costura devido ao sistema de costura superior não se deslocar para a posição de costura. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	5
			11	Correia de transporte fora de posição.	3	A correia fora de posição irá acarretar um desalinhamento entre o sistema de costura superior e inferior. Não será possível iniciar a costura devido ao sensor de início de costura estar fora de sua posição de partida. Caso ocorra a falha na correia durante a costura, acarretará a quebra de todas as agulhas com perda de sincronismo, podendo resultar na quebra das correias de movimento dos motores de acionamento, que fazem a costura. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa. Verificar a existência de correia de transporte reserva.	3	0	6
			12	Correia de transporte danificada.	2	O desgaste da correia poderá acarretar um desalinhamento entre o sistema de costura superior e inferior. Não será possível iniciar a costura devido ao sensor de inicio de costura estar fora de sua posição de partida. Caso ocorra a falha na correia durante a costura, acarretará a quebra de todas as agulhas com perda de sincronismo, podendo resultar na quebra das correias de movimento dos motores de acionamento, que fazem a costura. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	5

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA (Causa da falha)	P	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	A	SOMA	
	MÁQUINA DE COSTURA									
			13	Espalhador fora de posição.	3	O espalhador fora de posição faz com que não ocorra a formação do laço, não realizando a costura corretamente. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	6	
			14	Suporte das agulhas desalinhado.	3	Na pior condição haverá a quebra das agulhas, parando o processo. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	6	
			15	Liberação do rolo pressor de entrada com a máquina de costura em funcionamento.	2	Existe o intertravamento entre o rolo pressor de entrada e a máquina de costura para evitar este modo de falha.	3	0	5	
			16	Falha no sistema hidráulico do acumulador.	3	Pressões elevadas do sistema hidráulico durante a costura provocam o deslocamento do tecido, podendo acarretar a quebra das agulhas. A Manutenção deverá ser acionada para o ajuste da pressão.	2	0	5	
			17	Falha no sistema de freio do rolo pressor.	2	Esta falha impossibilita a costura devido à tela não parar, fazendo com que se perca o final da tela. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa. Não existe sistema de freio reserva.	5	0	7	
			18	Falha no sistema de comando do acionamento elétrico do freio.	2	Esta falha impossibilita a costura devido à tela não parar, fazendo com que se perca o final da tela. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	5	
			19	Desacoplamento do motor do rolo pressor.	3	Esta falha impossibilita a costura devido à tela não parar, fazendo com que se perca o final da tela. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	6	
5	Movimentar as placas prendedoras com segurança.	A	Não movimentar as placas prendedoras com segurança.	1	Acionamento das placas prendedoras realizado por mais de um operador em função da operação de costura. (O tecido não se prende no início da costura).	2	Devido ao tecido não se prender no início da costura, o operador coloca a mão para tensioná-lo neste momento. Portanto esta operação se torna um potencial de risco para o operador.	1	0	3
6	Parar a máquina instantaneamente em caso de emergência.	A	Não parar a máquina em caso de emergência.	1	Falha no botão de emergência.	2	Estes botões são acionados apenas em caso de emergência. Não havendo a parada do processo, vários eventos que comprometem a segurança poderão ocorrer. (criar sistemática de inspeção para a segurança da máquina).	3	0	5

FUNÇÃO			FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA (Causa da falha)	P	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	A	SOMA
	TRENS DE ESTIRAGEM									
7	Rodar na velocidade de processo mantendo tensão constante.	A	Incapaz de rodar a qualquer velocidade e tensão.	1	Falha no sistema de frenagem do motor (elétrica ou mecânica).	3	O motor irá trabalhar freado, podendo resultar numa sobrecarga, parando a máquina. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa. O sistema de freio não possui reserva.	5	0	8
				2	Falta de energia elétrica para os inversores devido à falha no retificador.	2	Esta falha provocará a desenergização do inversor do trem de estiragem, que irá resultar na parada da máquina, devido à falha de comunicação na rede profibus. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	5
				3	Falha nos inversores de acionamento.	2	Esta falha irá provocar a parada do motor do trem de estiragem, resultando na parada da máquina. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	4	0	6
				4	Falha no motor dos trens de estiragem.	2	Caso a falha seja elétrica, esta falha será indicada no Inversor e dependendo da mesma poderá acarretar a parada da máquina. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa. Não existe motor reserva.	5	0	7
				5	Falha no comando elétrico.	3	Não haverá nenhum tipo de indicação. Não será possível parar a máquina. A manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0	6
				6	Quebra do acoplamento entre motor e redutor.	2	Haverá alteração na tensão de estiramento do tecido, o que provocará um alarme de desvio de tensão. Em princípio o processo não irá parar e os cilindros do trem continuarão girando por arraste. Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa. Este acoplamento não possui elemento reserva.	5	0	7
				7	Quebra das engrenagens.	2	Haverá a parada da máquina em função do travamento do motor, que poderá resultar numa sobretenção do processo ou uma sobrecarga no motor. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa. Nem todas as engrenagens possuem reserva.	5	0	7
				8	Deslocamento axial das engrenagens (provocando a queda da mesma).	3	Esta falha só poderá ocorrer com a engrenagem movida. Não haverá a parada do processo. Dependendo do número de cilindros envolvidos nesta falha, poderá ocorrer alteração de tensão de estiramento. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	4	0	7

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA (Causa da falha)	P	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	A
TRENS DE ESTIRAGEM								
			9	Quebra da ponta do eixo dos cilindros das zonas de estiragem (cilindros grandes).	3	Poderá ocorrer a parada da máquina em função da alteração da tensão do processo. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa. Este tipo de cilindro não possui reserva.	5	0
			10	Quebra da ponta do eixo dos cilindros das zonas de entrada e saída (cilindros pequenos).	3	Caso o cilindro tenha célula de carga, há grande probabilidade da mesma ser danificada, o que resultará na parada da máquina. Poderá ocorrer sério risco à segurança, uma vez que o cilindro pode ser arremessado à distância, podendo atingir pessoas e/ou dispositivos da máquina. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	4	0
			11	Quebra da célula de carga.	3	Haverá uma alteração brusca na tensão de processo, resultando numa parada da máquina. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0
			12	Quebra do mancal dos cilindros de entrada e saída das zonas.	3	Caso o cilindro tenha célula de carga, há grande probabilidade da mesma ser danificada, o que resultará na parada da máquina. Poderá ocorrer sério risco à segurança, uma vez que o cilindro pode ser arremessado à distância, podendo atingir pessoas e/ou dispositivos da máquina. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0
			13	Travamento dos rolementos dos cilindros.	2	Haverá a parada da máquina em função do travamento do cilindro, que poderá resultar numa sobretenção do processo ou uma sobrecarga no motor. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	4	0
			14	Falha no amplificador da célula de carga.	2	Haverá uma alteração brusca na tensão de processo, resultando numa parada da máquina. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	3	0
			15	Falha na bobina magnética do freio	3	Provocará uma sobrecarga no motor do trem de estiragem podendo causar a parada da máquina por atuação da proteção elétrica do inversor. Também pode ser detectada pela fumaça gerada pelo atrito do sistema de freio. Não temos reserva.	5	0

FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL		MODO DE FALHA (Causa da falha)	P	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando falha)	S	A	SOMA
TRENS DE ESTIRAGEM									
	B	Rodar com uma tensão fora do standard.	1	Batente mecânico da célula de carga fora de posição.	3	Haverá uma medida incorreta da tensão de processo, provocando uma desclassificação do produto por perda de qualidade. Na pior situação a zona não atingirá a tensão de trabalho. A Manutenção deverá ser acionada para regular o batente e recalibrar a célula de carga.	3	0	6
			2	Deslocamento axial das engrenagens.	3	Esta falha só poderá ocorrer com a engrenagem movida. Não haverá a parada do processo. Dependendo do número de cilindros envolvidos neste falha, poderá ocorrer alteração da tensão de estiramento. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa.	4	0	7
			3	Descalibração do amplificador.	3	Haverá uma medida incorreta da tensão de processo, provocando uma desclassificação do produto por perda de qualidade. Na pior situação a zona não atingirá a tensão de trabalho. A Manutenção deverá ser acionada para recalibrar a célula de carga.	3	0	6
			4	Falha na célula de carga.	2	Haverá uma medida incorreta da tensão de processo, provocando uma desclassificação do produto por perda de qualidade. Na pior situação a zona não atingirá a tensão de trabalho. A Manutenção deverá ser acionada para recalibrar a célula de carga ou a troca da mesma.	3	0	5
			5	Falha no encoder do motor.	2	Haverá uma variação de velocidade do processo, resultando numa variação da tensão, provocando uma desclassificação do produto por perda de qualidade. Na pior situação a zona não atingirá a tensão de trabalho. A Manutenção deverá ser acionada para identificar a causa. Não há encoder reserva.	5	0	7

ANEXO 6 – PLANILHA E DIAGRAMA DE DECISÃO - FMEA MÁQUINA DE COSTURA E TREM DE ESTIRAGEM

MÁQUINA DE COSTURA																	
F	FF	FM	E	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2O2N2	H3 S3O3N3	H4	H5	S4	Tarefa proposta	Frequênci a Inicial	Executan te	Plano de Ação	Criticida de (P+S-A)
4	C	1	S	N	N	S	N	S					Fazer verificação do estado da correia do sistema de costura	Semanal	Mecânica		7
4	C	2	S	N	N	S	N	S					Fazer verificação do estado da correia do sistema de costura	Semanal	Mecânica		7
4	C	3	S	N	N	S	N	S					Fazer verificação do posicionamento do pé calcador da máquina de	Semanal	Mecânica		7
4	C	4	N	N	N	S	N	S					Idem ao item 4-B-2			Comprar sensor reserva	5
4	C	5	S	N	N	S	N	N	N				Nenhuma Manutenção Programada.				5
4	C	6	S	N	N	S	N	N	N				Nenhuma Manutenção Programada.				5
4	C	7	S	N	N	S	N	N	N				Nenhuma Manutenção Programada.				5
4	C	8	S	N	N	S	N	N	N				Idem ao item 4-B-3				5
4	C	9	S	N	N	S	N	N	N				Idem ao item 4-B-4				7
4	C	10	S	N	N	S	N	S					Verificar mangueiras e conexões e funcionamento do sistema pneumático do	Semanal	Mecânica		5
4	C	11	S	N	N	S	N	S					Fazer verificação e limpeza da correia de transporte	Semanal	Mecânica	Fazer GV no posicionamento das correias.	6
4	C	12	S	N	N	S	N	S					Idem ao item 4-C-11				5
4	C	13	S	N	N	S	N	S					Fazer verificação do posicionamento do espalhador e comigr se	Semanal	Mecânica		6
4	C	14	S	N	N	S	N	S					Fazer verificação do alinhamento do suporte das agulhas	Semanal	Mecânica		6
4	C	15	S	N	N	S	N	S					Fazer inspeção no acoplamento do rolo pressor.	Mensal	Mecânica		5
4	C	16	S	N	N	S	N	S					Fazer verificação da pressão do sistema hidráulico do acumulador.	Semanal	Fábrica		5
4	C	16	S	N	N	S	S						Fazer análise de díao hidráulico do acumulador da máquina de costura	Semestral	Lubrificaç ão		
4	C	17	S	N	N	S	N	S					Fazer inspeção no rolo do rolo pressor	Mensal	Mecânica	Comprar sistema de freio reaene.	7
4	C	18	S	N	N	S	N	N	N				Nenhuma Manutenção Programada.				5
4	C	19	S	N	N	S	N	S					Idem ao item 4-C-15				6
5	A	1	S	S	N	S	N	N	N				Nenhuma Manutenção Programada.			Fazer reciclagem operacional para evitar acidentes no	3
5	A	1	S	S	N	S	N	S					Nenhuma Manutenção Programada.			Abri um estudo de segurança para modificar o sistema de	3
6	A	1	S	S	N	S	N	N	N	N	S		Nenhuma Manutenção Programada.	DMEI		Criar sistemática de inspeção para a segurança da máquina	5

TRENS DE ESTIRAGEM																		
F	FF	FM	E	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2O2N2	H3 S3O3N3	H4	H5	S4	Tarefa proposta	Freqüênci a Inicial	Executan te	Plano de Ação	Criticida de (P+S-A)	
7	A	1	S	N	N	S	N	S						Fazer teste no sensor de falhas do sistema elétrico do freio do trem.	Mensal	Elétrica	Substituir os sensores de monitoração dos trens de estragagem da marca	8
7	A	1	S	N	N	S	N	S						Fazer verificação de folgas no sistema de frenagem do trem.	Quadrimestral	Mecânica		
7	A	2	S	N	N	S	S							Fazer inspeção termográfica para detecção de pontos	Semestral	Elétrica		5
7	A	3	S	N	N	S	S							Idem ao item 7-A-2				6
7	A	4	S	N	N	S	S							Fazer análise de vibração no conjunto motor, acoplamento e redutor.	Mensal	Preditiva	Fazer orçamento para a compra de motor reserva para os trens	7
7	A	5	S	N	N	S	N	N	N					Nenhuma Manutenção Programada.				6
7	A	6	S	N	N	S	S							Idem ao item 7-A-4			Fazer orçamento para a compra de elemento reserva para o	7
7	A	7	S	N	N	S	N	S						Fazer análise de óleo das engrenagens dos trens de estragagem para verificar	Semestral	Lubrificação	Comprar engrenagens reserva (definir as que faltam)	7
7	A	7	S	N	N	S	N	S						Fazer inspeção das engrenagens para verificação de desgaste.	Semestral	Mecânica		
7	A	8	S	N	N	S	N	S						Fazer inspeção das engrenagens para verificação de	Semanal	Mecânica		7
7	A	9	S	N	N	S	N	N	N					Nenhuma Manutenção Programada.			Comprar cilindros reserva para os trens de estragagem (definir os que	8
7	A	10	S	N	N	S	N	N	N					Nenhuma Manutenção Programada				7
7	A	11	S	N	N	S	N	S						Fazer calibração da célula de carga	Semestral	DMEI		6
7	A	12	S	N	N	S	N	S						Fazer inspeção dos mancais e rolamentos dos cilindros de entrada e	Semanal	Mecânica		6
7	A	13												Idem ao item 7-A-12				6
7	A	13	S	N	N	S	S							Nenhuma Manutenção Programada.		Preditiva	Será feito um estudo para avaliação da viabilidade de implantação de análise	
7	A	14	S	N	N	S	N	N	N					Nenhuma Manutenção Programada.				5
7	B	1	S	N	N	S	N	N	N					Nenhuma Manutenção Programada.				6
7	B	2	S	N	N	S	N	S						Fazer inspeção periódica nas engrenagens.	Semanal	Mecânica		7
7	B	3	S	N	N	S	N	N	N					Nenhuma Manutenção Programada.				6
7	B	4	S	N	N	S	N	S						Idem ao item 7-A-11				5
7	B	5	S	N	N	S	N	N	N					Nenhuma Manutenção Programada.			Comprar encoder reserva	7

SIGLAS

F - Função

FF - Falha Funcional

FM - Modo de Falha

E - Falha Evidente [(Sim ou Não) se não = Oculta]

S - Falha com Consequência a Segurança [Sim ou Não]

E - Falha com Consequência ao Meio Ambiente [Sim ou Não]

O - Falha com Consequência Operacional [Sim ou Não]

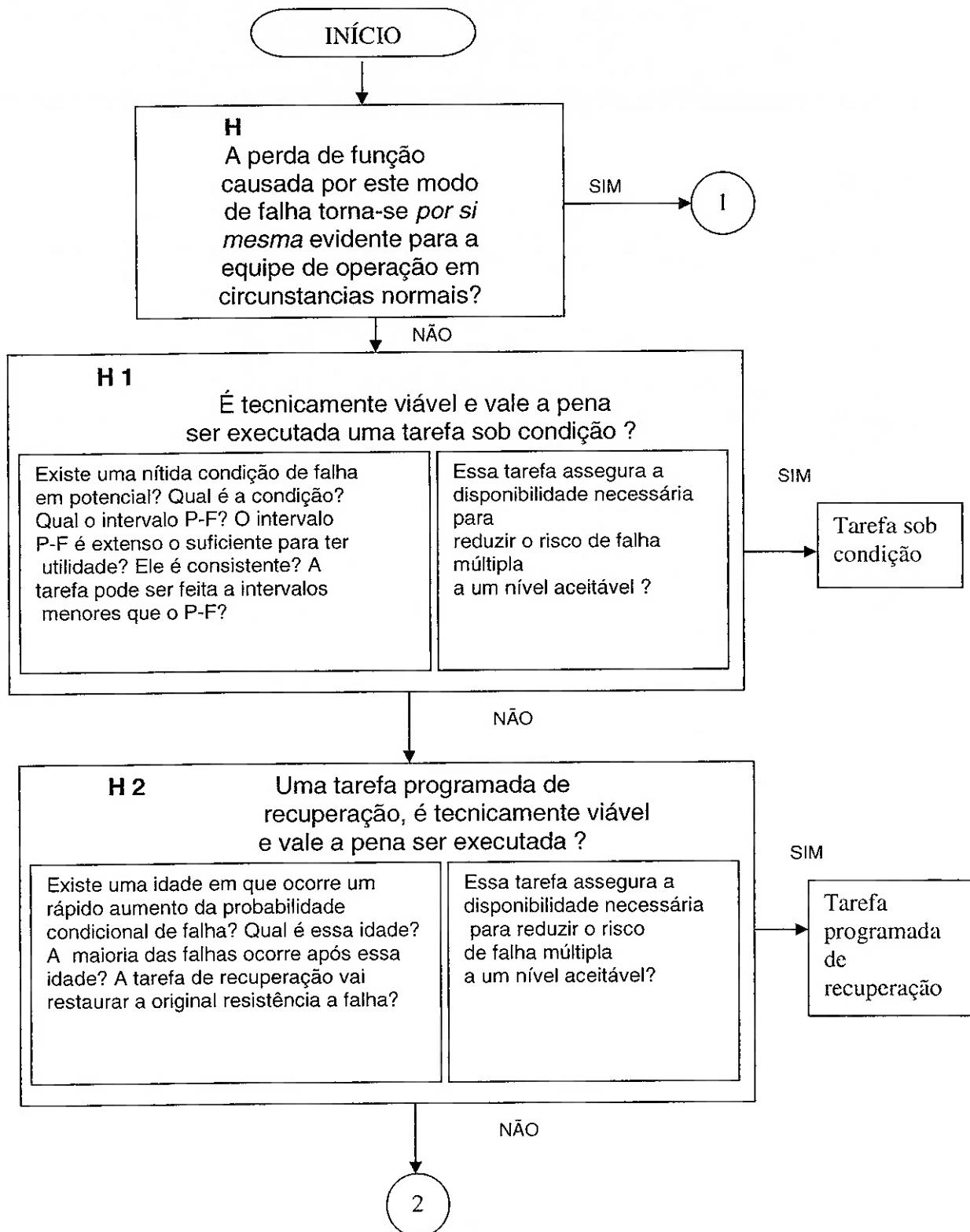
H4 - Tarefas para Detecção de Falhas

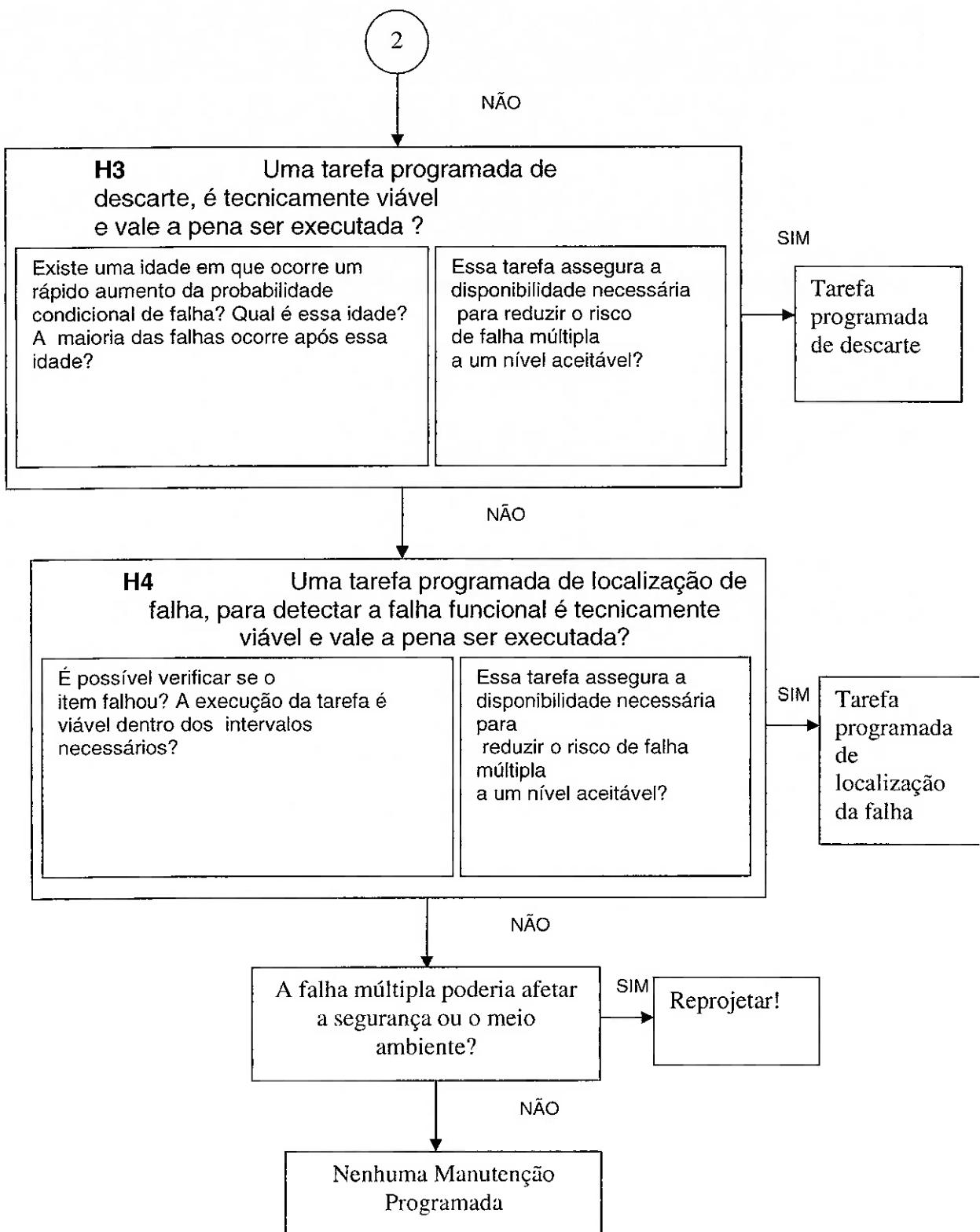
H5 - Falhas Múltiplas (Segurança e Meio Ambiente)

S4 - Com binação de Tarefas

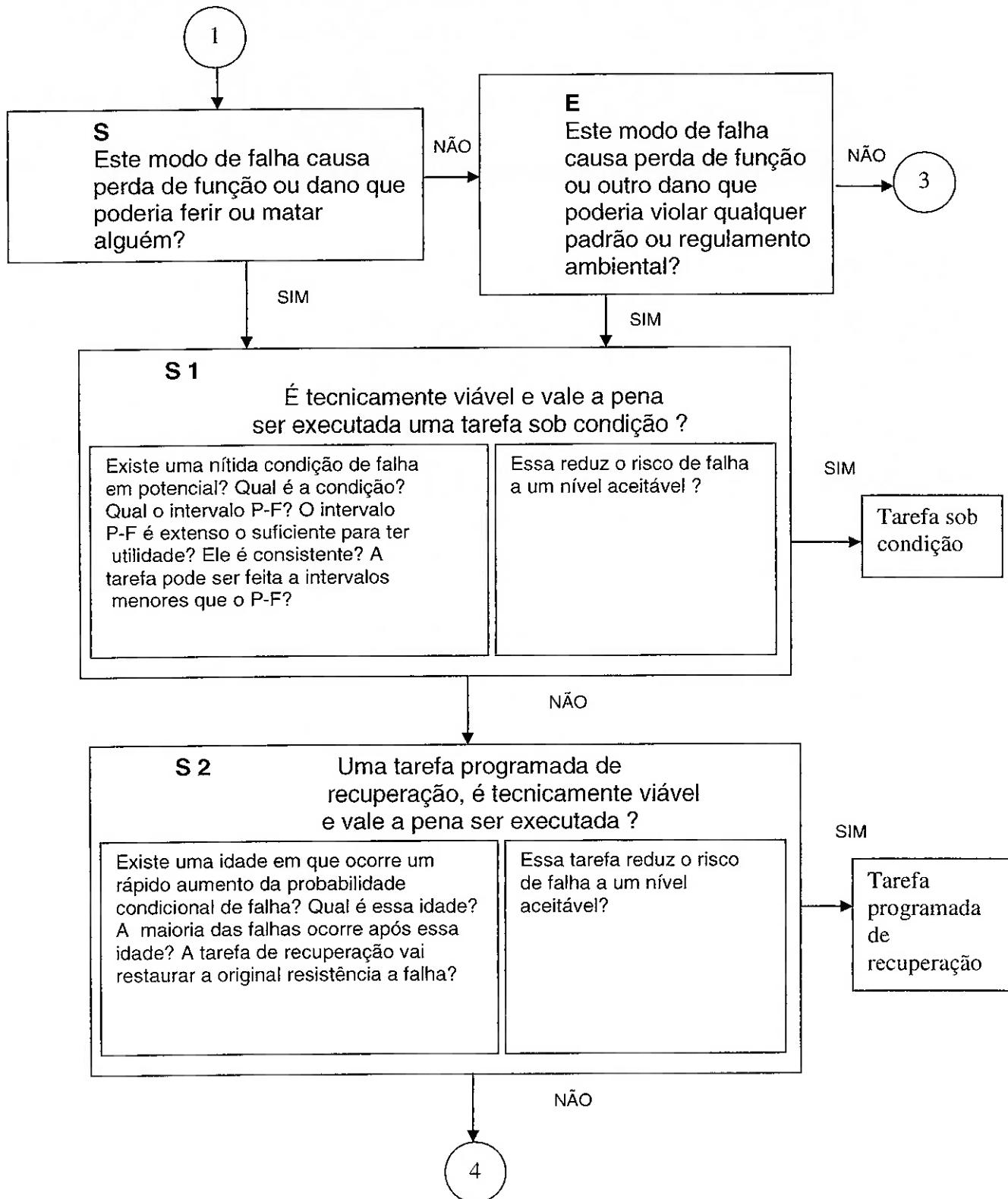
DIAGRAMA DE DECISÃO

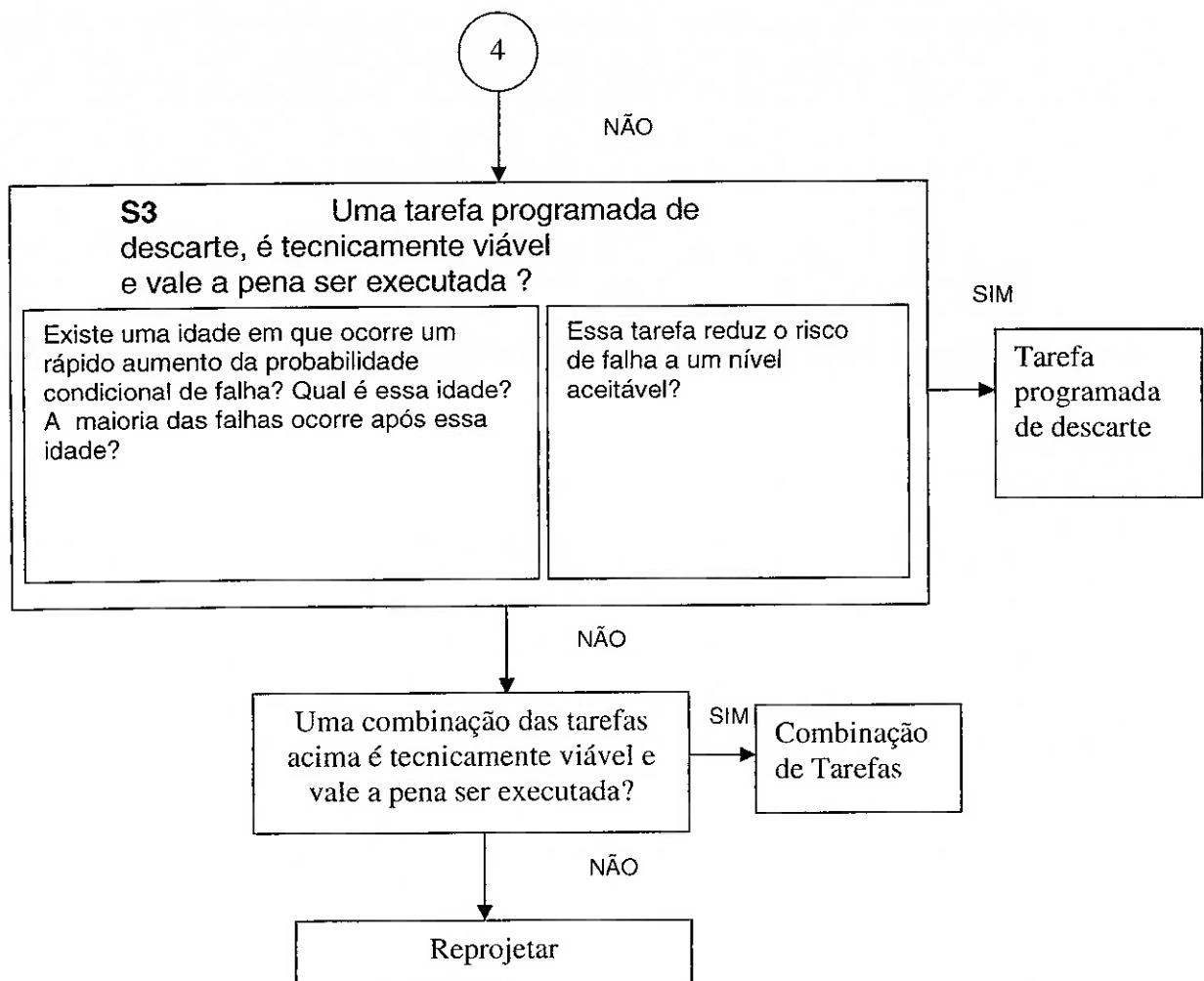
CONSEQUÊNCIA DE FALHAS OCULTAS



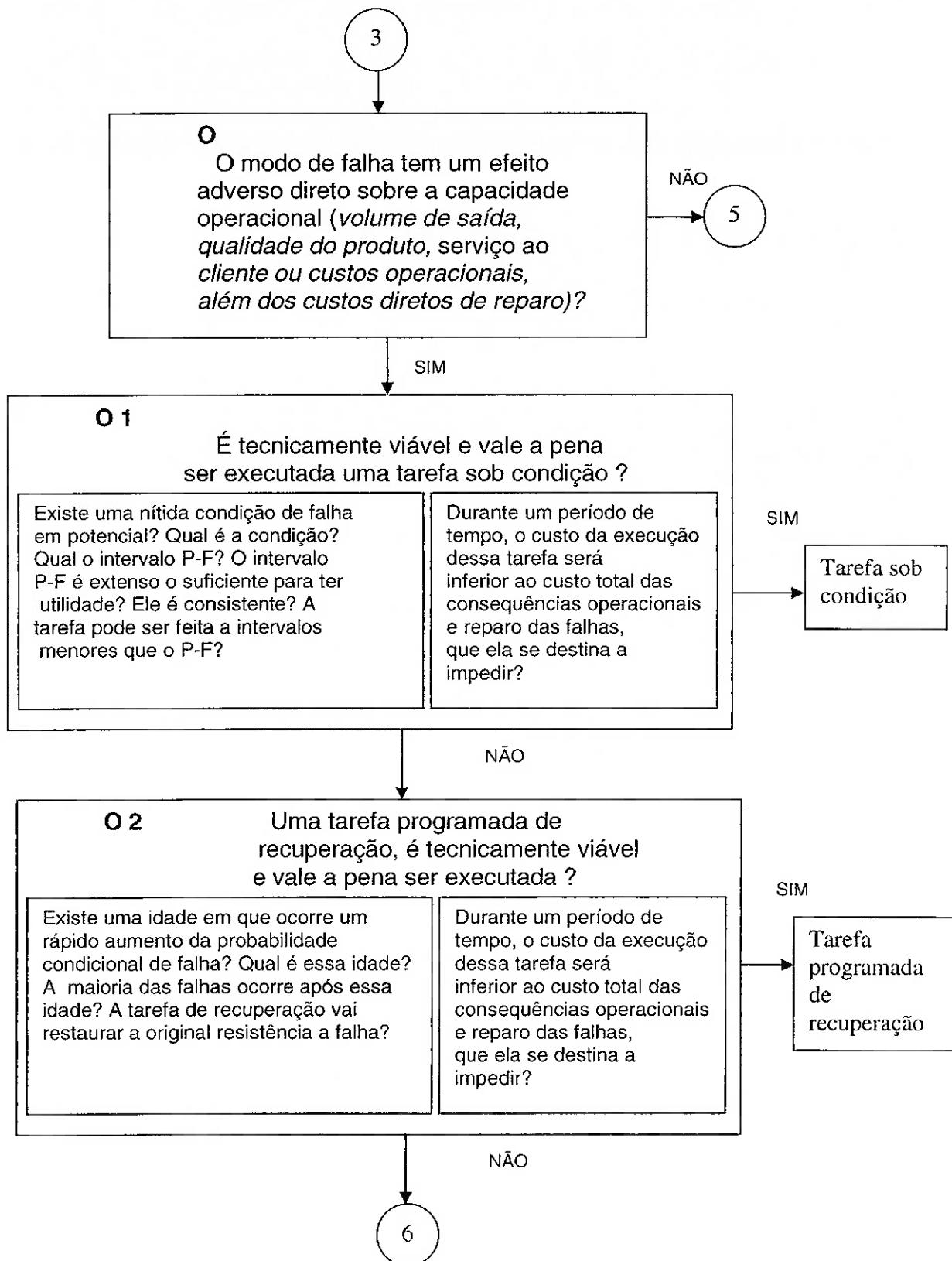


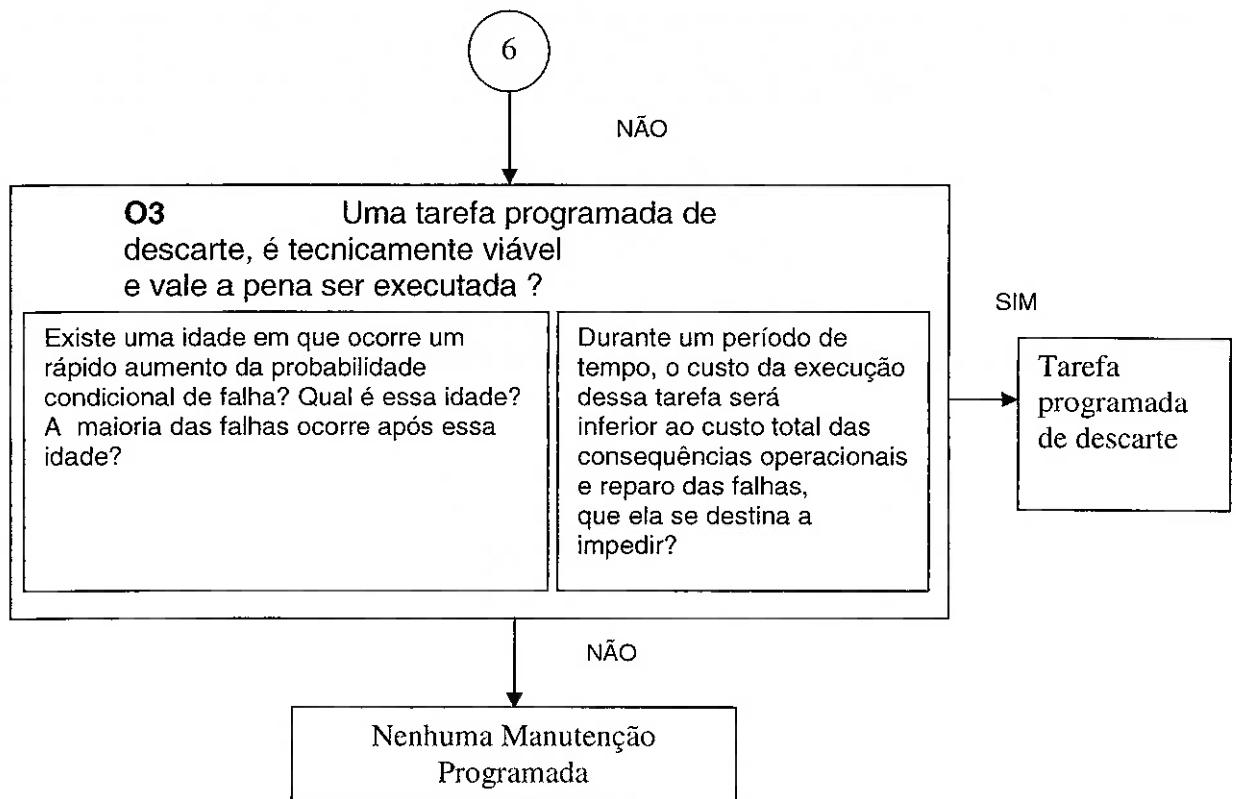
CONSEQUÊNCIA EM SEGURANÇA E/OU MEIO AMBIENTE



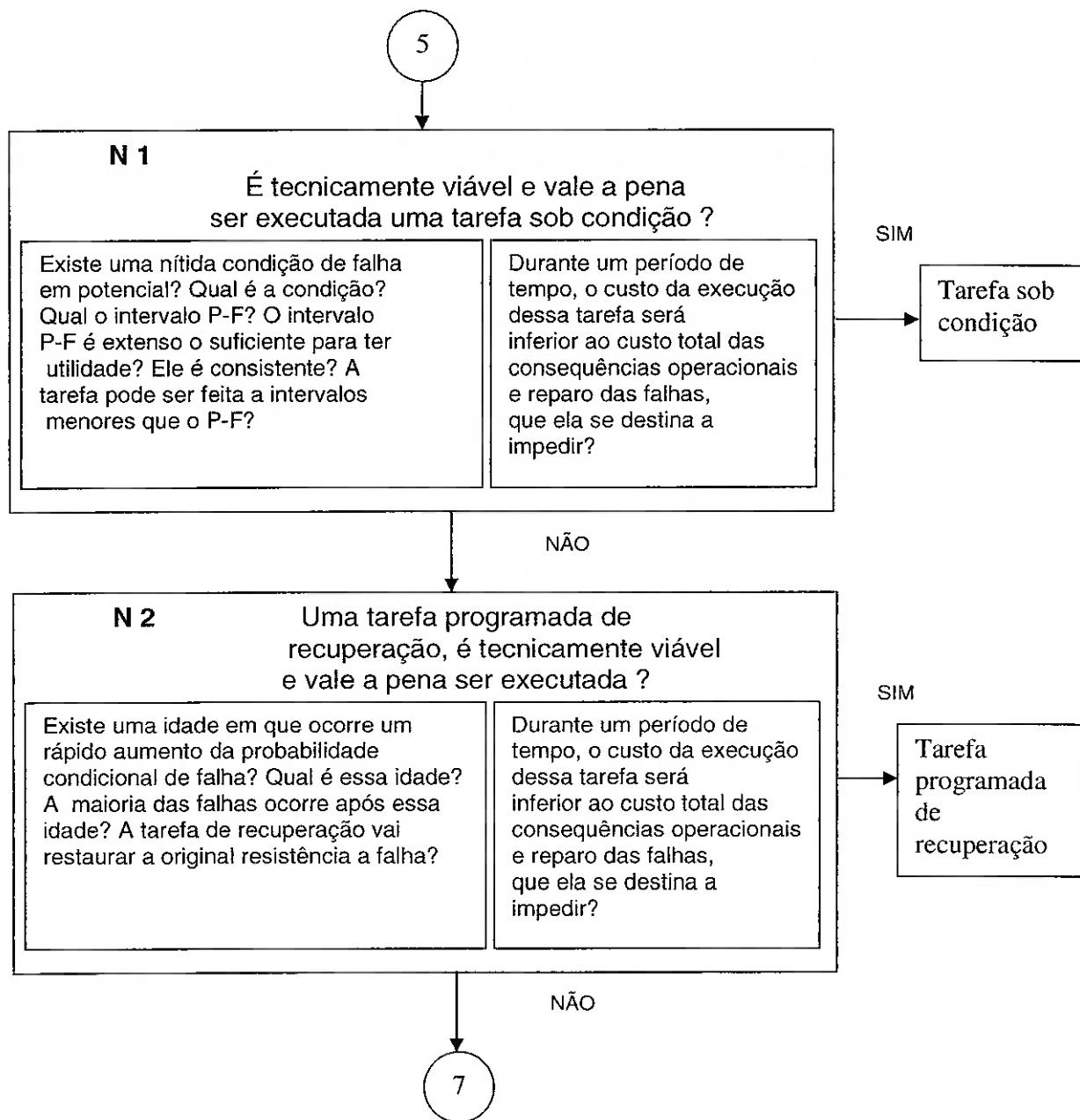


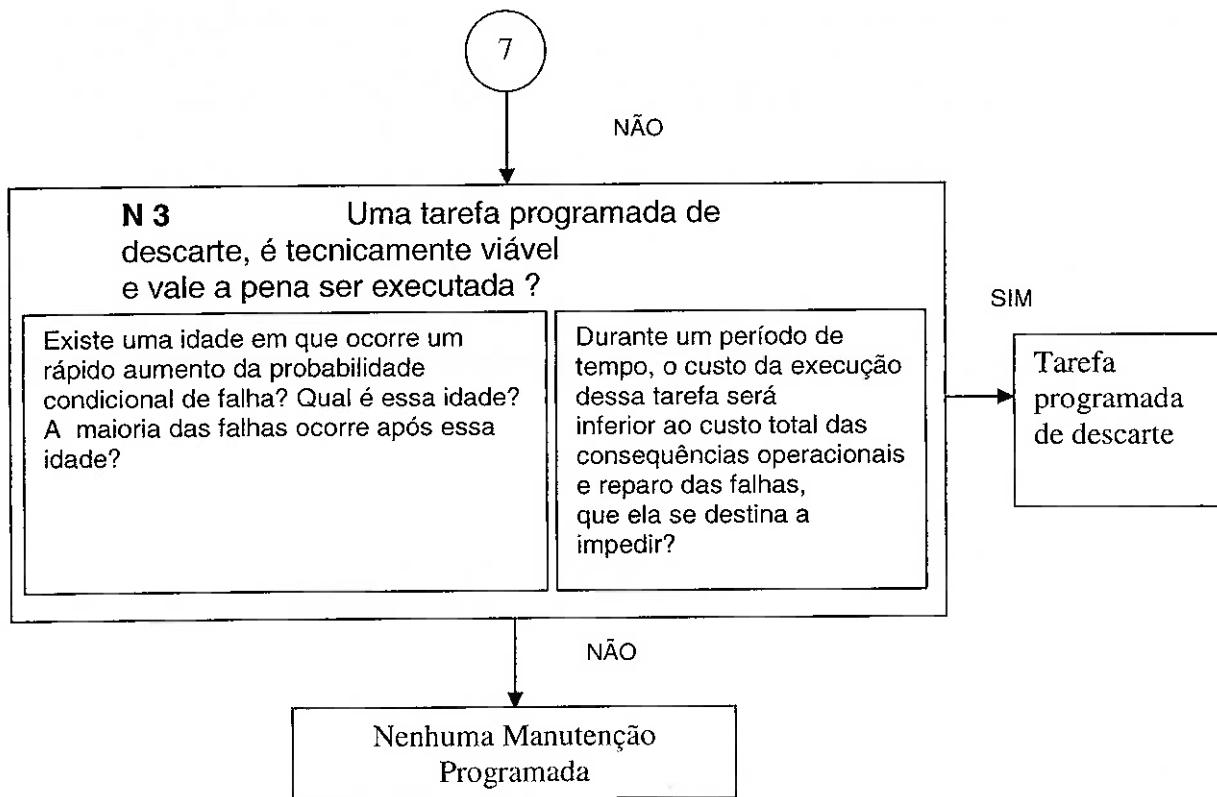
CONSEQUÊNCIA OPERACIONAL





CONSEQUÊNCIA NÃO OPERACIONAL





ANEXO 7 – PLANO DE AÇÃO - FMEA MÁQUINA DE COSTURA E TREM DE ESTIRAGEM

Item do RCM	Problema	Fábrica	Manut.	Ações a serem implantadas	Resp.	Data de Implantação	Execução		Custo (em kR\$)
4-A-5	Passamento de mais de 3 linhas invertidas na agulha.	X		Fazer reciclagem operacional para evitar o passamento errado na agulha	FABRICAÇÃO	OK	(9)		-
7-A-1	Falha no sistema de frenagem do motor (elétrica ou mecânica).		X	Substituir os sensores de monitoração dos trens de estiragem da marca Siemens por Telemecanique, para aumentar a confiabilidade. Comprar sistema de freio reserva para os trens.	ELÉTRICA	OK	(8)	4 dias	OK
7-A-9	Quebra da ponta do eixo dos cilindros das zonas de estiragem	X	X	Comprar cilindros reserva para os trens de estiragem (definir os que faltam).	MECÂNICA	Investimento	(8)	4 dias	35,0
7-A-15	Falha na bobina do freio		X	Comprar bobina de freio reserva para trens de estiragem 3 e 4.	ELÉTRICA	Investimento	(8)	4 dias	5,0/cada
4-A-1	Quebra de mais de três agulhas.		X	Colocar em estoque agulhas reserva para a máquina	FABRICAÇÃO	set/08	(7)	2 horas	1,0
4-A-4	Passamento de mais de 3 linhas invertidas no Looper.	X		Fazer reciclagem operacional para evitar o passamento errado no Looper.	FABRICAÇÃO	OK	(7)		-
4-B-1	Falha operacional na preparação do tecido para a costura.	X		Fazer reciclagem operacional para evitar erros na preparação do tecido para costura.	FABRICAÇÃO	OK	(7)		-
4-C-17	Falha no sistema de freio do rolo pressor.		X	Comprar sistema de freio reserva para rolo pressor.	ELÉTRICA	Investimento	(7)	4 dias	7,0/cada
7-A-4	Falha no motor dos trens de estiragem.		X	Fazer orçamento para a compra de motor reserva para os trens de estiragem.	ELÉTRICA	Investimento	(7)	4 dias	292,0
7-A-6	Quebra do acoplamento entre motor e redutor.		X	Fazer orçamento para a compra de elemento reserva para o acoplamento.	MECÂNICA	jan/13	(7)	4 dias	1,0
7-A-7	Quebra das engrenagens.	X	X	Comprar engrenagens reservas para os trens de estiragem (definir as que faltam).	MECÂNICA	Investimento	(7)	4 dias	8,0/cada
7-B-5	Falha no encoder do motor.		X	Pedir orçamento e comprar encoder reserva	ELÉTRICA	OK	(7)	4 dias	OK
4-A-2	Mais de 3 Loopers quebrados.		X	Colocar em estoque Looper reserva para a máquina	MECÂNICA	jan/13	(6)	2 horas	0,5
4-C-11	Correia de transporte fora de posição.		X	Fazer GV no posicionamento das correias de transporte da máquina de costura. Fazer procedimento de como ajustar novamente o sistema.	MECÂNICA	jan/13	(6)		-
7-A-13	Travamento dos rolamentos dos cilindros dos trens de estiragem		X	Fazer um estudo para avaliação da viabilidade de implantação de análise de vibração nos cilindros dos trens de estiragem.	ENG.MANUT.	dez/12	(6)		-
4-C-4	Falha no sistema de acionamento das placas prendedoras (elétrico e pneumático).		X	Comprar sensor reserva para posicionamento das placas prendedoras da máquina de costura.	ELÉTRICA	OK	(5)	8 horas	OK
6-A-1	Falha no botão de emergência.			Criar sistemática de inspeção para a segurança da máquina	ELÉTRICA	dez/12	(5)		-
4-A-6	Falta de mais de 3 linhas de costura.	X		Fazer reciclagem operacional para evitar a falta de linha na máquina de costura.	MECÂNICA	OK	(4)		-
5-A-1	Acionamento das placas prendedoras realizado por mais de um operador em função da operação de costura. (O tecido não se prende no inicio da costura).	X		Fazer reciclagem operacional para evitar acidentes no acionamento das placas prendedoras.	FABRICAÇÃO	dez/12	(3)		-
5-A-1	Acionamento das placas prendedoras realizado por mais de um operador em função da operação de costura. (O tecido não se prende no inicio da costura).	X		Projeter mordentes para placas prendedoras	FABRICAÇÃO	mar/13	(3)		-

ANEXO 8 – PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA - MÁQ. DE COSTURA E TRENS DE ESTIRAGEM

PLANO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA PREVISTO- RCM																																																																																																				
<u>CHECK-LIST PARA INTERVENÇÃO</u>																																																																																																				
EXECUTANTE: Mecânica	Data: ___ / ___ / ___																																																																																																			
PERIODICIDADE: Semanal																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MÁQUINA DE COSTURA</th> <th colspan="2">Executado</th> <th colspan="2">Trocado</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Sim</th> <th>Não</th> <th>Sim</th> <th>Não</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Inspecionar os tensores e substitui-los sob condição durante a revisão.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Verificar mangueiras e conexões e funcionamento do sistema pneumático das placas prendedoras.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Fazer verificação do estado da correia do sistema de costura superior.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Fazer verificação do estado da correia do sistema de costura inferior.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Fazer verificação do posicionamento do pé calcador da máquina de costura.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Verificar mangueiras e conexões e funcionamento do sistema pneumático do pistão de acionamento de costura superior.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Fazer verificação e limpeza da correia de transporte.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Fazer verificação do posicionamento do espalhador e corrigir se necessário.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>Fazer verificação do alinhamento do suporte das agulhas.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TREM DE ESTIRAGEM</th> <th colspan="2">Executado</th> <th colspan="2">Trocado</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Sim</th> <th>Não</th> <th>Sim</th> <th>Não</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>Fazer inspeção das engrenagens para verificação de deslocamento axial.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>Fazer inspeção dos mancais e rolamentos dos cilindros de entrada e saída das zonas.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>Fazer inspeção periódica nas engrenagens.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					MÁQUINA DE COSTURA		Executado		Trocado				Sim	Não	Sim	Não	1	Inspecionar os tensores e substitui-los sob condição durante a revisão.					2	Verificar mangueiras e conexões e funcionamento do sistema pneumático das placas prendedoras.					3	Fazer verificação do estado da correia do sistema de costura superior.					4	Fazer verificação do estado da correia do sistema de costura inferior.					5	Fazer verificação do posicionamento do pé calcador da máquina de costura.					6	Verificar mangueiras e conexões e funcionamento do sistema pneumático do pistão de acionamento de costura superior.					7	Fazer verificação e limpeza da correia de transporte.					8	Fazer verificação do posicionamento do espalhador e corrigir se necessário.					9	Fazer verificação do alinhamento do suporte das agulhas.					TREM DE ESTIRAGEM		Executado		Trocado				Sim	Não	Sim	Não	10	Fazer inspeção das engrenagens para verificação de deslocamento axial.					11	Fazer inspeção dos mancais e rolamentos dos cilindros de entrada e saída das zonas.					12	Fazer inspeção periódica nas engrenagens.				
MÁQUINA DE COSTURA		Executado		Trocado																																																																																																
		Sim	Não	Sim	Não																																																																																															
1	Inspecionar os tensores e substitui-los sob condição durante a revisão.																																																																																																			
2	Verificar mangueiras e conexões e funcionamento do sistema pneumático das placas prendedoras.																																																																																																			
3	Fazer verificação do estado da correia do sistema de costura superior.																																																																																																			
4	Fazer verificação do estado da correia do sistema de costura inferior.																																																																																																			
5	Fazer verificação do posicionamento do pé calcador da máquina de costura.																																																																																																			
6	Verificar mangueiras e conexões e funcionamento do sistema pneumático do pistão de acionamento de costura superior.																																																																																																			
7	Fazer verificação e limpeza da correia de transporte.																																																																																																			
8	Fazer verificação do posicionamento do espalhador e corrigir se necessário.																																																																																																			
9	Fazer verificação do alinhamento do suporte das agulhas.																																																																																																			
TREM DE ESTIRAGEM		Executado		Trocado																																																																																																
		Sim	Não	Sim	Não																																																																																															
10	Fazer inspeção das engrenagens para verificação de deslocamento axial.																																																																																																			
11	Fazer inspeção dos mancais e rolamentos dos cilindros de entrada e saída das zonas.																																																																																																			
12	Fazer inspeção periódica nas engrenagens.																																																																																																			
PERIODICIDADE: QUADRIMESTRAL																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TREM DE ESTIRAGEM</th> <th colspan="2">Executado</th> <th colspan="2">Trocado</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Sim</th> <th>Não</th> <th>Sim</th> <th>Não</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Fazer verificação de folgas no sistema de frenagem do trem.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Fazer inspeção no freio do motor.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Fazer inspeção nas correias do motor do extrator</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Fazer inspeção das engrenagens para verificação de desgaste.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					TREM DE ESTIRAGEM		Executado		Trocado				Sim	Não	Sim	Não	1	Fazer verificação de folgas no sistema de frenagem do trem.					2	Fazer inspeção no freio do motor.					3	Fazer inspeção nas correias do motor do extrator					4	Fazer inspeção das engrenagens para verificação de desgaste.																																																																
TREM DE ESTIRAGEM		Executado		Trocado																																																																																																
		Sim	Não	Sim	Não																																																																																															
1	Fazer verificação de folgas no sistema de frenagem do trem.																																																																																																			
2	Fazer inspeção no freio do motor.																																																																																																			
3	Fazer inspeção nas correias do motor do extrator																																																																																																			
4	Fazer inspeção das engrenagens para verificação de desgaste.																																																																																																			
<u>CHECK-LIST PARA INTERVENÇÃO</u>																																																																																																				
PERIODICIDADE: Semanal	Data: ___ / ___ / ___																																																																																																			
EXECUTANTE: ELÉTRICA																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MÁQUINA DE COSTURA</th> <th colspan="2">Executado</th> <th colspan="2">Trocado</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Sim</th> <th>Não</th> <th>Sim</th> <th>Não</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Fazer verificação do funcionamento do sensor de inicio de costura.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Fazer verificação do estado de conservação da fita reflexiva e trocar sob condição.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TRENS DE ESTIRAGEM</th> <th colspan="2">Executado</th> <th colspan="2">Trocado</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Sim</th> <th>Não</th> <th>Sim</th> <th>Não</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Fazer teste no sensor de falhas do sistema elétrico do freio do trem</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					MÁQUINA DE COSTURA		Executado		Trocado				Sim	Não	Sim	Não	1	Fazer verificação do funcionamento do sensor de inicio de costura.					2	Fazer verificação do estado de conservação da fita reflexiva e trocar sob condição.					TRENS DE ESTIRAGEM		Executado		Trocado				Sim	Não	Sim	Não	1	Fazer teste no sensor de falhas do sistema elétrico do freio do trem																																																										
MÁQUINA DE COSTURA		Executado		Trocado																																																																																																
		Sim	Não	Sim	Não																																																																																															
1	Fazer verificação do funcionamento do sensor de inicio de costura.																																																																																																			
2	Fazer verificação do estado de conservação da fita reflexiva e trocar sob condição.																																																																																																			
TRENS DE ESTIRAGEM		Executado		Trocado																																																																																																
		Sim	Não	Sim	Não																																																																																															
1	Fazer teste no sensor de falhas do sistema elétrico do freio do trem																																																																																																			
PERIODICIDADE: Mensal	Data: ___ / ___ / ___																																																																																																			
EXECUTANTE: ELÉTRICA																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TRENS DE ESTIRAGEM</th> <th colspan="2">Executado</th> <th colspan="2">Trocado</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Sim</th> <th>Não</th> <th>Sim</th> <th>Não</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Fazer teste no sensor de falhas do sistema elétrico do freio do trem</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					TRENS DE ESTIRAGEM		Executado		Trocado				Sim	Não	Sim	Não	1	Fazer teste no sensor de falhas do sistema elétrico do freio do trem																																																																																		
TRENS DE ESTIRAGEM		Executado		Trocado																																																																																																
		Sim	Não	Sim	Não																																																																																															
1	Fazer teste no sensor de falhas do sistema elétrico do freio do trem																																																																																																			
<u>CHECK-LIST PARA INTERVENÇÃO</u>																																																																																																				
PERIODICIDADE: Mensal	Data: ___ / ___ / ___																																																																																																			
EXECUTANTE: PREDITIVA																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">Executado</th> <th colspan="2">Trocado</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Sim</th> <th>Não</th> <th>Sim</th> <th>Não</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Fazer análise de vibração no conjunto motor, acoplamento e redutor.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>							Executado		Trocado				Sim	Não	Sim	Não	1	Fazer análise de vibração no conjunto motor, acoplamento e redutor.																																																																																		
		Executado		Trocado																																																																																																
		Sim	Não	Sim	Não																																																																																															
1	Fazer análise de vibração no conjunto motor, acoplamento e redutor.																																																																																																			
<u>CHECK-LIST PARA INTERVENÇÃO</u>																																																																																																				
PERIODICIDADE: Semestral	Data: ___ / ___ / ___																																																																																																			
EXECUTANTE: LUBRIFICAÇÃO																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">Executado</th> <th colspan="2">Trocado</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Sim</th> <th>Não</th> <th>Sim</th> <th>Não</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Fazer análise de óleo das engrenagens dos trens de estiragem para verificar particulado e viscosidade. (7a7)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>							Executado		Trocado				Sim	Não	Sim	Não	1	Fazer análise de óleo das engrenagens dos trens de estiragem para verificar particulado e viscosidade. (7a7)																																																																																		
		Executado		Trocado																																																																																																
		Sim	Não	Sim	Não																																																																																															
1	Fazer análise de óleo das engrenagens dos trens de estiragem para verificar particulado e viscosidade. (7a7)																																																																																																			
<u>CHECK-LIST PARA INTERVENÇÃO</u>																																																																																																				
PERIODICIDADE: À cada costura	Data: ___ / ___ / ___																																																																																																			
EXECUTANTE: FÁBRICA																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">Executado</th> <th colspan="2">Trocado</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Sim</th> <th>Não</th> <th>Sim</th> <th>Não</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Inspecionar as agulhas após a realização da costura</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>							Executado		Trocado				Sim	Não	Sim	Não	1	Inspecionar as agulhas após a realização da costura																																																																																		
		Executado		Trocado																																																																																																
		Sim	Não	Sim	Não																																																																																															
1	Inspecionar as agulhas após a realização da costura																																																																																																			

ANEXO 9 – ANÁLISE DE FALHA - RUPTURA DA PONTA DO CILINDRO DO 4º TREM DE ESTIRAGEM

RELATÓRIO ANÁLISE DE FALHA DIPPING **Quebra do eixo de apoio do cilindro**

Evento- nº1

DATA: 17 de outubro de 2011.

LOCAL: Sala de Reuniões – Gerência Manutenção

PARTICIPANTES: Acácio Pontinha (DTM); Antonio Coelho (DTM – Inspeção); Arnaldo Reis (Mecânica – Industrial); Basso (DM); Ferretti (DTM - Estudos); Marcelo Xavier (DM- Planejamento); Nivaldo Lenzi (Oficina Central); Valdir Aguilar (DMEI – PARCIAL); Fábio Becker (DTM).

PERÍODO: 09h00min às 11h40min.

OBJETO: Análise de Falha Dipping – Quebra do eixo de apoio do 5º cilindro do 4º trem.

PERÍMETRO DE TRABALHO: Trens de estiragem - Dipping

OBJETIVO: Identificar mecanismo de falha ocorrida em evento do dia 15/10/2011 e propor ações de bloqueio e reparo.

Caracterização do Evento:

Evento: Ruptura do eixo de apoio do 5º cilindro do 4º trem.

Folga radial no acoplamento entre engrenagem e colo do eixo do 6º cilindro do 4º trem.

Data: 15/10/2011

Horário: 08h00min.

Envolvidos: Basso; Aluisio (Montcalm); Flavio Pinez (Mecânico – Oficina Central); Osmar de Moura (Mecânico – Oficina Central);

Tempo estimado para restabelecimento: 07h00min do dia 18/10/2011

Extensão da parada: 72 horas.

Perda: Manutenção – R\$13.480,00 (serviço de reparo);

Produção – perda de faturamento estimado - 90 t a R\$10.000,00/t perfazendo um total estimado de R\$900.000,00 de perda de faturamento

DESENVOLVIMENTO:

A reunião teve por objetivo a análise do modo de falha referente ao evento ocorrido no Dipping em 15/10/2011.

A avaliação iniciou-se pela observação do aspecto da fratura existente no eixo de apoio do 5º cilindro do 4º trem e pela trinca ocorrida junto ao alojamento da chaveta existente no eixo do 6º cilindro do 4º trem como observado pelas figuras abaixo:



FIG. 1 e 2 - Aspecto da região de fratura ocorrida no eixo de apoio do 5º Cilindro do Trem 4 – Observa-se a área de propagação da trinca até a ruptura frágil.
(Fonte: Inspeção visual realizada na Oficina Central em 17/10/2011).



FIG. 3, 4 e 5 - Aspecto da região do alojamento de chaveta no colo do eixo de apoio do 6º Cilindro do Trem 4 – Observa-se a área de propagação da trinca nucleada na raiz do alojamento de chaveta.
(Fonte: Inspeção visual realizada na Oficina Central em 17/10/2011).

Identificado também, durante esta avaliação inicial, a inexistência de raio de alívio no eixo do cilindro nº5.

Relação de evidências objetivas coletadas junto ao componente:

Cilindro nº5

1. Ausência de raio junto a ponto de nucleação da trinca no eixo do cilindro nº5;
2. Presença de “marca de praia” na secção da fratura. Indício físico de fadiga como possível mecanismo de fratura no eixo do cilindro nº5;
3. Presença de oxidação leve em regiões da fratura do eixo do cilindro nº5;
4. Sinal de ruptura frágil a partir de aproximadamente metade da secção transversal do eixo do cilindro nº5.

Cilindro nº6

1. Trinca nucleada a partir da raiz do alojamento de chaveta no eixo do cilindro nº 6;
2. Presença de sinal leve de desgaste no eixo do cilindro nº6.
3. Ruptura do parafuso de fixação da chaveta do cilindro nº6.

As hipóteses inicialmente levantadas como mecanismos de falha associadas aos itens do evento foram:

1 - Ruptura do eixo de apoio do 5º cilindro do 4º trem.

Hipótese do mecanismo de falha – Fadiga

2 - Jogo radial no acoplamento entre engrenagem e colo do eixo do 6º cilindro do 4º trem com posterior identificação de trinca nucleada a partir da raiz do alojamento da chaveta.

Hipótese do mecanismo de falha – Ajuste inadequado entre cubo e rasgo da chaveta em relação ao eixo e rasgo no cilindro.

Após esta avaliação inicial prosseguimos com o levantamento das ocorrências associadas aos cilindros do Dipping conforme abaixo relacionado:

- 5/5/11 troca do cilindro 5 devido quebra de dente da engrenagem
- 15/6/11 troca do cilindro 5 devido quebra dos parafusos de fixação ponta postiça.
- 27/6/11 troca do cilindro 5 devido quebra da ponta lado operador por causa da chaveta da engrenagem que caiu(colocado cilindro 7 na posição do 5).
- 11/9/1 troca do cilindro 2 devido quebra da ponta.
- 25/9/11 troca do 5º cilindro devido quebra da ponta lado motor; após troca caiu 2 parafusos que foi recolocado e apertado.

Pelo que pode ser verificado pela análise cronológica dos eventos há ocorrência de fratura por provável mecanismo de fadiga em duas ocasiões:

- 11/9/11 troca do cilindro 2 devido quebra da ponta.
- 25/9/11 troca do 5º cilindro devido quebra da ponta lado motor; após troca caiu 2 parafusos que foi recolocado e apertado.

2 eventos associados a fixação da engrenagem motora do cilindro, como abaixo relacionado:

- 5/5/11 troca do cilindro 5 devido quebra de dente da engrenagem
- 27/6/11 troca do cilindro 5 devido quebra da ponta lado operador por causa da chaveta da engrenagem que caiu(colocado cilindro 7 na posição do 5).

E 1 evento associado a condição de montagem de versão de ponta postiça com assento cônicoo conforme levantado junto aos participantes:

- 15/6/11 troca do cilindro 5 devido quebra dos parafusos de fixação ponta postiça.

Feita a análise cronológica cogitou-se que o mecanismo primário de falha associado a ocorrência de Fadiga deve-se a concentração de tensão provocada pela ausência de raio de concordância no ponto de nucleação da trinca bem como a aparente existência de “risco de usinagem”, aja visto que temos a incidência de duas ocorrência no espaço de 14 dias sem alteração do material constituinte do eixo bem como eventuais tratamentos termoquímicos ou de superfície que justificassem alteração repentina de comportamento mecânico. Soma-se a isso a constatação de ausência de registro do mesmo patamar de incidência observado no período em questão.

A fim de substanciar o relatado podemos reproduzir observação relacionada ao estudo de fadiga em materiais metálicos abaixo:

Em alguns casos, onde há concentrações de tensão ou defeitos de superfície, o tempo de iniciação é muito curto e a trinca é formada logo no começo da vida total, enquanto que em materiais cuidadosamente acabados e livres de defeitos, o tempo de iniciação pode chegar a 80% da vida útil (SURESH, S. *Fatigue of materials* Cambridge Press : Boston 2. ed. 1998 cap.4.)

Após a realização da discussão entre os participantes e efetuada uma série de considerações a respeito sobre a cronologia e manifestação das falhas identificou-se o mecanismo abaixo descrito:

➤ **Ruptura do eixo de apoio do 5º cilindro do 4º trem.**

-Porque que houve a ruptura?

Devido a mecanismo de fadiga na secção considerada.

-Porque ocorreu a fadiga?

Devido nucleação de trinca na superfície do diâmetro.

-Porque houve nucleação da trinca?

Devido a concentração de tensão junto a secção.

-Porque houve concentração de tensão?

Devido a inexistência de raio de alívio na superfície do diâmetro em questão e a existência de risco de usinagem na secção considerada.

-Porque não há raio de alívio na peça?

1. Devido a falha na usinagem da peça. (Causa Fundamental)

Avaliações conjuntas:

-A documentação técnica está correta em sua última versão?

2 - Identificado pelos presentes a existência de mais de uma versão de desenho para o item em questão em função de desenvolvimentos executados ao longo do tempo e alterações de fornecedores de reparo do item (Causa Básica).

-A forma correta de montagem é amplamente conhecida e documentada?

3 - Identificada durante a análise uma falha associada a alteração de assento paralelo para assento cônicoo em que não foi garantido o encosto do flange postiço no fundo do alojamento constituído no cilindro.

A isso associou-se uma série de aspectos de montagem que devem ser observados no que se refere a tolerâncias de encosto de rolamentos e elementos de transmissão que atualmente não se encontram padronizados em procedimento e que são potencialmente danosos para a distribuição de tensões na ponta do eixo se não forem observadas. (Causa Básica)

-Existem questões/restricções associadas a pronta disponibilidade do item destinado a recuperação/confecção que são potencialmente danosas ao restabelecimento da instalação?

4 - Identificado durante os trabalhos fatores desencadeadores do atual intervalo de tempo associado a recuperação/confecção da ponta do eixo dos cilindros do Dipping, sendo o de maior relevância o tempo de confecção e tratamento térmico, chegando a intervalos de 20 dias. Esta condição leva por vezes a necessidade de inversões entre os cilindros da instalação impondo alterações dos perfis de carregamento nos mesmos.(Causa Básica)

- Jogo radial no acoplamento entre engrenagem e colo do eixo do 6º cilindro do 4º trem com posterior identificação de trinca nucleada a partir da raiz do alojamento da chaveta.

-Porque que houve jogo radial entre a engrenagem e o colo do eixo do 6º cilindro?

Devido trinca em secção diagonal entre a raiz do alojamento da chaveta e furo para parafuso da tampa de encosto da engrenagem.

-Porque Houve nucleação de trinca a partir da raiz da chaveta ?

Devido inexistência de raio de concordância na raiz do alojamento da chaveta e movimento relativo entre cubo da engrenagem e colo do eixo do cilindro.

-1ª derivação - Porque não há raio de concordância na raiz do alojamento de chaveta?

Devido não ter sido usinado.

-1ª derivação - Porque não foi usinado o raio de concordância na raiz do alojamento de chaveta?

5 – Devido ao fato de não ter sido especificado no desenho de detalhamento do item. (Causa Fundamental).

-2ª derivação - Porque houve movimento relativo entre o cubo da engrenagem e o eixo?

Devido a folga excessiva existente entre o diâmetro interno do cubo da engrenagem e diâmetro externo do eixo.

-2ª derivação -Porque há folga excessiva entre o diâmetro interno do cubo da engrenagem e o diâmetro externo do eixo?

6 - Devido a dificuldade de montagem e engaste da engrenagem e eixo no trem de estiragem (Causa Fundamental).

Avaliações conjuntas:

-A documentação técnica está correta em sua última versão?

Avaliado pelos presentes que o desenho técnico atual de detalhamento possui as indicações de raio de concordância e tolerância necessários. A peça em questão fora usinada a partir de um desenho anterior, que não dispomos mais devido alteração do fornecedor.

-A forma correta de montagem é amplamente conhecida e documentada?

6 - Sinalizado entre os presentes que em virtude da ausência de espaço para montagem e retirada dos cilindros faz-se necessário inserir um nível de ajuste com maior folga entre a engrenagem e o eixo além de impossibilitar tentativas anteriores de alteração da forma de fixação da engrenagem ao eixo no que se refere a deslocamento axial da mesma. Este problema relaciona-se a diversas ocorrências associadas a deslocamentos axiais que

resultaram em fratura dos dentes e consequente sobrecarga sobre os mancais.(Causa Fundamental).

-Existem questões/restricções associadas a pronta disponibilidade do item destinado a recuperação/confecção que são potencialmente danosas ao restabelecimento da instalação?
Não identificou-se necessidade material associada a elementos de transmissão do conjunto.

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE MATERIAL VERSUS NECESSIDADE

CILINDROS COMPLETOS

CILINDROS DIPPING	MONTADOS NO DIPPING	RESERVAS EXISTENTES	NECESSIDADE/AQUISIÇÃO
CILINDRO GUIA	2	1	NÃO
CILINDRO Nº 2	2	0	SIM (1)
CILINDRO MOTOR	2	1	NÃO
CILINDROS MOVIDOS	8	2	NÃO

APENAS PONTAS POSTICAS

CILINDROS DIPPING	TIPO PONTA LADO ACOPLADO	TIPO PONTA LADO NÃO ACOPLADO	NECESSIDADE ESTOQUE
CILINDRO GUIA	A	B	NÃO
CILINDRO Nº 2	C	D	SIM 1 TIPO C E 1 TIPO D
CILINDRO MOTOR	E	F	NÃO
CILINDROS MOVIDOS	G	H	SIM 2 TIPO G E 2 TIPO H

OBS. A proposta de manutenção de pontas postiças para os cilindros tem como objetivo eliminar o tempo de espera associado a execução da ponta junto ao fornecedor, sobretudo a etapa do tratamento térmico (estimado em 15 dias para execução). A estratégia consiste em manter as pontas tratadas e acabadas em estoque e em função de alguma ocorrência de quebra ou trinca enviar o cilindro para adequação do alojamento do mesmo a ponta, conferindo padronização ao item e facilitando a intercambialidade.

AVALIAÇÃO DO CILINDRO MONTADO PARA RESTABELECIMENTO DO DIPPING

Foi verificado a ocorrência de erro de usinagem associado a concentração de tensão em raios e ausência de mudança gradual entre diâmetros e raios de concordância e alívio. Estes aspectos nos levam a observar a condição de concentração de tensões com consequente mecanismo de fadiga de baixo ciclo nas peças instaladas como evidenciam as fotos abaixo:



PLANO DE AÇÃO:

ALHA	CAUSA IDENTIFICADA	DESCRÍÇÃO DA AÇÃO DE BLOQUEIO PROPOSTA	RESPONSÁVEL	PRAZO	STATUS
a cilindro 5	1 1.1	Inserir rotina de inspeção na montagem do cilindro. Criar Check-List com itens a serem inspecionados na fabricação.	Nivaldo Ferretti	Imediato Imediato	CONCLUÍDO CONCLUÍDO
cilindro 5 e trinca cilindro 6	2/5	Definir versão final de desenho de detalhamento para recuperação.	Ferretti / Pontinha	21/10/2011	CONCLUÍDO
cilindro 5 e trinca cilindro 6	2.1/5	Oficializar desenho definido com matrícula.	Ferretti / Pontinha	21/10/2011	CONCLUÍDO
cilindro 5	2.2	Matricular Cilindros dos trens do térreo nas paradas semanais	Arnaldo	30/11/2011	CONCLUÍDO
cilindro 5	2.3	Avaliar e definir material e tratamento termoquímico para as pontas (divergência entre SAE 8620 e SAE 4340)	Ferretti / Pontinha	21/10/2011	CONCLUÍDO
5 e trinca cilindro 6	3/6	Estabelecer procedimentos de montagem no Dipping para cada trem	Cilindro guia Cilindro de entrada nº2 Cilindro	30/03/2012 28/10/2011 30/03/2012	CONCLUÍDO CONCLUÍDO CONCLUÍDO

			motor	Gumieiro		
			Cilindros Movidos	Roberto Gumieiro	28/10/2011	CONCLUÍDO
	3.1/6.1	Treinamento dos Srs. Morila; Adriano; Aluisio; Osmar; Pinez; João de Fátima; Rozival; Rodolfo; Abílio; Rick nos padrões de montagem:	Cilindro guia	Roberto Gumieiro	30/04/2012	CONCLUÍDO
cilindro 6			Cilindro de entrada nº2	Roberto Gumieiro	30/11/2011	CONCLUÍDO
			Cilindro motor	Roberto Gumieiro	30/04/2012	CONCLUÍDO
			Cilindros Movidos	Roberto Gumieiro	30/11/2011	CONCLUÍDO
cilindro 5	3.2/6.2	Estabelecer quais cilindros são passíveis de serem invertidos em caso de falha.	Arnaldo	Imediato	Já verificado. Não há diferença entre os cilindros em questão.	
cilindro 5 e trinca cilindro 6	4	Estabelecer estoque de pontas de cilindro no SAP conforme levantamento prévio.	Arnaldo	30/03/2012	CONCLUÍDO	
cilindro 5 e trinca cilindro 6	4.1	Levar proposta de aquisição de um cilindro tipo nº 2 conforme avaliação prévia junto ao comitê de confiabilidade do Dipping.	Fábio	10/11/2011	CONCLUÍDO (será comprado em investimento para 2013)	
cilindro 5 e trinca cilindro 6	Geral	Acompanhar ações da análise de falha junto ao trabalho de confiabilidade do Dipping	Fábio	Imediato	CONCLUÍDO	

ANEXO 10 – ANÁLISE DE FALHA - MÁQUINA DE COSTURA AUTOMÁTICA E MANUAL

RELATÓRIO ANÁLISE DE FALHA DIPPING **Quebra Mecanismo cabeçote superior máquina de costura**

Evento– nº2

DATA: 24 de novembro de 2011 e 14 de dezembro de 2011.

LOCAL: Sala Coordenação Dipping – Sala Reunião Manutenção Central.

CONVOCADOS: Arnaldo Reis (Mecânica – Industrial); Clebson Nascimento (Contr. Processo - Dipping); Fernando Ferretti (DTM - Estudos); Marcelo Xavier (DM-Planejamento); Miguel Acosta (Coord. Dipping); Fábio Becker (DTM).

PERÍODO: 13h00min às 16h00min (24/11/2011) – 09h00min às 11h00min (14/12/2011).

OBJETO: Análise de Falha Dipping – Quebra da máquina de costura automática e manual.

PERÍMETRO DE TRABALHO: Máquina de costura automática e manual - Dipping

OBJETIVO: Identificar mecanismo de falha ocorrida em evento dos dias 19/11/2011 e 20/11/2011 e propor ações de bloqueio e reparo.

Caracterização do Evento:

1º Evento: Falha na costura da máquina de costura manual.

Data: 19/11/2011

Horário: 13h00min.

Envolvidos: Basso (Dipping); Aparecido (Sub-conjunto); Miguel (Dipping).

Horário de restabelecimento: 14h00min do dia 20/11/2011

Extensão da parada: 25 horas.

2º Evento: Falha na costura da máquina de costura automática.

Data: 20/11/2011

Horário: 01h00min.

Envolvidos: Basso (Dipping); Aparecido (Sub-conjunto); Miguel (Dipping); Itamar (Sub-conjunto).

Horário de restabelecimento: 15h00min do dia 22/11/2011

Extensão da parada: 62 horas.

Perda: Produção – Ocorreu a perda de produção devido paralisação da linha em virtude da indisponibilidade das duas máquinas. O período em que não houve disponibilidade de nenhuma máquina foi entre 01h00min e 14h00min, correspondendo a 13 horas de interrupção do processo de dipagem. Registraramos uma perda de R\$ 78.000,00 associado ao evento. Valores potenciais de indisponibilidade associada ao componente da máquina de costura afetado considerariam 90 dias de reposição do item (considerando dependência exclusiva da máquina automática)

DESENVOLVIMENTO:

A reunião teve por objetivo a análise do modo de falha referente ao evento ocorrido no Dipping em 19 e 20/11/2011.

Objetivando mapear as evidências associadas a falha foi efetuada uma análise cronológica dos fatos a qual é reproduzida abaixo:

- **Análise Cronológica**

-18/11/2011 – 17h00min – Dipping trabalhando com a máquina manual – O técnico externo da máquina de costura permanecendo efetuando ajuste da máquina automática em função de novo espalhador em desenvolvimento (intervenção iniciada as 08h00min de 18/11/2011 e terminada as 01h00min do dia 19/11/2011). Encontrado forte dificuldade na regulagem da máquina com o novo espalhador e retornado o material o espalhador original para liberação do equipamento;

-19/11/2011 – Produção optou permanecer trabalhando com a máquina manual em função da máquina automática estar falhando 2 pontos;

– 13h00min – Ocorrência de falha da máquina manual –

Modo de falha: quebra do guia de ajuste do espalhador;

- 14h00min às 17h00min – Atendimento realizado pelo mantenedor Aparecido sendo identificado o modo de falha descrito acima. Produção iniciou a utilização da máquina automática mesmo com 2 costuras falhando. Identificado pelo Aparecido que o guia de ajuste do espalhador não estava apoiado completamente na base de fixação. Necessária confecção de novo guia.

-20/11/2011 – 01h00min – Ocorrência da quebra da máquina automática. Acionado o sobreaviso (Lana). Paralisação da máquina do Dipping.

- 07h00min – Aparecido iniciou a manutenção da máquina automática.

Evidências levantadas:

- Cabeçote superior da máquina de costura automática travado. Identificado maior dificuldade de restabelecimento da automática comparativamente com a manual. Alteração de foco para a liberação da máquina manual.

Ação desencadeada: Acionado sobreaviso (Lana) e confeccionado novo guia do espalhador internamente.

Máquina manual liberada para a produção as 14h00min.

-21/11/2011 – 08h00min – Chegada equipe manutenção subconjunto para atuação de reparo na máquina automática.

Evidências levantadas:

- Barra (suporte) das agulhas empenada para o lado do acumulador (Fig. 01 e 02).

-Correia sincronizadora com dentes e banda quebrados com tensores expostos, indicação de giro do motor com travado (Fig. 03 e 04).

Ação desencadeada: Trocada a barra das agulhas.

Resultado da ação: Cabeçote permaneceu travado.

Identificado o excêntrico fora do encaixe. Desmontado conjunto do comando da barra da agulha e constatado que o guia do excêntrico encontrava-se torto.

Foi constatado também a inexistência do guia do excêntrico sobressalente, cuja importação conseguiria dispor da peça em 90 dias (des. esquemático 1).

Tomada a decisão de tentar recuperar o guia danificado internamente em função da dificuldade de obtenção externa.

-22/11/2011 – 08h00min – Iniciado a montagem do cabeçote com a peça de com a guia do excêntrico recuperada internamente.

Ponto crítico para montagem: no trabalho de montagem é indispensável o estabelecimento de referências a fim de garantir a correta sequência. A primeira referência e mais importante é a necessidade de início do processo de montagem com o mecanismo no ponto morto superior do sistema excêntrico. Sem esta observação não é possível executar o trabalho.

Efetuada a regulagem do sincronismo nos mecanismos do cabeçote superior e cabeçote inferior junto ao posicionamento da correia sincronizadora. A referência é efetuada através dos sensores fixos existentes no cabeçote.

Efetuadas duas costuras com o espalhador antigo.

- 10h00min - chegada dos técnicos externos - Instalado novo espalhador e regulado o equipamento.

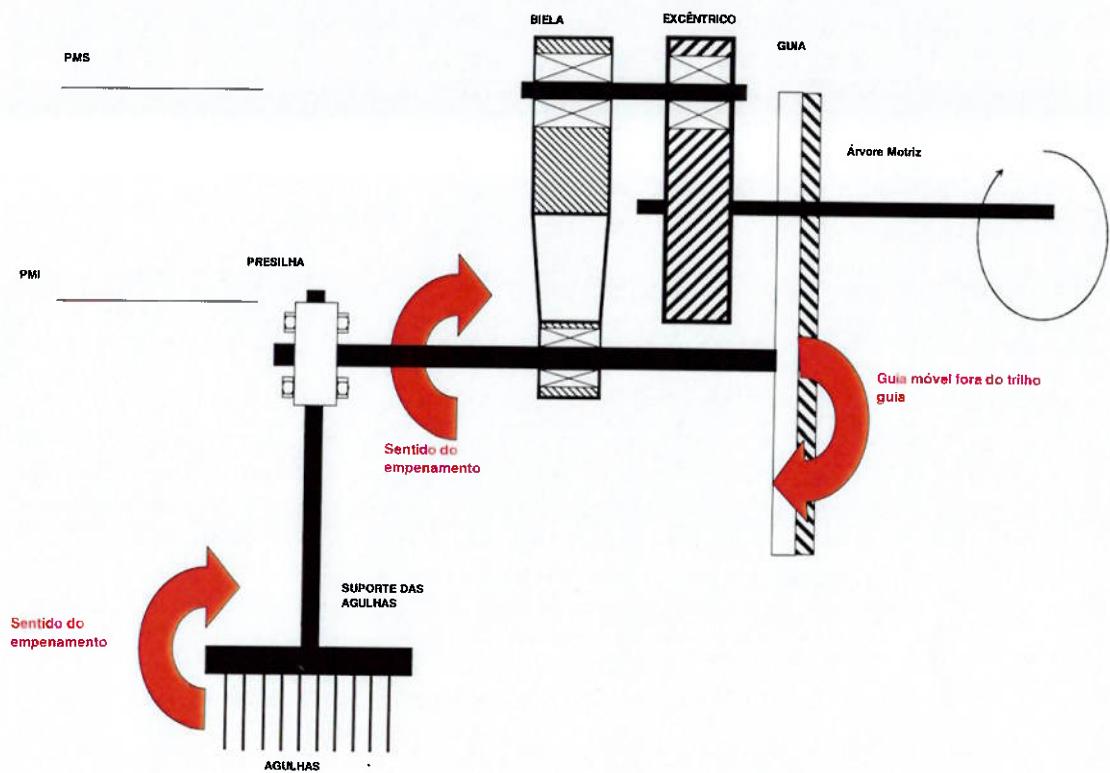
-15h00min – realização de diversos testes de funcionamento, liberado máquina automática com espalhador novo para trabalho executando 10 costuras.

- Informações adicionais

- Espalhador Nacional – espalhador original importado confeccionado em aço prata (suspeita);
 - Há consenso entre os componentes do grupo que o espalhador originalmente adquirido importado junto ao fabricante possuía melhor desempenho que o nacional (versão antiga).
- Não há guia do espalhador sobressalente devido a inexistência de histórico de dano nesse componente.
- Havendo disponibilidade do guia do espalhador sobressalente o reparo teria como tempo estimado pelos mantenedores 3 horas de intervenção (frente a 56 horas do ocorrido);
- Cabeçote inferior aparentemente normal;
- Cabeçote superior encontrado com agulhas inteiras.
- Artigo em produção dia 19/11/2011 as 13hs00min - 1400 F105
- Artigo em produção dia 20/11/2011 a 01h00min - 2100 HW90

■ Figuras e ilustrações

○ Desenho esquemático 1 - Mecanismo Acionamento Agulhas



- **Imagens**



Fig. – 1 – Empenamento barra das agulhas – máquina Automática.

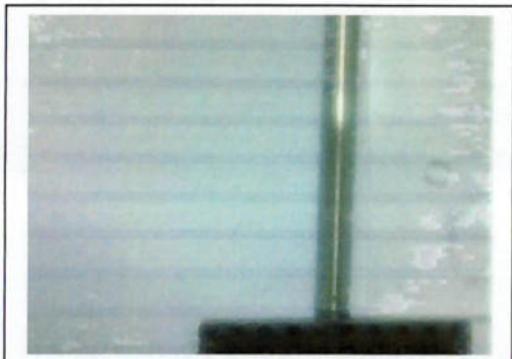


Fig. – 2 – Empenamento barra das agulhas – máquina automática



Fig. – 3 – Correia sincronizadora cabeçote superior máquina automática.



Fig. – 4 – Correia sincronizadora cabeçote superior máquina automática.

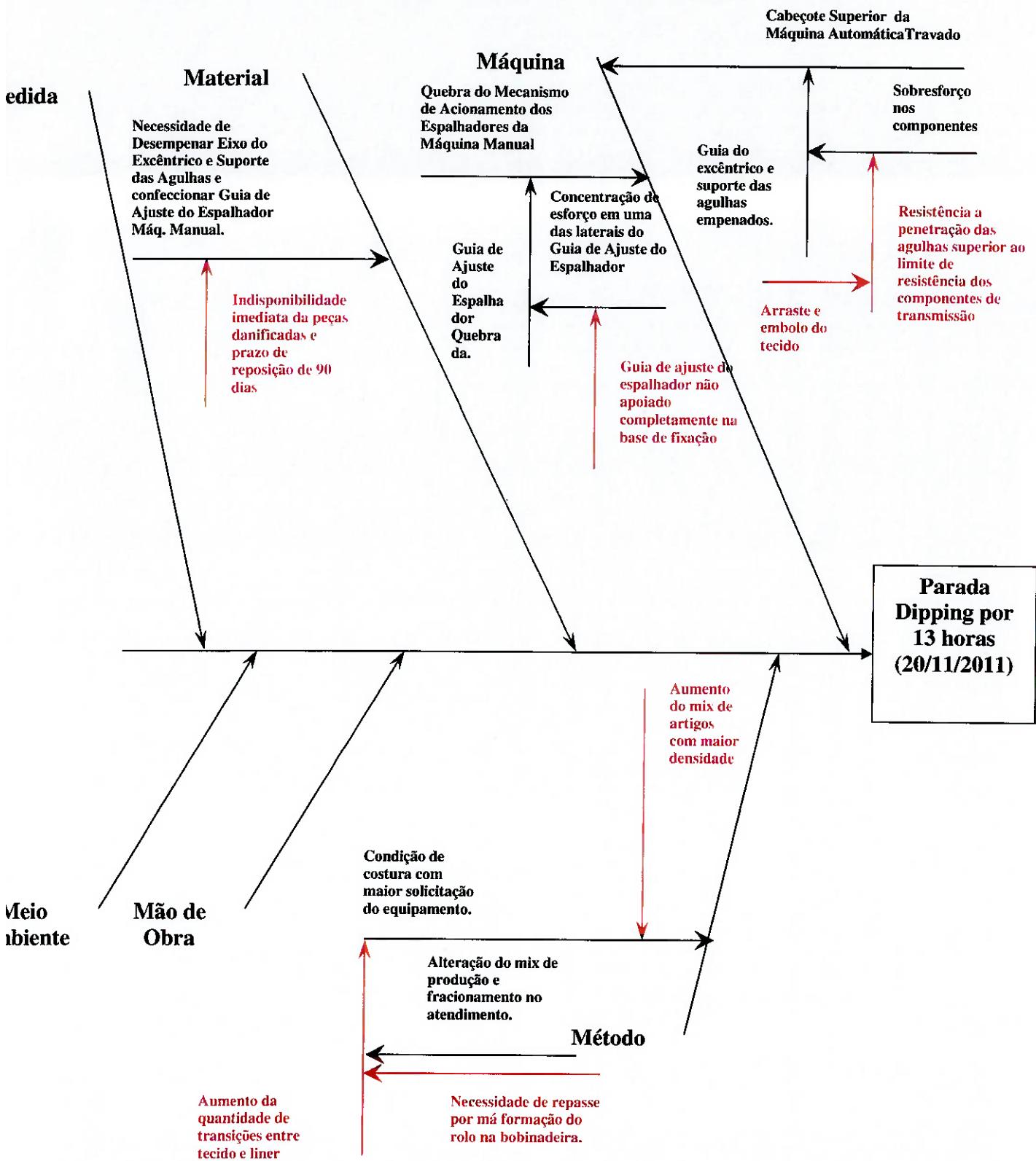


Fig. – 5 – Base de apoio do guia de ajuste do espalhador da máquina manual.



Fig. – 6 – Base de apoio do guia de ajuste do espalhador da máquina manual.

■ Diagrama de Ishikawa – Avaliação das hipóteses e prováveis causas



PLANO DE AÇÃO:

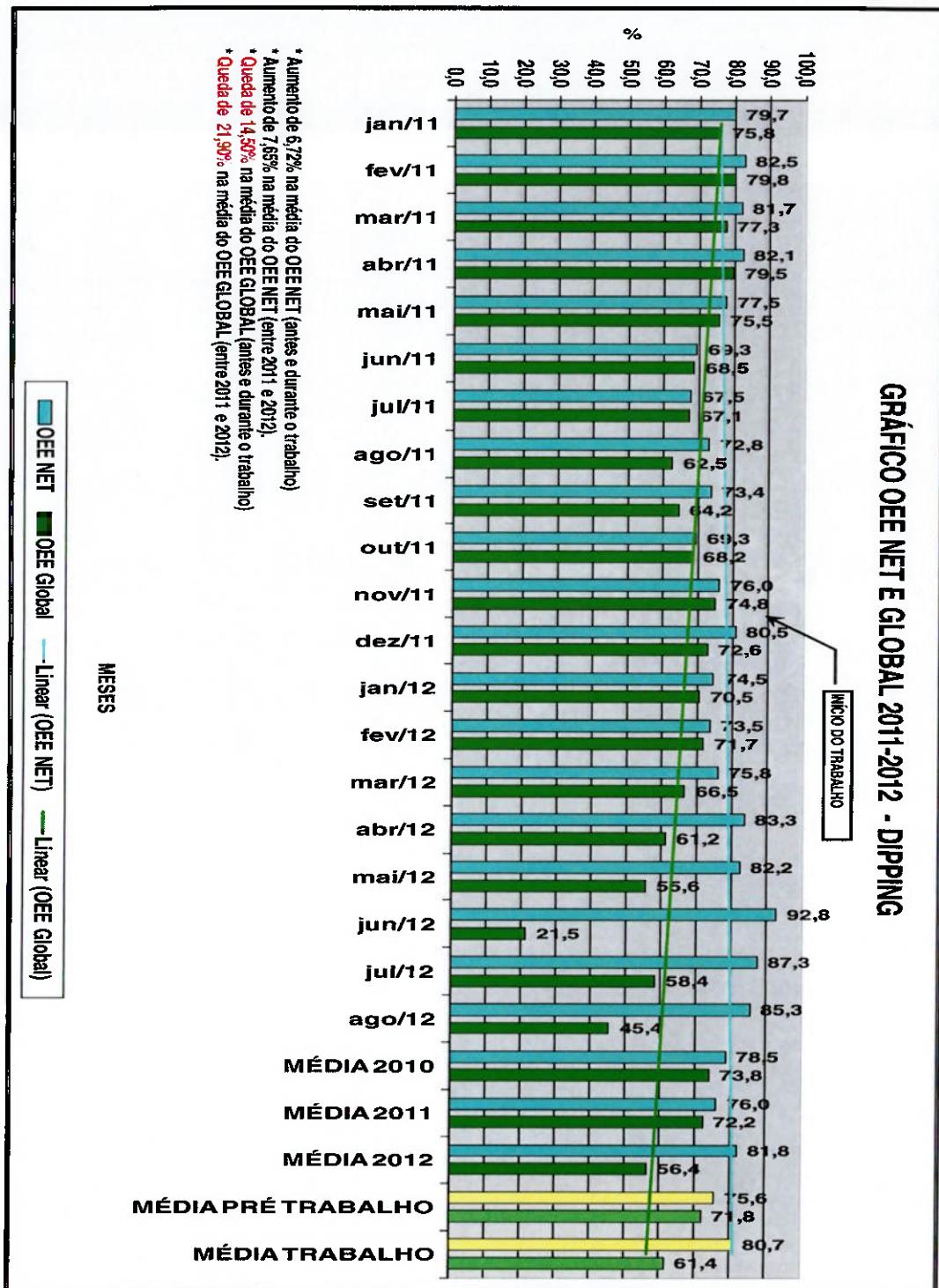
FALHA	CAUSA /HIPÓTESE IDENTIFICADA	DESCRÍÇÃO DA AÇÃO DE BLOQUEIO PROPOSTA	RESPONSÁVEL	PRAZO	STATUS
fixação do guia dos espalhadores	Indisponibilidade imediata da peças danificadas e prazo de reposição de 90 dias	Providenciar base de fixação do guia dos espalhadores e guia dos espalhadores sobressalente para máquina de costura manual	Arnaldo Reis	30/03/2012	CONCLUÍDO
fixação do guia dos espalhadores	Guia de ajuste do espalhador não apoiado completamente na base de fixação	Estabelecer padrão visual junto a máquina para verificação da condição de montagem da base de fixação e do guia do espalhador da máquina manual.	Ademil	30/03/2012	CONCLUÍDO
mecanismo do cabeçote superior da máquina automática	Indisponibilidade imediata da peças danificadas e prazo de reposição de 90 dias	Providenciar excêntrico, biela, rolamentos, suporte das agulhas , árvore motriz e eixo biela-excêntrico sobressalentes (originais).	Arnaldo Reis	30/03/2012	CONCLUÍDO
mecanismo do cabeçote superior da máquina automática	Indisponibilidade imediata da peças danificadas e prazo de reposição de 90 dias	Apresentar proposta de aquisição de cabeçote superior e inferior completos da máquina de costura automática ao comitê gestor propondo alteração da estratégia de atuação junto a mesma no caso de falhas com maior grau de dificuldade de resolução. Atuação baseada na substituição do conjunto do cabeçote superior completo e posterior ajuste e reparo em bancada.	Fábio Becker	30/01/2012	Em andamento
mecanismo do cabeçote superior da máquina automática	Resistência a penetração das agulhas superior ao limite de resistência dos componentes de transmissão.	Evoluir com estudo e desenvolvimento de formas alternativas e auxiliares ao processo de emenda liner x tecido com base em tecnologia identificada na ITMA 2011 de substituição de manchão e dobras nos tecidos por fita adesiva entre os mesmos.	Ana Delavia	30/06/2013	Em andamento
mecanismo do cabeçote superior da máquina automática	Resistência a penetração das agulhas superior ao limite de resistência dos componentes de transmissão.	Estabelecer conjunto de espalhadores, loopers, agulhas e pé calcador originais importados para montagem e teste junto a máquina de costura automática. <u>Evidência de diferenças representativas entre material nacional e material importado no que se refere a geometria e características mecânicas dos materiais.</u>	Arnaldo Reis	30/03/2012	CONCLUÍDO
mecanismo do cabeçote superior da máquina automática	Arraste e embolo do tecido	Avaliar possibilidade de uso de liner com largura igual a do tecido sendo passado, evitando enrugamento do tecido para adequação a largura do liner.	Clebson	30/03/2012	CONCLUÍDO
	Aumento do mix de artigos com maior densidade				

FALHA	CAUSA /HIPÓTESE IDENTIFICADA	DESCRÍÇÃO DA AÇÃO DE BLOQUEIO PROPOSTA	RESPONSÁVEL	PRAZO	STATUS
mechanismo do cabeçote superior da máquina automática	Arraste e embolo do tecido	Estabelecer sequência de dipagem considerando além de questões de tensão e temperatura a largura na transição entre artigos de alta densidade.	Miguel	30/03/201 2	CANCELADO (difícil implementação)
	Aumento do mix de artigos com maior densidade		Fábio Becker	30/03/201 3	Em Andamento

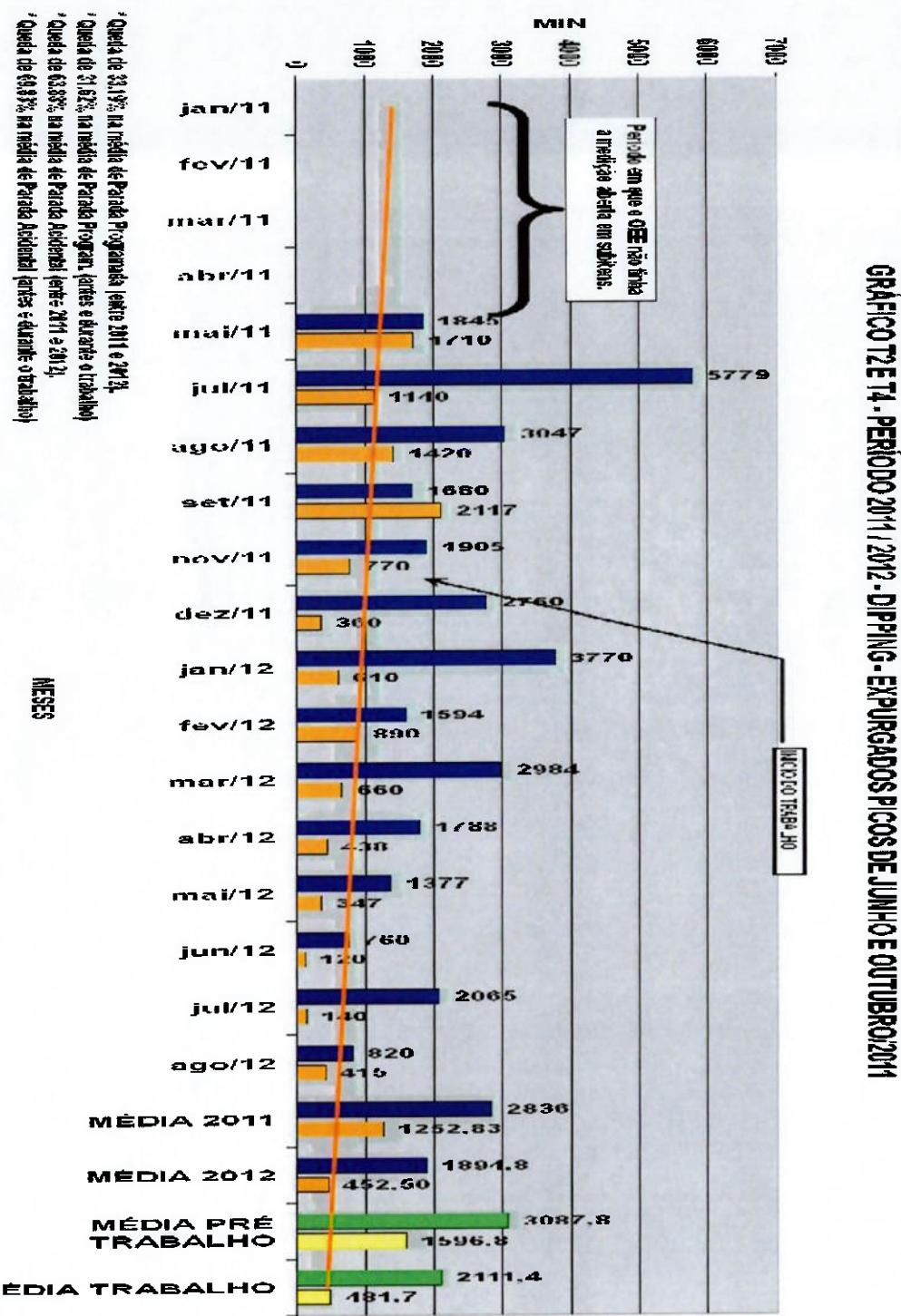
ANEXO 11 - TRECHO DO PLANO DE AÇÃO DO TRABALHO DE CONFIABILIDADE DIPPING

ITEM	ORIGEM	Nº DA AFIRMEUN	ESPECIALDADE	COMPONENTE	O QUE	QUEM	QUANDO	ONDE	COMO	PORQUE	QUANTO	STATUS	OBSERVAÇÃO
				CONJUNTO									
21	RIM	1	MECÂNICA	TANQUE 1216	Programar a limpeza dos tanques de preparo de solução do Dipping.	XAVIER	15/11/2011	DIPPING	Verificando junto ao cliente do Industria X o planejamento de limpeza.	Reduzir/eliminar nível de oxidação na parede das unguetas da prépare e linhas de transferência.	XXXXXX	OK	Outras ações emergenciais autorizadas pelo Banco X. Só tempo útil para realização de limpeza para o ano de 2012.
22	RIM	1	MECÂNICA	TANQUE 1216	Elastrar planejamento de limpeza dos tanques e linhas de preparação e transferência da Dipping.	XAVIER	30/11/2011	DIPPING	Verificando o implementado junto com a fiscalização calendarizada de limpeza elaborado em maio/2011.	Realizar/eliminar nível de oxidação na parede das unguetas da prépare e linhas de transferência.	XXXXXX	OK	Estabelecer cronograma de limpeza dos tanques para o período de 2012.
23	RIM	1	MECÂNICA	TANQUE 1216	Programar avaliação trocas de linhas de transferência que ainda não foram substituídos no que se refere a obstrução e impregnação.	XAVIER	20/01/2012	DIPPING	Verificando junto ao cliente do Industria X demanda de troca de linhas de transferência e realização da intervenção corretiva.	Para avaliar nível de obstrução das linhas que ainda não foram substituídas e o problema se dê em trechos totais ou apenas em curvas e de junções entre manudos duplos informar para a comissão de troca rápida e detalhado sobre configuração da tubulação.	XXXXXX	CANCELADO (NÃO CONDUZIDO PELA AREA)	Verificar e revisar as soluções indicadas para o problema em questão.
27	RIM	2	MECÂNICA	LO LUXA - EXPANSOR 3	Desempenhar o eixo do roto iria.	XAVIER	20/01/2011	SUB CONJUNTO	Envolvendo o motorista para o desmonte para poder ser desmontado e realizada a remoção da estrutura do eixo.	Grafar material sobre assunto do eixo (lixas para substituição em futuras ocorrências).	XXXXXX	ATRASADO	Xavier na verificação de rotina de GM verificou que o eixo estava com excesso de óleo.
40	RIM	4	MECÂNICA	TACAO DE DIPING	Programar a confecção de regulador de pressão da bomba de transferência de solução da H3111 contra impacto dos airames do fiori.	XAVIER	30/12/2011	DIPPING	Verificando melhor posição para impedir impactos sobre a manopla e corpo da válvula e manterando o desmontamento material e peças para o trabalho.	Evitar que a válvula seja danificada em função das batidas sobre a manopla.	XXXXXX	OK	Motivada a proposta de revisão.
43	RIM	3	ELÉTRICA	EXPANSOR 3	Programar a confecção de anteparo para proteção do sensor H3111 contra impacto dos airames do fiori.	XAVIER	20/12/2011	DIPPING	Programando a montagem do sensor durante uma parada programada com o objetivo de impedir que o sensor rebote o impacto das unhas durante passagem do recompacto do sensor fiori realizando um seu desmontamento.	Impedir o desmontamento entre a hora endereça a hora.	XXXXXX	OK	

ANEXO 12 - GRÁFICO DO OEE NET E GLOBAL DO DIPPING 2011-2012 E PRÉ E DURANTE O TRABALHO

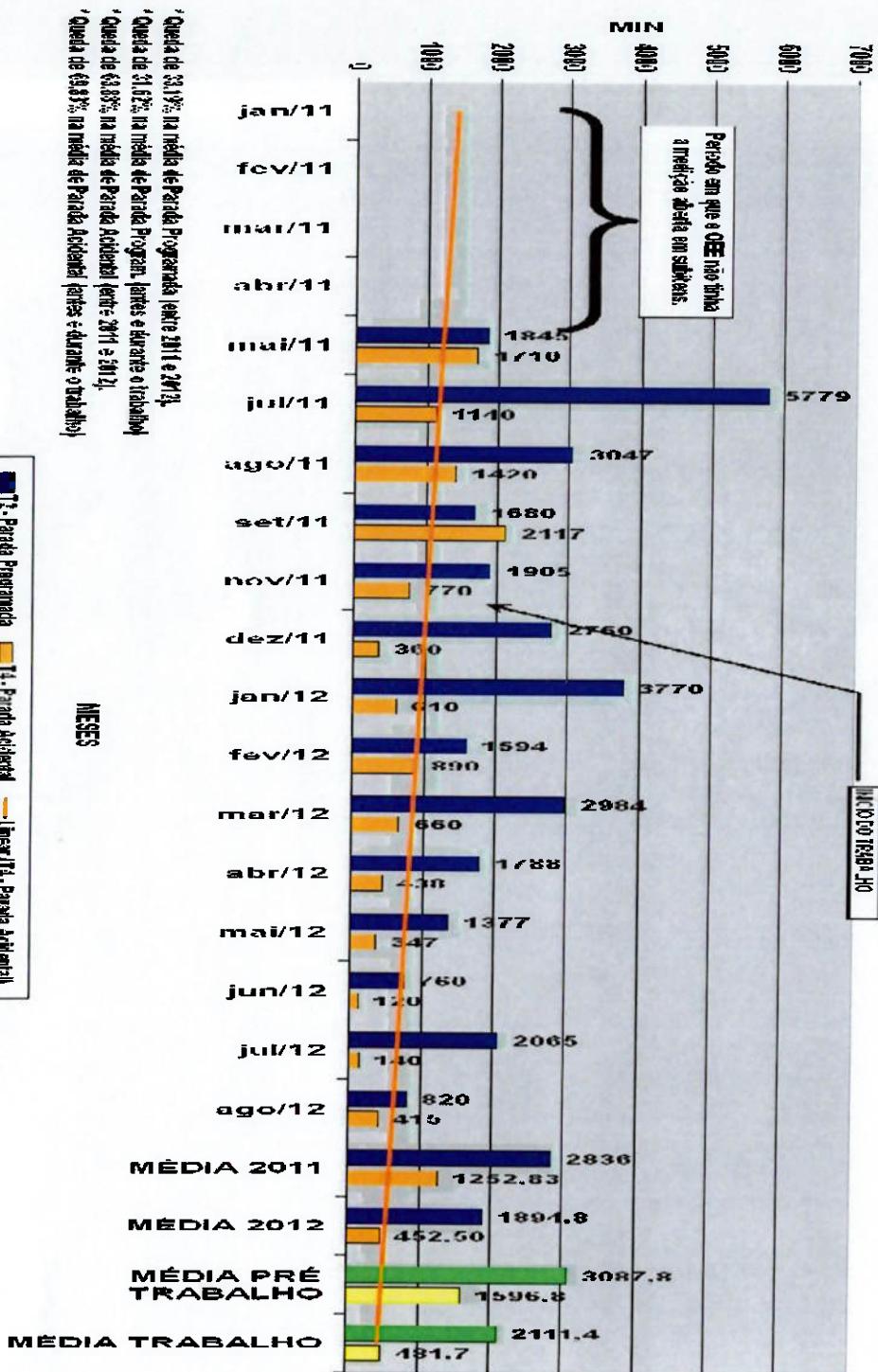


ANEXO 13 - GRÁFICO DO TEMPO MANUTENÇÃO PROGRAMADA T2 CORRETIVA T4 DIPPING 2001-2012 E PRÉ E DURANTE TRABALHO



ANEXO 13 - GRÁFICO DO TEMPO MANUTENÇÃO PROGRAMADA T2 CORRETIVA T4 DIPPING 2001-2012 E PRÉ E DURANTE TRABALHO

GRÁFICO T2/T4 - PERÍODO 2011/2012 - DIPPING - EXPURGADOS PICSOS DE JUNHO E OUTUBRO/2011



ANEXO 14 - GRÁFICO DOS DADOS DE FALHA DIÁRIOS DO DIPPING; TEMPO DE FALHA, TEMPO DE RETORNO A OPERAÇÃO, TEMPO DE REPARO E TEMPO ENTRE FALHAS - 28/10/2011 À 23/01/2012

