

ALISSON ROCHA

7902  
R.M.

IMPLANTAÇÃO DE NOVA POLÍTICA  
DE MANUTENÇÃO EM UMA  
INDÚSTRIA DE PROCESSOS QUÍMICOS

São Paulo  
2012

ALISSON ROCHA

IMPLANTAÇÃO DE NOVA POLÍTICA  
DE MANUTENÇÃO EM UMA  
INDÚSTRIA DE PROCESSOS QUÍMICOS

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

Área de Concentração:  
Engenharia e Gestão da Manufatura e da  
Manutenção.

Orientador:  
Prof. Dr. Gilberto Francisco Martha Souza

São Paulo  
2012

## RESUMO

A evolução das técnicas de gerenciamento da manutenção nos últimos 70 anos é notável. Em diferentes partes do mundo estas técnicas têm sido aplicadas como importantes ferramentas para o aumento de competitividade nas indústrias. A manutenção moderna tende a estar integrada às outras funções da empresa para que, gerenciada de forma estratégica, possa contribuir efetivamente para a melhora dos resultados empresariais. O atual trabalho visa demonstrar os benefícios imediatos da adoção de técnicas básicas de melhoria da manutenção em uma indústria do ramo químico, onde se adotaram técnicas de manutenção preventiva, em detrimento de uma abordagem puramente corretiva, para dois grupos de equipamentos considerados críticos para a produção.

**Palavras-chave:** Engenharia. Manutenção (Política). Administração da Qualidade. Administração de Risco.

## ABSTRACT

The evolution in maintenance techniques over the last 70 years is quite notable. Around the world these techniques have been used as important tools for competitiveness increase in several industries. Modern maintenance tends to be integrated to other functions inside a company, so it can be strategic planned in order to contribute effectively to the improvement of business results. This work aims to show the immediate benefits of implementing basic improved techniques in a chemical company that adopted preventive maintenance, instead of a purely corrective approach, for two critical groups of equipment.

**Keywords:** Engineering. Maintenance Politics. Quality Management. Risk Management.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Organograma da organização.....   | 9  |
| Figura 2: Evolução das técnicas de manutenção (ROSA, 2006) .....                          | 18 |
| Figura 3:Diagrama de Blocos da manutenção corretiva.....                                  | 21 |
| Figura 4: Efeito da Manutenção Preventiva sobre a confiabilidade (HIDALGO, 2010)<br>..... | 24 |
| Figura 5: Diagrama de Blocos da manutenção preventiva (FIDALGO, 2007) .....               | 25 |
| Figura 6:Curva de tendência de um parâmetro medido (TEIXEIRA, 2008) .....                 | 26 |
| Figura 7:Diagrama de Blocos da manutenção preditiva (FIDALGO, 2007).....                  | 28 |
| Figura 8: Fluxograma das SSM's.....   | 30 |
| Figura 9: Passos para mapeamento completo de equipamentos críticos .....                  | 37 |
| Figura 10:Empilhadeira Yale modelo Veracitor 050 .....                                    | 42 |
| Figura 11: Sala de Utilidades 2 – Compressores e Geradores de N2.....                     | 45 |
| Figura 12:Compressor de ar Atlas Copco GA 707 .....                                       | 47 |
| Figura 13:Compressor de ar Atlas Copco GA50VSD.....                                       | 48 |
| Figura 14: Compressor de ar Ingersoll Rand P600 a diesel .....                            | 48 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1: Dados das empilhadeiras que compõem a frota da empresa.....   | 40 |
| Tabela 2: Comparação entre estratégia de manutenção corretiva versus estratégia de manutenção preventiva com inspeção diária para empilhadeiras.....              | 49 |
| Tabela 3: Comparação entre estratégia de manutenção corretiva não planejada versus estratégia de manutenção preventiva com inspeção diária para compressores..... | 51 |

# SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 Considerações Iniciais.....  | 1         |
| 1.2 Objetivos.....   | 2         |
| 1.3 Metodologia .....  | 3         |
| 1.4 Caracterização da Organização .....                                      | 4         |
| 1.4.1 Corporação .....   | 4         |
| 1.4.2 A Empresa .....  | 6         |
| 1.4.3 Manutenção .....   | 7         |
| <b>CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                              | <b>13</b> |
| 2.1 A Função Manutenção.....   | 13        |
| 2.2 História da Manutenção .....   | 16        |
| 2.3 Tipos de Manutenção .....  | 19        |
| 2.3.1 Manutenção Corretiva.....  | 19        |
| 2.3.2 Manutenção Preventiva .....  | 22        |
| 2.3.3 Manutenção Preditiva .....   | 25        |
| <b>CAPÍTULO 3 GERENCIAMENTO ATUAL DAS ATIVIDADES DE<br/>MANUTENÇÃO .....</b> | <b>29</b> |
| <b>CAPÍTULO 4 – ADOÇÃO DE UMA NOVA POSTURA.....</b>                          | <b>33</b> |
| 4.1 Traçando o Plano de Melhoria da Manutenção .....                         | 33        |
| 4.2 Empilhadeiras .....  | 39        |
| 4.3 Compressores.....  | 43        |
| <b>CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO E RESULTADOS .....</b>                             | <b>49</b> |
| <b>CAPÍTULO 6 –CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....</b>                               | <b>53</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                       | <b>57</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>59</b> |

# CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

A importância em se gerir as atividades de manutenção de forma estratégica para se atingir a excelência operacional, no atual cenário de uma economia altamente competitiva e globalizada, foi destacada por diversos autores como Kardec e Nascif (2009), Campbell e Reyes-Picknell (2006), Nyman e Levitt (2002), . Uma grande evolução ocorreu desde a 2ª Guerra Mundial no que tange ao gerenciamento das atividades de manutenção. Teixeira (2008) sustenta que tais evoluções podem ser divididas em quatro gerações:

- Primeira Geração (1940-1950): caracterizada por técnicas puramente corretivas, onde o conserto após a quebra é a atividade principal.

- Segunda Geração (1950-1980): caracterizada pela introdução e implantação da manutenção preventiva e a manutenção baseada em tempo.

- Terceira Geração (1980-2000): caracterizada pela implantação da manutenção baseada em condição, na filosofia MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade) e no aumento da pró-atividade.

- Quarta Geração (2000-presente): caracterizada pela manutenção e inspeção baseada em risco, monitoramento baseado na condição e sistemas informatizados de gerenciamento das atividades de manutenção.

A implantação destas técnicas e métodos, desenvolvidos basicamente nos países industrializados, podem ser um importante fator de competitividade para que uma empresa atinja seus objetivos empresariais. No entanto, não é incomum encontrar nos dias de hoje, empresas no Brasil que ainda gerenciam suas atividades

de manutenção baseadas na filosofia da 1ª geração, seja por falta de recursos, seja por falta de conhecimento.

As empresas com manutenção baseada na 1ª geração têm um grande desafio a sua frente para se atualizarem e adotarem melhores práticas, e este não é um processo rápido e nem simples, existe hoje muita informação disponível para que estas adotem as técnicas que melhor se encaixam em sua estratégia para que alcancem os seus objetivos. Em outras palavras, é possível mesclar o melhor de cada geração de forma a alinhar a estratégia de manutenção ao plano da produção, e em escala maior à estratégia da organização.

De acordo com Carazas (2011), o próximo passo na evolução da manutenção deverá ser incorporar conceitos de análise de risco nos planos de manutenção, o que está em total alinhamento com a estratégia global da empresa a ser estudada.

## **1.2 Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo geral a melhoria do desempenho das atividades de manutenção de uma unidade fabril do ramo químico.

Pretende-se demonstrar como a adoção das técnicas de manutenção preventiva e preditiva é importante para se melhorar o desempenho das atividades de manutenção e de operação de uma indústria que ainda está “parada no tempo”, praticando somente a manutenção corretiva.

O trabalho pretende expor quais os benefícios gerados através da modernização das técnicas adotadas para se manter os equipamentos que são considerados críticos para a produção, em especial redução de paradas, aumento de disponibilidade e redução dos custos de manutenção e operação.

### 1.3 Metodologia

O trabalho irá situar e detalhar o cenário atual da manutenção na empresa, identificar seus pontos fracos a serem supridos e pontos fortes a serem mantidos. Investigará a atividade de manutenção dentro da organização e sua importância para que a empresa atinja seus objetivos de produção, qualidade e HSE&S (Segurança, Saúde e Meio Ambiente).

Uma vez detalhado o cenário atual, como primeiro passo na mudança da filosofia adotada, será elaborado um plano de longo prazo para que seja feita uma análise criteriosa dos processos da unidade com o objetivo de se identificar quais são os equipamentos críticos para cada um deles.

Para se identificar os equipamentos realmente críticos, este plano de ação deverá levar em consideração os procedimentos corporativos atualmente sendo implantados, bem como os aspectos de produção, de segurança e de meio ambiente, para que sejam elaboradas as estratégias de manutenção de todos os itens considerados como críticos.

Desta forma será dado um direcionamento para a atividade de manutenção concentrar esforços nos equipamentos realmente importantes, o que hoje é feito de maneira informal e não sistematizada. Este é o primeiro passo para se mudar a abordagem da função manutenção na empresa.

Com os equipamentos críticos identificados, serão elaborados os planos de manutenção e inspeção com base nas particularidades operacionais de cada um. Aqui ocorrerá a principal mudança na forma como a manutenção é executada, já que devem ser propostos planos de manutenção preventiva e manutenção preditiva, hoje não utilizados.

Devido à complexidade e enorme variedade de equipamentos da planta, o estudo será limitado a uma análise dos ganhos obtidos com a implantação de planos

de manutenção preventiva para dois equipamentos considerados muito críticos. O intuito é mostrar o enorme potencial de ganho quando o programa abranger todos os equipamentos críticos da planta. É preciso ter em mente que o plano é de longo prazo devido a sua enorme abrangência e necessidade de mudança de mentalidade para que seja tirado do papel.

Todas estas mudanças deverão ser acompanhadas de um plano de atualização técnica e qualificação da equipe de manutenção, para que o conhecimento dos mantenedores evolua junto com a nova filosofia adotada.

Outro fator importante e que influi no escopo do trabalho é a adoção de uma ferramenta global para promover a melhoria contínua como cultura máxima em todos os processos da empresa. Tal ferramenta está em fase inicial de implantação e possui nove linhas específicas de trabalho, onde a proteção de ativos, cujo principal foco é a melhoria da manutenção, e a manutenção autônoma, são duas destas linhas. Será exposto de forma breve a metodologia da ferramenta e como espera-se que ela se encaixe no plano de melhoria de manutenção do site.

Finalmente serão apresentados quais os próximos passos necessários, como a adoção de indicadores de desempenho que deverão medir quão efetivas as mudanças do programa serão para a organização. A adoção de indicadores de classe mundial permitirá a comparação com o resto do mundo, e também permitirá estabelecer objetivos de forma mais direcionada a estratégia da organização, o que hoje não ocorre.

## **1.4 Caracterização da Organização**

### **1.4.1 Corporação**

A organização é uma indústria do ramo químico, parte de um grupo multinacional presente em mais de 80 países, e que emprega cerca de 55.000 pessoas. É dividida em três grandes áreas de negócio, descritas a seguir:

- Tintas decorativas

Segmento no qual a empresa é líder de mercado globalmente. Trata-se das tintas utilizadas na pintura de edifícios, construções e estruturas, onde o principal slogan do negócio é trazer cor para a vida das pessoas.

- Especialidades químicas

Segmento em que a empresa é líder em várias frentes, que abrangem produtos utilizados em diversos segmentos, de sorvetes, produtos cosméticos e detergentes a asfalto, plásticos e papel. É uma divisão abrangente que se subdivide em:

- Química de superfície
  - Químicos funcionais
  - Químicos industriais
  - Papel e celulose
- 
- Revestimentos de alta performance

Segmento no qual a empresa é líder em várias frentes, fornece produtos para diversas indústrias como automotiva, marítima e embalagens.

É subdividida nas seguintes unidades de negócio:

- Repintura automotiva e aeroespacial
- Tintas e protetores marítimos
- Tintas em pó
- Revestimentos industriais
- Adesivos e revestimento para madeira

## 1.4.2 A Empresa

A unidade produtiva a ser estudada é parte do segmento de Revestimentos de Alta Performance, divisão Revestimentos Industriais, subdivisão Revestimentos para Embalagens. A unidade produz e comercializa vernizes e tintas para o segmento de embalagens metálicas, que são utilizadas nos mercados de bebidas, alimentos (como vegetais, cereais, peixes, tomates, etc.) e outros mercados que utilizam latas de aço e/ou alumínio. Esta unidade da empresa é a única desta subdivisão do negócio na região (América do Sul).

Esta empresa foi fundada em 1954, emprega cerca de 150 pessoas, tem uma área de 39.000 m<sup>2</sup> e área construída de 18.000 m<sup>2</sup>.

Existem duas unidades de produção principais, a fábrica de tintas e a fábrica de resinas, separadas fisicamente dentro da planta, mas conectadas pelo processo já que a fábrica de resinas produz muitos dos intermediários utilizados na fábrica de tintas.

Principais características da planta de tintas:

- Equipamentos e instalações antigas;
- Mantém o conceito original de projeto para produção de grandes bateladas, embora o mercado atual exija a produção de lotes muito menores que outrora;
- Planta bastante flexível (tanques com diferentes volumes);
- Pouca automação, muita operação manual.
- Volume de produção da ordem de 500.000 litros/mês;

Principais características da planta de resinas:

- Equipamentos e instalações antigas;
- Possui dez reatores industriais, a maioria utilizada desde a fundação do site;

- Planta bastante complexa, fabrica uma grande variedade de resinas, possivelmente uma das fábricas de resinas mais complexas do mundo;
- Pouca automação, muita operação manual e dificultosa devido à complexidade da planta;
- Volume de produção da ordem de 1.300.000 litros/mês.

A empresa possui as certificações ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18000.

### **1.4.3 Manutenção**

O departamento responsável pela gestão e execução das atividades de manutenção da planta é o Departamento de Engenharia e Manutenção. Este departamento está subordinado à Gerência de Operações, que também responde pelas áreas de HSE&S (segurança, saúde e meio ambiente), Qualidade, Processos, Logística e Produção.

Esta é a primeira característica a ser destacada da função Manutenção, que geralmente está diretamente ligada à função Produção e não à Engenharia. Tal característica acaba por distanciar a função Manutenção do seu principal cliente se atenção especial não for dada a esta particularidade organizacional. Rosa (2006) afirma que não é desejável que as funções manutenção e produção sejam consideradas isoladamente. Também destaca que é importante que ambas sejam planejadas em uma base unificada com o objetivo de obter o menor custo global. Atualmente é notável a dificuldade de comunicação e planejamento de atividades entre as duas áreas. Não é incomum que falhas de comunicação acabem por resultar em retrabalhos e re-agendamentos que atrapalham o planejamento e o cronograma das atividades, gerando diversos atrasos na entrega de serviços e conseqüentemente diminuindo a eficiência operacional da planta. Também é notável a divergência na definição de prioridades entre as áreas, o que acaba por expor uma falha estratégica que deve ser corrigida através de uma maior integração entre elas, e em um plano maior entre as áreas que fazem parte da função Operações.

Por outro lado, a proximidade com a função Engenharia faz com que os projetos de novas instalações tenham grande envolvimento dos mantenedores, o que deve ser aproveitado ao máximo para que durante a fase conceitual de novos projetos, aspectos importantes de manutenção sejam previstos e falhas precoces sejam evitadas.

O Departamento de Engenharia & Manutenção tem atualmente treze colaboradores e sua estrutura é dividida conforme abaixo:

- Chefe de Engenharia e Manutenção;
  - Analista de PCM;
  - Engenheiro de Projetos;
  - Encarregado de Manutenção;
    - 4 Mecânicos;
    - 5 Eletricistas;

Além dos treze funcionários, dispõe de um ajudante e um pedreiro, ambos terceirizados, e que respondem diretamente ao Encarregado de Manutenção, como os mecânicos e eletricitistas.

Na figura 1 é apresentado o organograma da organização, localizando os profissionais citados acima dentro da estrutura geral do negócio, e sua ligação até o gerente de negócios que responde pela planta.

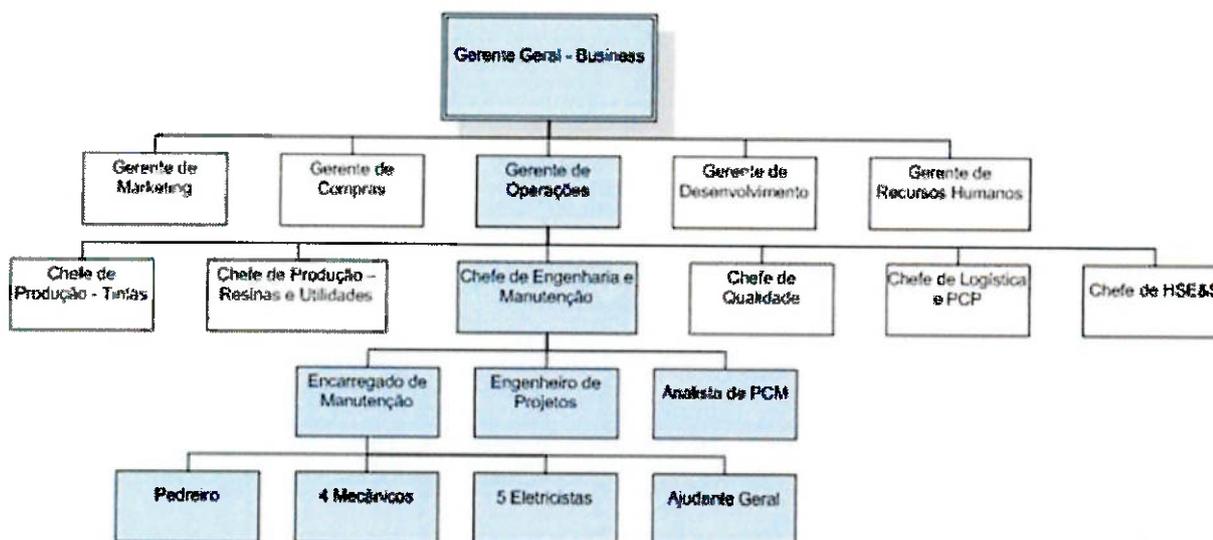


Figura 1: Organograma da organização

A gestão dos recursos humanos dentro do departamento é limitada em termos de atualização tecnológica e qualificação, principalmente devido à escassez de recursos destinados a treinamento. Atualmente os colaboradores participam de muitos cursos ligados à área de segurança, onde as NR's exigem constantes reciclagens nos temas de segurança em eletricidade, trabalho em altura, espaço confinado, operação de vasos de pressão, entre outros. Não sobra muito tempo nem recursos para qualificar e atualizar os mantenedores em assuntos técnicos ligados às áreas de mecânica e elétrica, e que estão mais diretamente relacionados às suas atividades. Este problema é levemente minimizado pelo fato de a equipe ser bastante experiente, onde a maioria dos colaboradores trabalha na empresa faz mais de quinze anos. Entretanto, o assunto também exige atenção especial, já que com a atualização do modelo de gestão e com a perspectiva de atualização tecnológica da unidade produtiva nos próximos anos, será fundamental a adoção de uma política rígida de treinamentos para os mantenedores.

Mesmo com as dificuldades citadas acima, o nível de engajamento dos colaboradores do departamento é tido como dos mais altos dentro da unidade. O fato é suportado por uma pesquisa realizada semestralmente em escala global dentro da organização, e que mede o nível de engajamento de todas as equipes dentro do grupo, e onde por três anos seguidos a equipe manteve um escore

bastante elevado. O fato também é reconhecido por outras equipes de outros departamentos e é freqüentemente destacado nas reuniões gerenciais.

Semanalmente a equipe de supervisão (chefe de engenharia e manutenção, encarregado de manutenção, analista de PCM e engenheiro de projetos) reúne-se por cerca de duas horas para discutir e alinhar as atividades, bem como fazer follow up dos planos de ação. Mensalmente toda a equipe do departamento (desta vez incluindo os mantenedores) é reunida para que todos tenham a chance de propor melhorias nas atividades e discutir assuntos relacionados ao departamento. Esta foi uma ação que nasceu da pesquisa de engajamento e que visa abrir os canais de comunicação para todos da equipe, bem como para divulgar e alinhar estratégias da organização para que informações importantes sejam transmitidas ao chão de fábrica.

Destas reuniões é gerada uma ata que posteriormente é enviada para todos da equipe, bem como para a gerência de operações e para as chefias das outras áreas, com o intuito de promover o máximo de transparência nas diversas atividades que estão sendo realizadas. Desta forma os chefes das outras áreas, que incluem os principais clientes da manutenção, têm a oportunidade de facilmente visualizar quais atividades estão em pauta e quais atividades estão sendo priorizadas, e estes têm a chance de rapidamente intervir e alertar a equipe de Manutenção que atenção especial deve ser dada a um tema ou assunto específico.

As outras atividades coordenadas pelo departamento são basicamente de engenharia e gerenciamento de projetos, onde o mesmo é responsável por gerenciar todos os projetos de melhoria da unidade que demandam investimento de capital (projetos de CAPEX), sejam eles industriais ou não, além das atividades de manutenção corretiva.

Não está implantada de forma consistente e sistematizada a prática da manutenção preventiva, bem como da manutenção preditiva. Por ter como principal característica a existência de muitos equipamentos e instalações antigas, as

necessidades de manutenção corretiva da fábrica são constantes e repetitivas, daí a dificuldade histórica em se implantar uma filosofia mais moderna de manutenção.

As atividades são gerenciadas utilizando-se diferentes ferramentas, como uma base desenvolvida internamente pelo Departamento de TI (Tecnologia da Informação). O departamento carece de um software dedicado e integrado para fazer a gestão das atividades, o que demanda um tempo valioso, principalmente do Analista de PCM e do Encarregado de Manutenção, além da equipe de campo, que devem fazer constantes atualizações em ambientes virtuais diferentes. Este tempo que o sistema atual requer para gerenciamento, poderia ser mais bem aproveitado se o departamento dispusesse de um software dedicado. Isto acaba por dificultar a implantação de atividades que requerem facilidade no acesso das informações para análises mais minuciosas, e que podem gerar novas informações valiosas para o planejamento, como uma avaliação crítica periódica das ordens corretivas para se identificar problemas recorrentes e crônicos de manutenção por exemplo.

O sistema não permite um controle simplificado das ordens de serviço e por isso não é possível extrair informações como disponibilidade, MTBF (*Mean Time Between Failures* – Tempo Médio Entre Falhas) ou MTTR (*Mean Time to Repair* – Tempo Médio para Reparo) para os equipamentos e instalações. É preciso acessar as ordens individualmente e montar planilhas no *Excel* para levantar estas informações, o que demanda grande esforço administrativo. Além das informações não serem muito precisas, já que a entrada de ordens de serviço pode ser feita por praticamente qualquer pessoa dentro da planta, e muitas vezes as informações são carregadas erradas no sistema.

Atualmente, o desempenho das atividades não é medido por indicadores eficazes, como: disponibilidade, manutenibilidade, MTBF ou MTTR. Apenas faz-se o acompanhamento da porcentagem de ordens corretivas atendidas dentro do prazo de 30 dias, onde a média é de 87% de atendimento contra uma meta de 85,5%.

Os atuais requisitos do negócio fazem com que uma nova abordagem de manutenção seja implantada na unidade para se garantir os níveis de exigência dos

clientes, tendo como primeiro passo identificar uma metodologia consistente para se determinar quais são os equipamentos e instalações críticas, e a partir daí elaborar um plano de manutenção adequado para os mesmos, de modo que estes operem dentro de suas especificações.

Outro fator importante, e que motiva a adoção de uma nova direção para as atividades de manutenção é o fato de a organização estar se integrando cada vez mais em uma escala global, e padronizando melhores práticas e processos. Recentemente foi divulgado um plano ambicioso de se aumentar a eficiência operacional de todos os negócios do grupo, o que deverá gerar a necessidade de se adotar práticas cada vez mais modernas de gestão, seguindo benchmarks bem estabelecidos em todas as áreas, inclusive na Manutenção.

Alguns destes padrões serão utilizados como guia para a fase inicial de implantação, já que a nova filosofia deverá estar integralmente alinhada a estes requisitos corporativos.

## CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A Função Manutenção

A palavra manutenção, derivada do latim *manus tenere* (manter o que se tem) pode ter diferentes significados para pessoas e empresas.

Segundo Kardec e Nascif (2009), existe um conceito errôneo, mas ainda predominante de manutenção, onde a manutenção deve sempre restabelecer as condições originais dos equipamentos. Muitas empresas ainda encaram a função manutenção pensando basicamente neste conceito.

Esta definição simplista da função manutenção não é adequada aos atuais requisitos de competitividade, principalmente de empresas que operam globalmente e que enfrentam a concorrência de outras empresas também globais em diferentes mercados, empresas estas altamente competitivas e que adotam as mais modernas práticas gerenciais. Para tais empresas, a função manutenção vai muito além de simplesmente buscar restabelecer condições originais de equipamentos que falham aleatoriamente.

Para a norma NBR-5462 (ABNT): “A manutenção é indicada como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.”

Nota-se que o foco não é mais a preservação do equipamento simplesmente, mas sim a preservação da função do mesmo.

A função manutenção é peça fundamental para garantir a adequada confiabilidade e disponibilidade de equipamentos e instalações, de modo a atender ao programa da produção, com segurança, preservação do meio ambiente e custos baixos (Kardec e Nascif, 2009).

Segundo Monchy apud Rosa (2006) a função manutenção vem ganhando cada vez mais espaço dentro do organograma de empresas de produção de bens e serviços, e que a função ainda tem o objetivo de preservar os altos investimentos feitos nas instalações, garantindo a confiabilidade e a qualidade dos serviços, afetando de forma significativa o desempenho global da organização.

Rosa (2006) sustenta que a função manutenção deve alavancar os cinco elementos básicos de competitividade propostos por Slack (2009), para que possa contribuir de forma significativa para o desempenho da empresa.

Os cinco fatores de competitividade propostos por Slack (2009) são:

- **Qualidade:** entregar bens ou serviços dentro das especificações ou dentro da necessidade dos clientes, sem cometer erros.
- **Velocidade:** é o tempo que se inicia na primeira operação do processo produtivo e termina quando o produto é entregue ao cliente.
- **Confiabilidade:** produzir e entregar os bens e serviços no tempo certo, cumprindo totalmente o que foi comunicado ao cliente.
- **Flexibilidade:** ser capaz de atender a mudanças em produtos e serviços, volumes, prazos, ampliação de variedades, ou seja, ser apto a atender o mercado ou o cliente interno diante de mudanças diversas, com rapidez e eficiência.
- **Custos:** ser capaz de entregar os níveis de qualidade, flexibilidade, confiabilidade e velocidade necessários ao negócio com o menor custo possível, maximizando o lucro ou permitindo diminuir o preço dos produtos e serviços.

A manutenção, se gerida de forma estratégica, pode contribuir significativamente para a melhoria dos cinco fatores citados acima:

- **Qualidade:** manter os ativos da empresa prontos para operar dentro de suas características técnicas específicas significa eliminar o risco de que os mesmos venham a afetar a qualidade dos produtos e serviços, aumentando a reprodutibilidade dos mesmos, e aumentando, portanto a padronização.
- **Velocidade:** manter os ativos operando corretamente e sem interrupções não planejadas significa que a operação como um todo poderá entregar produtos e serviços com o máximo de rapidez possível. Paradas não planejadas diminuem consideravelmente a eficiência e a velocidade das operações. A manutenção bem planejada e estudada também permite a redução dos tempos de set up, agilizando a entrega dos serviços internos e conseqüentemente da operação global.
- **Confiabilidade:** a confiabilidade das operações internas são tão importantes quanto a confiabilidade externa da empresa. A manutenção, como provedora de serviços a clientes internos de uma organização, deve garantir a execução destes serviços no tempo correto e com a eficiência correta, de forma a não interferir negativamente na confiabilidade da empresa como um todo. Com a adequada confiabilidade dos ativos, a manutenção contribui para economizar dinheiro, tempo e aumentar a estabilidade da operação.
- **Flexibilidade:** a disponibilidade dos ativos da empresa é fundamental para que a mesma a tenda às flutuações de volumes, demandas, prazos e modificações em produtos e processos. A manutenção pode, portanto ser decisiva para a melhora da flexibilidade de uma empresa.
- **Custos:** a manutenção, ao longo, dos anos tornou-se uma importante fonte de custos operacionais. A adoção de práticas de gestão mais modernas, transformando a manutenção em uma atividade altamente planejada e eficiente, passa por redução dos custos de paradas não planejadas, custos de peças compradas em caráter emergencial, tempo

de mão de obra, entre outros. A melhoria contínua nas atividades de manutenção pode contribuir decisivamente para a redução dos custos desta atividade e conseqüentemente para a redução do custo operacional total da empresa.

A função manutenção teve, portanto seu papel e sua importância aumentados com o tempo. Esta evolução teve suas razões, e esteve ligada a eventos de magnitude global que mudaram a economia e as empresas, conforme descrito a seguir.

## **2.2 História da Manutenção**

Segundo Carazas (2011), as mudanças no planejamento da manutenção tiveram suas raízes na necessidade de tornar mais eficientes as linhas de produção.

Estas eram pouco mecanizadas e pouco produtivas até antes da Segunda Guerra Mundial, o que fazia com que a função manutenção tivesse suas atividades orientadas apenas a necessidades de correção de falhas nos equipamentos. Nota-se que a necessidade da época não era ter uma produtividade especialmente alta, e a atividade de manutenção era de responsabilidade dos próprios operadores. Não existia um departamento exclusivo que era responsável por esta atividade (Rosa, 2006). Este período entre as décadas de 40 e 50 é chamado de primeira geração da função manutenção, e foi caracterizado pela aplicação da manutenção corretiva não planejada. (Moubray, 2000).

Após a Segunda Guerra Mundial, houve uma explosão na demanda por produtos e serviços variados, e também no aumento da mecanização nas indústrias, o que colocou uma pressão enorme na disponibilidade dos equipamentos produtivos. A necessidade de maior disponibilidade dos equipamentos implicou no desenvolvimento de novas técnicas de planejamento e execução da manutenção. Foi o advento a popularização da manutenção preventiva, onde os mantenedores realizavam trabalhos programados de manutenção em janelas planejadas para a

parada dos equipamentos. Esta chamada segunda geração da função manutenção ficou caracterizada pela utilização da manutenção preventiva, e pela necessidade de maior disponibilidade e de maior vida útil dos equipamentos (Kardec e Nascif, 2009).

A terceira geração ocorreu entre os anos da década de 70 e de 90, onde técnicas avançadas de gestão da manutenção foram desenvolvidas e utilizadas pelas empresas de classe mundial, como o TPM (*Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total) e o RCM (*Reliability Centered Maintenance* ou Manutenção Centrada em Confiabilidade). Os custos das paradas não planejadas aumentaram significativamente com a popularização e crescente utilização das técnicas *just-in-time* na manufatura, onde se trabalha com níveis bastante reduzidos de estoques. É notável também o desenvolvimento das técnicas de manutenção preditiva, que apresentam a vantagem de não exigirem a parada dos equipamentos para sua realização, aumentando a eficiência da manutenção e diminuindo significativamente seu custo, como análise de vibrações, análise de óleo e ensaios termográficos. Podem-se incluir neste grupo também as técnicas de monitoramento contínuo desenvolvidas para equipamentos considerados muito críticos, onde se usam, por exemplo, sensores instalados nos mancais de máquinas para monitoramento contínuo de vibrações. Foi também neste período que com os avanços na área de informática, começaram a se popularizar os chamados CMMS (*Computerized Maintenance Management System* ou Sistema Informatizado de Gestão da Manutenção) que promoveu um avanço sem precedentes nas atividades de planejamento e controle das atividades. Os avanços da terceira geração já são bem aplicados e conhecidos das empresas de classe mundial, porém ainda não são realidade na maioria das empresas.

Abaixo a figura 2 representa as três gerações citadas acima.

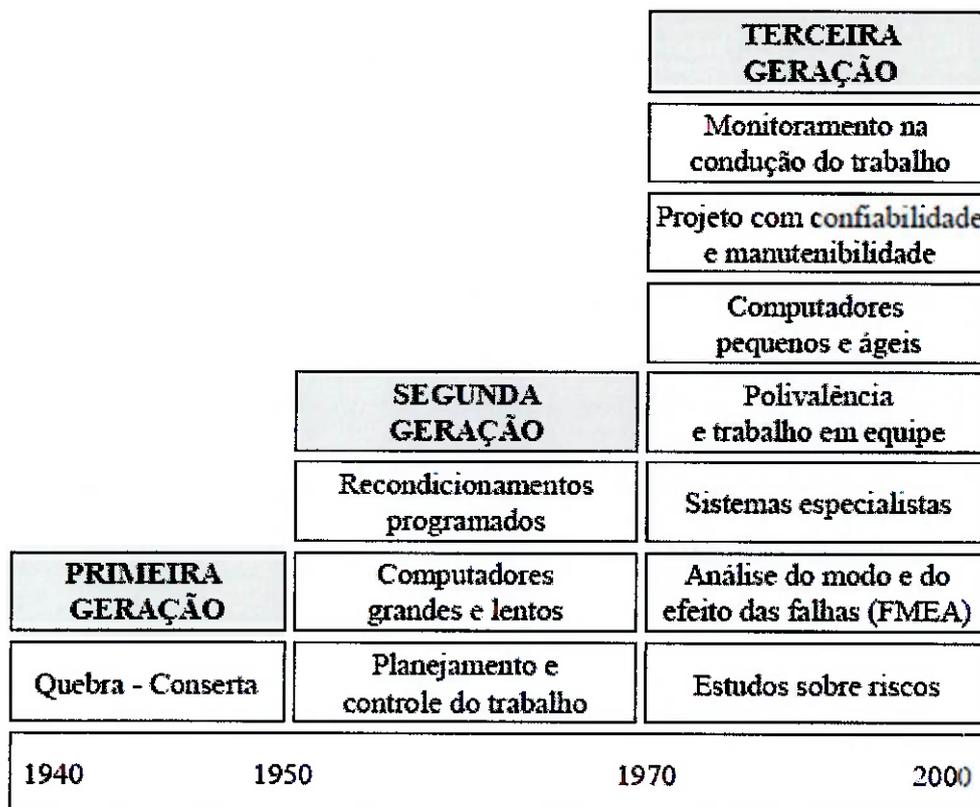


Figura 2: Evolução das técnicas de manutenção (ROSA, 2006)

Kardec e Nascif (2009) defendem que atualmente vivemos uma quarta geração da função manutenção, onde a Engenharia de Manutenção começa a ser aplicada, com o objetivo de melhorar não somente a disponibilidade, mas também a confiabilidade, promovendo a análise de falhas de forma sistemática e consistente, reduzindo drasticamente as falhas prematuras em instalações. A manutenção preditiva é cada vez mais utilizada em detrimento da manutenção preventiva ou programada, que promovem a parada dos equipamentos e diminuem a eficiência global da produção. A manutenção corretiva não planejada torna-se um indicador de ineficiência da manutenção e aplica-se cada vez mais a multidisciplinaridade nos novos projetos com participação da manutenção, engenharia e produção.

No próximo item será feita uma breve descrição dos três tipos básicos de manutenção, que foram citados acima, e que fazem parte da mudança de paradigma na empresa a ser estudada.

## **2.3 Tipos de Manutenção**

Os três tipos básicos de manutenção são a manutenção corretiva, a manutenção preventiva e a manutenção preditiva.

### **2.3.1 Manutenção Corretiva**

A manutenção corretiva é o tipo mais básico de manutenção. Quando um equipamento falha é necessário fazer uma manutenção corretiva para que o mesmo volte a operar dentro de suas especificações novamente.

Segundo a norma NBR-5462 (ABNT) é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane sendo destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

A manutenção corretiva era o único tipo de manutenção praticada nos tempos anteriores à Segunda Guerra Mundial. Consistia em intervenções em equipamentos depois que ocorresse uma falha.

Na manutenção corretiva a necessidade de intervenção nos equipamentos ocorre de forma totalmente aleatória. Não existe planejamento nas atividades de manutenção corretiva.

A manutenção corretiva, entretanto é muito importante para prover uma base de informações para o setor de Manutenção, o que é crítico o acompanhamento dos sistemas e para as tomadas de decisão (Hidalgo, 2010).

Em geral os reparos são mais demorados e onerosos em função de compra emergencial de peças de reposição, horas extras, demora na diagnose da falha se comparada com a manutenção preventiva que é planejada, sem contar as perdas de qualidade e produção (Teixeira, 2008).

Apesar de a manutenção corretiva não ser planejada, é possível minimizar de forma limitada seu impacto negativo através de alguns fatores gerenciáveis. Para manutenções corretivas importantes e críticas é importante que se tenham estabelecidos procedimentos padronizados para estas intervenções, de forma a se manter um padrão de qualidade e uma boa reprodutibilidade em intervenções realizadas por equipes diferentes, bem como diminuir ao máximo o tempo despendido no reparo. Este tempo pode ser monitorado e controlado através do indicador MTTR. Também é importante se manter um estoque estratégico de peças sobressalentes conhecidamente difíceis de conseguir em caráter emergencial, e que possuem longo prazo de entrega.

A manutenção corretiva não planejada ainda é aplicada nos dias de hoje de forma consciente, mas apenas em equipamentos cujos modos de falha são desconhecidos e não são passíveis de previsão ou prevenção, onde não é possível se monitorar algum parâmetro ou condição para antecipar a falha. São equipamentos que apresentam falhas aleatórias, como os equipamentos eletrônicos por exemplo.

Um capacitor ou resistor não avisa quando vai falhar, ele simplesmente queima e deixa de funcionar. Não é possível monitorar sua condição e predizer a falha.

A figura 3 mostra um diagrama de blocos ilustrativo da manutenção corretiva.



Figura 3:Diagrama de Blocos da manutenção corretiva

É importante na manutenção corretiva, conforme mostrado no diagrama de blocos, fazer um bom diagnóstico das causas fundamentais da falha, para que as mesmas sejam eliminadas e o equipamento volte a operar dentro de seu padrão original de desempenho.

Para se realizar a manutenção corretiva não planejada a máquina deve ser desmontada e inspecionada para se determinar o que causou a falha e chegar a fonte do problema. Mesmo que se tenha peças de prontidão em estoque, o tempo perdido para se entender o que causou a falha pode ser demasiado alto, e como consequência o custo de se desmontar, reparar e remontar a máquina será maior do que o de um reparo planejado (Duarte apud Hidalgo, 2010).

### **2.3.2 Manutenção Preventiva**

A manutenção preventiva difere-se da manutenção corretiva fundamentalmente, pois o objetivo passa a ser evitar as falhas de acontecerem e não mais planejar o reparo após a falha ou após os primeiros sinais da mesma.

Mesmo com o equipamento funcionando em perfeitas condições, a manutenção preventiva é feita, pois está baseada em intervalos fixos de tempo e não em uma condição específica do equipamento.

“A manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo” (Kardec e Nascif, 2009).

O principal desafio da estratégia de manutenção preventiva ao planejador é determinar qual o tempo correto de se intervir no equipamento. Nem sempre o fabricante do equipamento disponibiliza dados precisos para se elaborar planos de manutenção preventiva, e o planejador deve montar o plano por conta própria.

Se o plano for baseado em intervalos de tempo demasiados longos, o equipamento pode vir a falhar antes da intervenção e uma manutenção corretiva não planejada pode ser necessária, aumentando proibitivamente o custo da atividade de manutenção para aquele equipamento.

Se o plano for baseado em intervalos muito curtos de tempo, a intervenção pode ocorrer desnecessariamente por muitas vezes, e o custo desta operação também poderá se mostrar demasiadamente alto.

A manutenção preventiva é, portanto, uma estratégia a ser adotada para equipamentos altamente críticos, cuja falha pode levar a um risco inaceitável para pessoas, ativos ou o meio ambiente, ou equipamentos cuja parada não programada implicam em custos proibitivos para a empresa.

A manutenção preventiva tem um risco adicional que está ligado à qualidade do reparo executado, já que uma manutenção preventiva mal executada pode introduzir defeitos que anteriormente não existiam no equipamento. Na remontagem de um equipamento, por exemplo, pode ser que um parafuso não receba um torque adequado vindo a ficar solto. Isto causará uma falha posteriormente que não existiria caso a manutenção preventiva não ocorresse.

Um bom planejamento de manutenção preventiva por outro lado permite prever quanto e quando os sobressalentes serão necessários, permitindo assim um planejamento de estoque com maior precisão, algo extremamente valorizado hoje nas operações que usam manufatura enxuta.

Tal planejamento permite também um maior alinhamento com o planejamento e controle de produção (PCP) para se programar as paradas dos equipamentos. Isto diminui ou suaviza os desentendimentos entre as duas áreas, manutenção e produção. O planejamento da manutenção preventiva contribui, portanto para a melhora na relação e na comunicação entre estas áreas, especialmente em empresas onde a manutenção não está diretamente vinculada à produção no organograma.

Viana (2002) afirma que a manutenção preventiva reduz as paradas inesperadas em equipamentos, e classifica tais paradas como um dos fatos mais desagradáveis no cotidiano da produção. Sustenta que estas causam uma parada no processo de fabricação, aumentam os custos de manutenção e de produção, e geram um mal-estar na equipe de execução e planejamento, pois em tais situações se evidencia que a manutenção falhou em seu objetivo primário, evitar as falhas. O autor ainda sustenta que a manutenção preventiva proporciona, ainda, uma melhoria contínua nos métodos de manutenção, pois o fato de o mantenedor revisar o equipamento diversas vezes durante sua vida útil promove uma educação continuada de forma intrínseca, pois a cada intervenção a visualização dos pontos chave do equipamento fica mais nítida ao mesmo, e os métodos são assim constantemente aperfeiçoados.

Hidalgo (2010) afirma que a manutenção preventiva proporciona ainda a menor degradação possível da confiabilidade ao longo da vida operacional de um componente, conforme mostrado na figura 4.

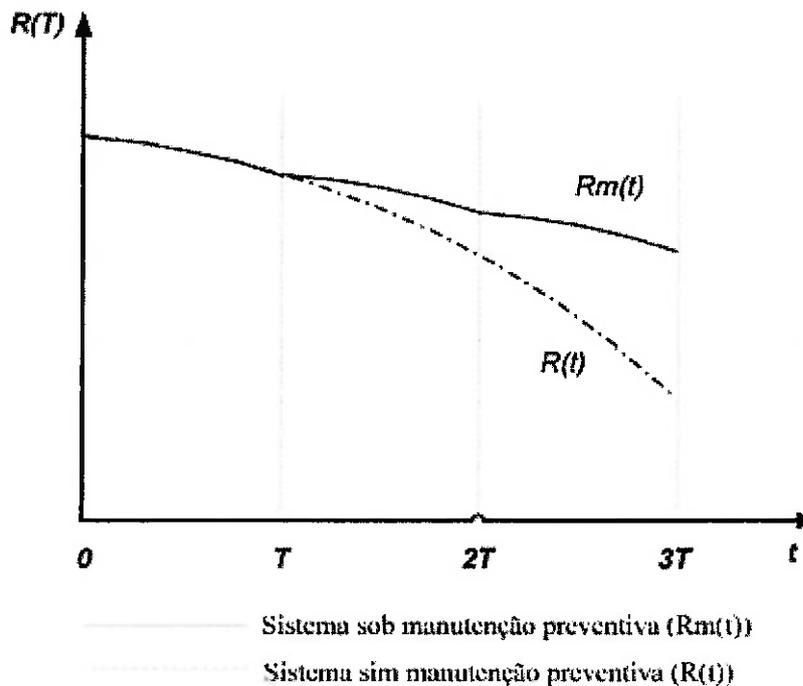


Figura 4: Efeito da Manutenção Preventiva sobre a confiabilidade (HIDALGO, 2010)

Onde  $R_m(t)$  é a confiabilidade do sistema após a manutenção preventiva e  $R(t)$  a confiabilidade sem a manutenção preventiva. Nota-se que a confiabilidade não se restaura após a manutenção preventiva, mas a curva de confiabilidade assume a mesma forma de quando o equipamento iniciou sua operação.

Abaixo na figura 5 é apresentado um diagrama de blocos básico da manutenção preventiva.

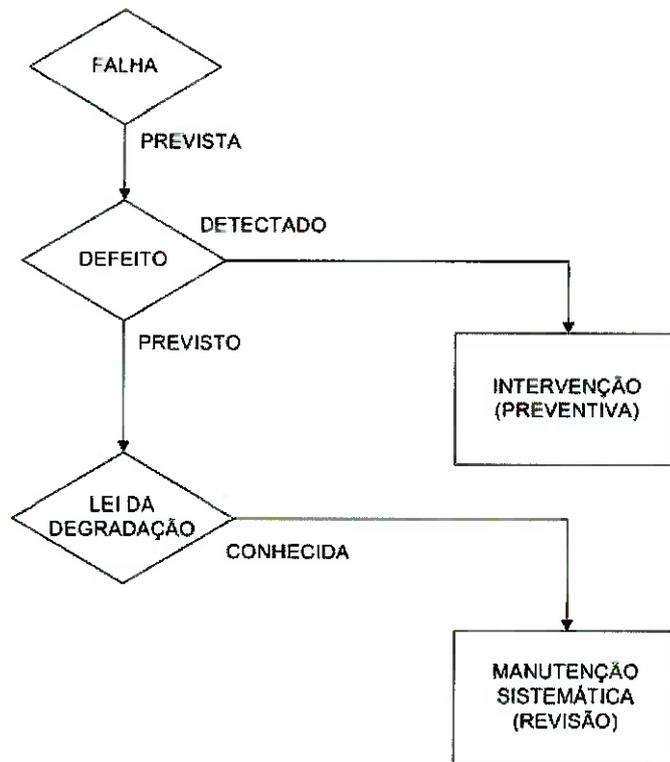


Figura 5: Diagrama de Blocos da manutenção preventiva (FIDALGO, 2007)

De acordo com Fidalgo (2007) a manutenção preventiva pode ocorrer de forma sistemática a intervalos de tempo pré-definidos, ou ainda na forma de uma intervenção preventiva ao menor sinal de defeito no equipamento, antes que o mesmo entre em falha.

### 2.3.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva tem por objetivo monitorar parâmetros dos equipamentos na tentativa de se identificar o tempo ótimo para se realizar uma intervenção, com o apelo de não se promover paradas desnecessárias para realização da manutenção, e assim se utilizar ao máximo um determinado equipamento dentro de sua vida útil.

Teixeira (2008) afirma que a aplicação do método exige coleta e interpretação de dados, o que torna a manutenção preditiva custosa, por exigir muita qualificação dos mantenedores para que se evite tomar decisões errôneas em função de interpretações erradas dos resultados das medições. A análise deve ser feita em

função do histórico do parâmetro, que indicará uma tendência no tempo, conforme a figura 6.

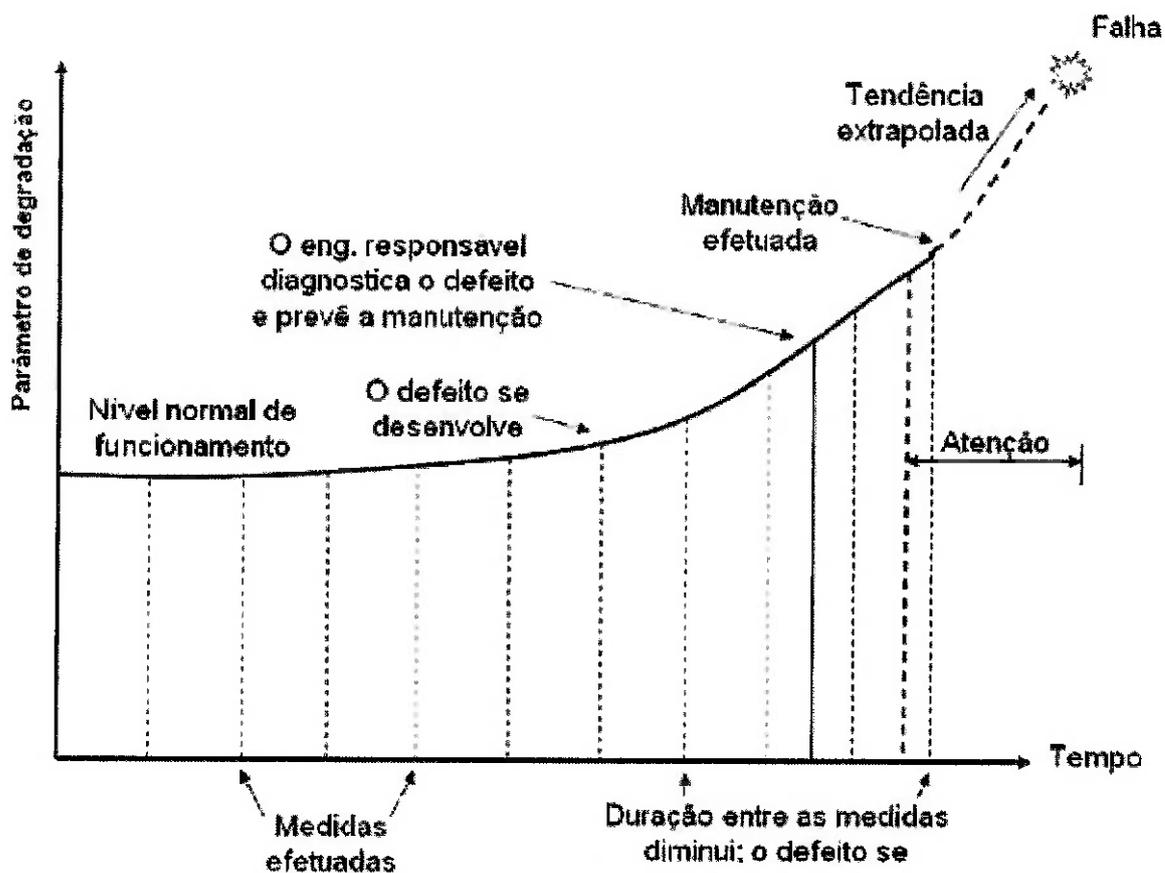


Figura 6: Curva de tendência de um parâmetro medido (TEIXEIRA, 2008)

O autor sustenta ainda que para que seja possível a aplicação da manutenção preditiva, o equipamento ou sistema deve fornecer um sintoma que se manifesta nos parâmetros passíveis de monitoramento e medição, o que acaba por restringir a aplicação deste tipo de manutenção.

Viana (2002) sustenta que existem quatro tecnologias bastante difundidas para se manter um programa de manutenção preditiva: os ensaios por ultra-som, a termografia, a análise de vibrações e a análise de óleos lubrificantes.

Os ensaios por ultra-som detectam descontinuidades internas em peças, conforme uma onda sonora se propaga em seu interior. Nada mais é do que um transmissor acústico e um transdutor para captar os sinais da onda emitida. Quando uma descontinuidade existe na peça, esta é captada pelo transdutor na forma de

sinal sonoro, e este é então convertido em um sinal elétrico para ser processado e interpretado.

A termografia é utilizada para detectar calor sobre superfícies. Utiliza uma câmera infravermelha que consegue mapear temperaturas sem o contato físico com o equipamento cuja temperatura está sendo estudada, o que é uma enorme vantagem de aplicação, pois não interfere em nada na operação do equipamento, permitindo realizar a medição enquanto este opera normalmente.

A termografia é muito utilizada em estudos de instalações elétricas, detectando facilmente áreas com sobreaquecimento que podem indicar falta de aperto, necessidade de limpeza ou mesmo de substituição de componentes.

A análise de vibração utiliza de sensores como os acelerômetros por exemplo para medir o espectro de vibração de um equipamento ou sistema.

O acompanhamento destas medidas permitem detectar diversos problemas de cunho mecânico em equipamentos, como desalinhamentos, desgastes, folgas etc. o que permite determinar um tempo ótimo para se revisar os mesmos.

A análise de vibração é uma técnica que requer muito conhecimento por parte do mantenedor para se analisar os dados resultantes das medições. Por isso a qualificação torna-se importante para o sucesso de se ter tal programa implantado.

De acordo com Viana (2002) a análise de óleo lubrificante tem dois objetivos principais: determinar a troca do lubrificante do equipamento, e identificar tendência de desgaste de componentes.

A análise do óleo lubrificante mede a quantidade de partículas sólidas presentes no mesmo para se detectar esta tendência de desgaste em um ou mais componentes do equipamento.

Na figura 7 é mostrado um diagrama de blocos da manutenção preditiva.

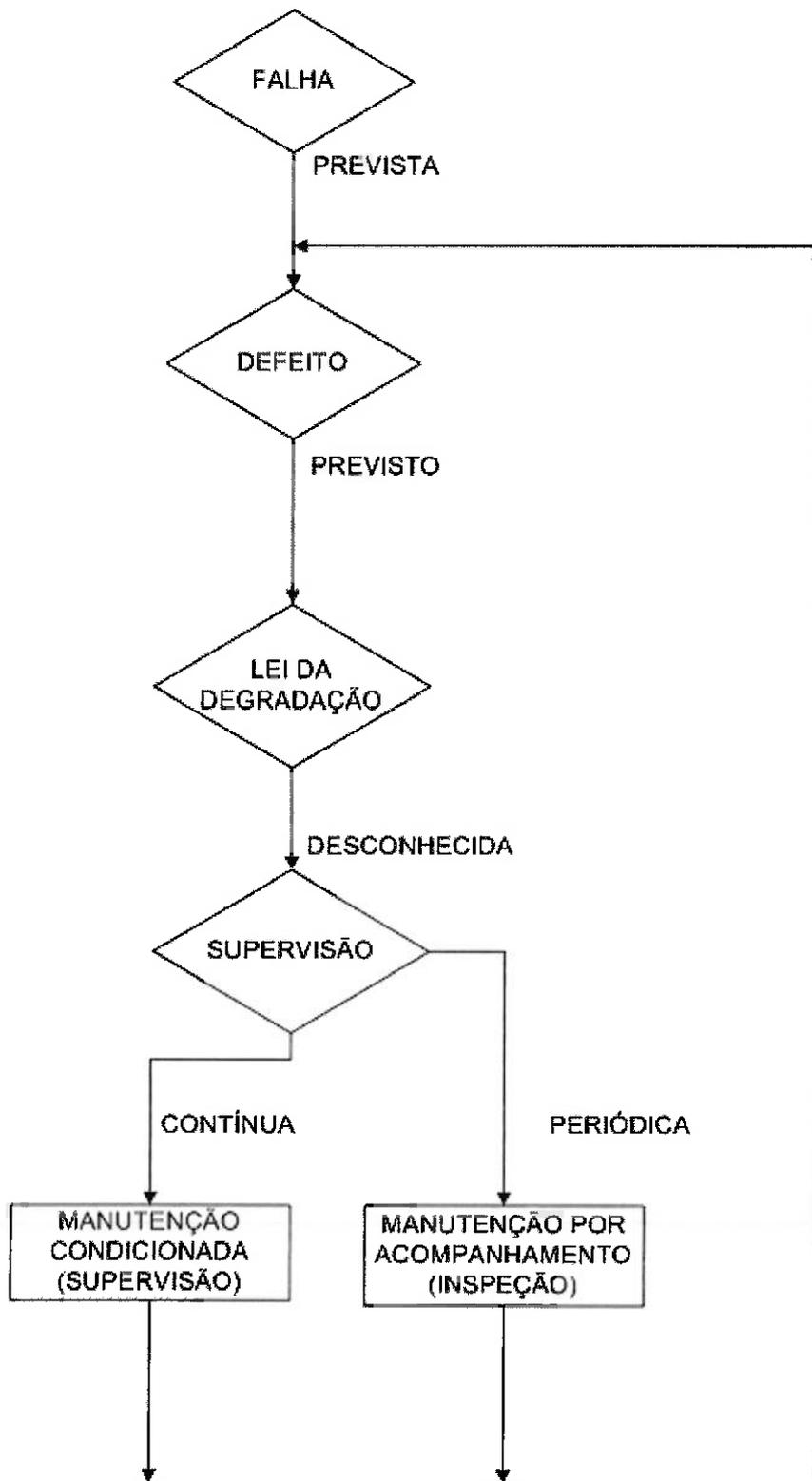


Figura 7: Diagrama de Blocos da manutenção preditiva (FIDALGO, 2007)

## **CAPÍTULO 3 – GERENCIAMENTO ATUAL DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO**

As atividades de manutenção corretiva do departamento são planejadas e executadas de acordo com ordens de serviços geradas no software Lotus Notes, citado anteriormente. As ordens são chamadas de SSM, ou Solicitação de Serviço à Manutenção, e qualquer colaborador da empresa que utiliza um computador como ferramenta de trabalho pode gerar uma SSM na base de manutenção.

Estas SSM's são recebidas por todos na equipe, inclusive os próprios mantenedores, que dispõem de um único desktop compartilhado, onde os mesmos podem dar um retorno a cada ordem de serviço. Todos da equipe recebem um e-mail em seu computador alertando para a abertura de uma nova ordem de serviço. O Encarregado de Manutenção e o Analista de PCM são os responsáveis por direcionar a equipe e definir quais SSM's devem ser executadas primeiro, definindo, portanto, a prioridade de cada serviço. Os mesmos entram em cada SSM e preenchem quem será o executor da ordem, e uma previsão de término da mesma.

Em qualquer momento, qualquer funcionário pode entrar em uma ordem de serviço e ver as informações que estão preenchidas nela, inclusive os mantenedores, que periodicamente acessam o sistema para verificar quais serviços estão pendentes em seu nome.

O Encarregado de Manutenção freqüentemente acompanha a equipe durante a jornada em campo, de modo que possa também atender e direcionar a equipe para serviços emergenciais que podem ou tem o potencial de ocasionar uma parada repentina de produção. Tais trabalhos são bastante freqüentes e as ordens de tais serviços corretivos emergenciais são carregadas no sistema de forma retroativa.

Uma vez que um serviço é concluído, o mantenedor ou mantenedores envolvidos preenchem o que foi feito, qual material foi utilizado, e marcam as horas ou dias em que estiveram atuando naquela SSM.

A ordem é então enviada de volta ao Encarregado de Manutenção, ao Analista de PCM e ao Chefe de Engenharia e Manutenção para verificação e encerramento. Apenas um deles preenche o encerramento e arquiva a ordem, que permanece disponível para consulta no sistema por tempo indeterminado. O Encarregado de Manutenção é o colaborador preferencial para fazer o encerramento, e em sua ausência o Analista de PCM. O Chefe de Engenharia e Manutenção fica responsável por fazê-lo apenas na ausência dos outros dois.

O fluxo de trabalho de uma SSM Corretiva no atual sistema é mostrado na figura 8.



Figura 8: Fluxograma das SSM's

São geradas entre 300 e 400 ordens corretivas por mês, onde o departamento atende uma média de 87% no período de 30 dias como citado anteriormente.

Com uma equipe tão enxuta não é difícil perceber que as manutenções corretivas tomam quase que a totalidade do tempo dos mantenedores.

A equipe se divide em turnos da seguinte forma:

- Turno das 22:00 às 6:00: mantém um electricista;
- Turno das 6:00 às 14:00: mantém um electricista;

- Horário comercial das 7:30 às 17:20: equipe de supervisão mais um eletricitista e mais dois mecânicos;

- Horário das 9:00 às 18:00: mantém mais dois mecânicos;

- Turno das 14:00 às 22:00: mantém um eletricitista.

Os eletricitistas que rodam nos turnos cobrem todos os dias da semana, inclusive nos horários que a planta está parada.

Os mecânicos dos dois horários citados acima trabalham de segunda a sexta, e nos sábados as duas equipes revezam, uma trabalha e a outra folga.

A equipe de supervisão trabalha de segunda a sexta.

A fábrica de Resinas e a Utilidades rodam nos três turnos e param no sábado às 22:00, retomando as atividades normais na segunda-feira às 6:00.

A fábrica de Tintas trabalha em horário comercial e pára no sábado às 17:30.

Nota-se que de domingo a planta está parada em circunstâncias normais. Ocasionalmente em períodos de pico, as fábricas trabalham de domingo em regime de hora extra.

Além das ordens corretivas, também são geradas de forma periódica ordens de inspeção em equipamentos como parte do plano geral de manutenção da planta. Estes planos de inspeção foram criados em função de diversos requisitos de auditorias de qualidade, segurança e meio-ambiente. Muitas vezes estas inspeções eram tidas como manutenção preventiva, um erro conceitual, já que as inspeções não interferem nos equipamentos e servem apenas para gerar relatórios para se programar manutenções corretivas.

Os planos de inspeção foram criados por grupo de equipamentos e os check-lists são gerados em Excel, puxando informações da lista de equipamentos do site que também está em Excel e sob controle da Manutenção.

O site dispõe de cerca de 5000 equipamentos registrados, entre agitadores, bombas, tanques, vasos de pressão, instrumentos, válvulas de segurança e alívio, painéis elétricos, pontos de aterramento, SPDA's, entre outros.

As inspeções geram uma demanda por manutenção corretiva adicional que o departamento não consegue suprir.

Além da demanda por manutenção corretiva adicional, as inspeções geram centenas de folhas de check-lists que não são criteriosamente avaliados simplesmente por falta de mão de obra administrativa e/ou gerencial disponível para fazê-lo.

Em suma, os planos de inspeção não geram nenhum tipo de benefício para a manutenção hoje, seja informação valiosa para tomada de decisões, seja agilidade na resolução de problemas. Estas tornaram-se apenas um procedimento extremamente burocrático e dificultoso, que toma um tempo valioso da equipe que perde tempo inspecionando equipamentos, em sua grande maioria, não críticos e não importantes para a produção.

## **CAPÍTULO 4 – ADOÇÃO DE UMA NOVA POSTURA**

### **4.1 Traçando o Plano de Melhoria da Manutenção**

O principal objetivo deste trabalho é mudar a forma como as atividades de manutenção são geridas, passando de uma manutenção puramente corretiva para a adoção de rotinas de manutenção preventivas e/ou preditivas para equipamentos realmente críticos para o processo produtivo.

O intuito é aumentar a eficiência operacional da planta, reduzindo os tempos de parada e aumentando a disponibilidade de tais equipamentos. Em última instância o objetivo é aumentar a competitividade do negócio através de melhorias na gestão das atividades de manutenção, demonstrando a importância estratégica potencial desta função.

A principal dificuldade encontrada será promover uma mudança significativa em uma planta com uma enorme variedade e quantidade de equipamentos. Por isso o programa deverá ser dividido em partes executáveis para que as mudanças não parem no meio do caminho por falta de recursos, seja ele financeiro ou o mais provável, que é por falta de mão de obra para executá-lo.

A visão para o futuro é que a planta tenha mapeado claramente, através de estudos bem estruturados do processo produtivo, quais são os sistemas, equipamentos e elementos que devem ser tratados como críticos, e cuja parada tem grave conseqüências negativas para o negócio. Estes itens serão tratados conforme recomendações dos fabricantes e serão alvo de manutenção preventiva e quando aplicável manutenção preditiva.

Tendo como base esta visão e partindo do princípio de que o estágio atual é distante desta, ou seja, a planta encontra-se um passo atrás da implantação de um plano de manutenção preventiva e preditiva, que é primeiro determinar quais são os

equipamentos críticos do negócio, entende-se que o primeiro passo será determinar qual a estratégia para a identificação destes equipamentos.

A falta de definição clara sobre quais são os equipamentos críticos da planta foi apontada em duas das principais auditorias realizadas dentro do site como uma das causas do baixo desempenho da manutenção, que atua de forma não sistematizada e apenas corrige os problemas conforme solicitação dos clientes, e não baseado em um plano previamente programado.

A fábrica estudada é parte de um grupo multinacional que possui procedimentos corporativos que apontam o primeiro passo nesta direção.

Embora seja importante determinar quais equipamentos são críticos do ponto de vista de produção, ou seja, aqueles que têm o potencial de interromper um processo produtivo e causar prejuízo para o negócio, a estratégia corporativa determina que antes deve ser levado em consideração o aspecto de segurança das instalações, pessoas e meio ambiente.

Falhas em determinados equipamentos ou sub-elementos de equipamentos, podem levar a situações de risco inaceitáveis em um destes aspectos, e, portanto estes devem ser também considerados como críticos.

A empresa possui um bem estabelecido, mas generalista, padrão corporativo para guiar a implantação de um sistema de gerenciamento de ativos que leva em consideração os aspectos de segurança citados acima, e que inicia por identificar equipamentos que devem ser considerados críticos por sua natureza de operação e/ou projeto.

O padrão determina que alguns sistemas críticos obrigatórios como tubulações subterrâneas que transportam materiais perigosos (risco de contaminação do solo), vasos de pressão (risco de explosão), empilhadeiras e equipamentos de elevação de carga (risco de acidentes graves) entre outros.

Este padrão corporativo faz parte da estratégia global de Segurança e Meio Ambiente da empresa, e todos os sites, sem exceção são obrigados a implantá-los, para que se tenha um sistema de gestão de ativos críticos básicos implantado.

O primeiro passo do plano deverá, portanto iniciar tratando destes equipamentos críticos mandatórios, onde uma análise de criticidade pode ser dispensada. Os mesmos deverão apenas ser identificados, quantificados, tagueados, registrados e tratados para que falhas nos mesmos sejam evitadas.

Uma vez que os equipamentos críticos mandatórios estejam sendo tratados com planos de inspeção, manutenção preventiva e/ou preditiva, o próximo passo será descer um nível e analisar equipamentos mais críticos do ponto de vista de segurança do processo.

A empresa dispõe de uma ferramenta adequada para fazê-lo, baseado no conhecido *Hazard and Operability Study* (HAZOP), metodologia desenvolvida na antiga empresa química britânica ICI (*Imperial Chemical Industries*) na década de 60.

O HAZOP, por estudar a fundo cada etapa do processo, identificando no caminho o que pode ocorrer caso componentes de segurança venham a falhar, é um ótimo meio de definir quais itens de uma instalação devem ser mantidos operando sem falhas para não colocar a planta, as pessoas e/ou o meio ambiente em risco.

Com o HAZOP concluído para todos os processos da planta, é seguro dizer que a análise de criticidade dos equipamentos do ponto de vista de segurança está bastante completo, faltando por fim definir os itens críticos do ponto de vista de produtividade em si.

Note que este é um desafio de longo prazo, já que o HAZOP é um estudo bastante complexo e que requer a participação de um time multifuncional que se debruça durante vários dias em cima de uma operação específica, além de exigir a liderança de uma pessoa especialmente treinada e certificada em tal metodologia.

Ter um estudo de HAZOP documentado e completo para todas as operações de uma planta química é uma tarefa complexa e demorada.

Para se atender a este último quesito de análise, pode-se utilizar dos estudos de *Value Stream Mapping* (VSM) conduzidos pelas equipes de processos, para se identificar quais os ativos que são críticos para a cadeia de valor de um produto.

O VSM é uma técnica de análise de fluxo de material e informações dentro de um processo para se identificar gargalos, oportunidades de se eliminar perdas etc. É uma ferramenta da filosofia *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta), hoje bastante difundida. Nota-se que o objetivo do estudo não é o de se identificar ativos críticos para o processo. Porém, a participação de alguém da manutenção em tais estudos pode mudar este cenário e até enriquecer a discussão e a identificação de oportunidades de melhoria, além de possibilitar a análise de nosso interesse, que é de identificar itens cuja falha tem consequência grave para a produção.

Assim como o HAZOP, ter um estudo de VSM completo para todos os produtos manufaturados na planta é um desafio enorme, que exige muito esforço e muito tempo para ser concluído. Ainda assim, o esforço é válido para que tenhamos as informações realmente detalhadas de que precisamos para suportar os planos de manutenção do futuro.

O plano de longo prazo para identificação de equipamentos críticos terá a configuração mostrada na figura 9.

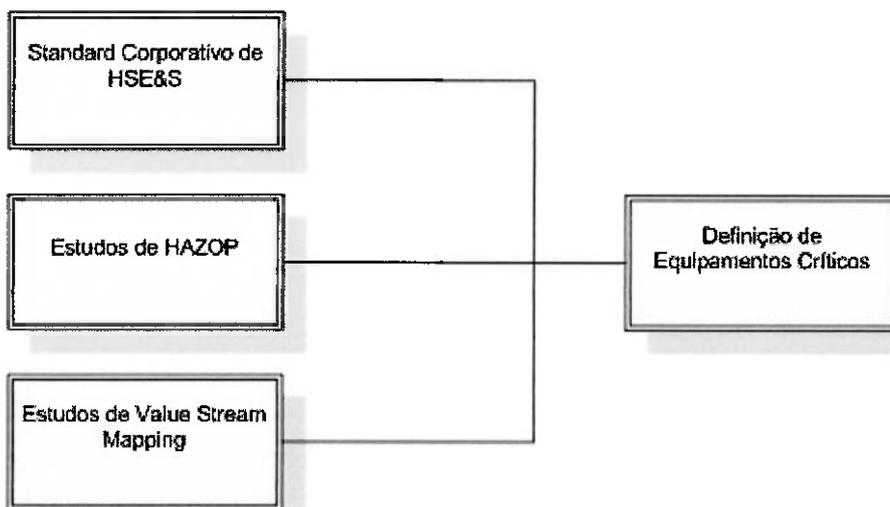


Figura 9: Passos para mapeamento completo de equipamentos críticos

Sendo assim, conforme os equipamentos críticos forem sendo identificados, os seguintes passos deverão ser tomados:

- Escolha da estratégia de manutenção: esta pode ser através de inspeções periódicas, manutenção preventiva ou manutenção preditiva, ou ainda uma combinação das anteriores. Deverá ser levado em consideração o projeto do equipamento, o manual do mesmo (quando disponível), recomendações do fabricante (quando for possível obtê-la), histórico de falhas baseado na experiência da operação e da manutenção e aplicabilidade dos tipos de manutenção citados acima (não faz sentido fazer manutenção preventiva ou preditiva em equipamentos eletrônicos, por exemplo).

- Atualização da lista dos equipamentos críticos: conforme os itens forem sendo identificados como críticos, a lista de equipamentos da planta deverá ser atualizada, identificando quais são os itens críticos, origem da definição de criticidade (padrão corporativo, estudo de HAZOP ou estudo VSM), por que os mesmos foram considerados críticos e qual sua estratégia de manutenção, com periodicidade definida.

- Elaboração dos check-lists da nova estratégia de manutenção: estes deverão ser elaborados para se manter um controle e registros confiáveis para tomada de decisões futuramente, e iniciar a criação de um banco de dados hoje inexistente.

- Revisão ou elaboração de procedimentos de manutenção e operação: conforme as novas estratégias de manutenção forem sendo desenvolvidas, será necessária a formalização de tais planos, através da elaboração ou revisão de procedimentos de manutenção, e também de procedimentos operacionais quando aplicável.

- Identificação dos itens críticos em campo: deverá ser adotada uma identificação padrão para se identificar equipamentos críticos, para facilitar sua visualização pelo pessoal de manutenção e operação, como parte da estratégia de melhorias no gerenciamento visual das operações (esta uma das linhas de trabalho da ferramenta de melhoria contínua a ser adotada na planta, comentada em mais detalhes a frente no texto).

- Execução dos planos de manutenção propostos.

- Acompanhamento das mudanças: deverá ser avaliado o impacto da mudança na estratégia de manutenção do equipamento, acompanhando-se tendências de diminuição de ordens corretivas, aumento ou diminuição dos gastos de manutenção, e com o tempo acompanhamento de indicadores, que serão implementados como parte do plano de melhorias futuro.

- Intervenção e modificação da estratégia adotada: conforme avaliação do item acima deverão ser feitos ajustes na estratégia de manutenção dos itens críticos

O primeiro grupo de equipamentos, as empilhadeiras, são consideradas críticas de forma mandatária pelo Padrão Corporativo citado acima, e, portanto faz parte do primeiro grupo de equipamentos a ser tratado de forma diferenciada.

O outro equipamento composto por um compressor de ar, este foi identificado como crítico após a realização do estudo de HAZOP no sistema de ar comprimido do site. Em função de sigilo de informações, não é possível expor as planilhas do estudo de HAZOP, por se tratar de informação confidencial da empresa, mas é

possível através da descrição do sistema, expor a importância de tal equipamento e destacar a necessidade de se manter um plano adequado de manutenção para o mesmo.

## **4.2 Empilhadeiras**

As empilhadeiras são equipamentos bastante comuns, muito utilizados nas mais diferentes indústrias para transporte interno de material paletizado.

A empresa possui uma frota própria de sete empilhadeiras que são utilizadas pelas duas fábricas (de tintas e de resinas), e pela área de distribuição. A fábrica de Resinas dispõe de três equipamentos, enquanto a área de Matérias Primas e a fábrica de tintas (Sintético) utilizam duas cada.

A frota da empresa é composta por um mix de equipamentos antigos e equipamentos mais novos, e por duas marcas diferentes, Toyota e Yale.

Abaixo está uma tabela que mostra os dados básicos das empilhadeiras que compõe a frota da empresa.

Tabela 1: Dados das empilhadeiras que compõe a frota da empresa.

| FABRICANTE | MODELO              | COMBUSTÍVEL                                  | ANO DE FABRICAÇÃO | CAPACIDADE DO EQUIPAMENTO |
|------------|---------------------|--|-------------------|---------------------------|
|            |                     | GLP/ GNV/ ELETRICIDADE/ OUTROS (ESPECIFICAR) |                   | t                         |
| Yale       | 275 SL              | GLP  | 1992              | 2,75                      |
| Yale       | 275 SL              | GLP  | 1992              | 2,75                      |
| Yale       | GLP<br>050VXYVSV095 | GLP  | 2008              | 2,48                      |
| Yale       | GLP<br>050VXYVSV095 | GLP  | 2008              | 2,48                      |
| Yale       | GLP<br>050VXYVSV095 | GLP  | 2008              | 2,48                      |
| Toyota     | 42-7FG25            | GLP  | 2000              | 2,5                       |
| Toyota     | 42-7FG25            | GLP  | 2000              | 2,5                       |

Todas as empilhadeiras são consertadas quando ocorre alguma falha nas mesmas. Elas são encostadas na oficina de manutenção, e é checado o problema por um mecânico ou eletricista. Na maioria das vezes não é possível realizar o reparo internamente e uma empresa terceira especializada neste tipo de equipamento é acionada para fazer os reparos.

Atualmente não é medida a disponibilidade das empilhadeiras, o que dificulta bastante nossa análise, porém veremos que o número de intervenções que é uma medida indireta desta tendência será analisado.

Adotando-se uma manutenção puramente corretiva para as empilhadeiras, no ano de 2011, houve quarenta e dois reparos corretivos realizados, totalizando gastos da ordem de R\$ 15.500,00.

O custou de reparo ficou em média R\$ 370,00, e os equipamentos ficam parados na oficina para reparos corretivos em média quatro dias para cada um. Embora em alguns casos, reparos grandes foram realizados com custos de cerca de R\$ 2.600,00, onde uma revisão completa do equipamento foi realizada e em seguida identificada a necessidade de troca de *spare parts* importantes da máquina. Nestes

casos o equipamento pode ficar mais de uma semana parado esperando as peças. Os números são baseados na experiência dos mantenedores que acompanham os reparos com a empresa terceira. Infelizmente não se calcula os indicadores MTTR, ou tempo médio para reparo, e MTBF, ou tempo médio entre falhas, com precisão.

O padrão corporativo de Segurança e Meio Ambiente que foi elaborado exclusivamente para se melhorar a gestão de ativos dentro das plantas, visando prover total segurança na utilização de equipamentos considerados perigosos, ou seja, que são capazes de causar graves acidentes em caso de falha, revela que todas as empilhadeiras, por serem utilizadas na movimentação de cargas pesadas e operarem sempre perto de pessoas, devem ser controladas como equipamentos críticos.

O padrão determina que no mínimo inspeções periódicas devem ser realizadas e registradas para assegurar que qualquer sintoma de falha seja identificado a tempo de evitar um acidente ou a parada não programada do equipamento.

No início do ano de 2012, como parte da implantação deste padrão, e como parte deste trabalho de monografia, foi elaborada uma estratégia nova de manutenção para as empilhadeiras.

As manutenções corretivas foram suplantadas por um plano que prevê inspeção diária de alguns parâmetros básicos por parte do operador e por um plano de manutenção preventiva, inicialmente trimestral para se realizar tarefas e testes básicos com o objetivo de se aumentar a disponibilidade, reduzir os tempos de parada não planejadas e se antecipar a falhas.

É importante destacar que o objetivo de tal plano não é diminuir o custo de manutenção, e sim aumentar em primeiro lugar a segurança na operação destes equipamentos.

O primeiro passo é a elaboração dos *check-lists* que serão utilizados para se manter registros, tanto das inspeções diárias, quanto da manutenção preventiva.

Foi tomado como base o manual dos equipamentos e os mesmos foram elaborados com suporte dos fornecedores dos equipamentos e da empresa terceira responsável pelas manutenções corretivas, e que agora será responsável por executar as manutenções preventivas de forma programada.

O *check-list* de inspeção diária e de manutenção preventiva trimestral estão no anexo 1 (*check-list* diário), e 2, 3, 4 e 5 (*check-list* de inspeção trimestral páginas 1, 2, 3 e 4) deste trabalho.

Embora bastante simples, a nova estratégia de manutenção das empilhadeiras implantada em maio de 2012 já mostra sinais de que estamos no caminho certo, conforme discutido no tópico “Discussão dos Resultados” mais abaixo.

Abaixo, na figura 10, uma foto recente de umas das empilhadeiras da frota, já após a implantação do plano de manutenção preventiva.



Figura 10:Empilhadeira Yale modelo Veracitor 050

### 4.3 Compressores

O segundo grupo de equipamentos que será alvo do nosso estudo são os compressores de ar Atlas Copco GA707, Atlas Copco GA50VSD, e Ingersoll Rand P600, que compõem o sistema de fornecimento de ar comprimido da planta.

Estes equipamentos foram identificados como críticos como base no estudo de HAZOP do sistema de ar comprimido, tem papel central na segurança da operação do site. Os mesmos operam em conjunto para atender a demanda de ar comprimido durante toda a campanha de operação.

O compressor GA 707 de partida direta opera como máquina principal do sistema, ligado continuamente, enquanto o compressor GA50VSD, que é acionado por inversor de frequência, complementa a máquina principal em momentos de pico. Apenas uma das duas máquinas operando sozinha não consegue suprir a planta em momentos de pico.

O consumo de ar comprimido da empresa se dá principalmente devido ao uso de bombas pneumáticas para transporte de fluidos dos mais diversos tipos. Estima-se que 80% do consumo de ar da planta são devido ao uso de tais bombas.

Do ponto de vista de segurança, porém, o fornecimento de ar comprimido é ainda mais crítico devido aos acionamentos de válvulas e principalmente do fornecimento de nitrogênio para os processos.

As válvulas automáticas fazem parte de diversos sistemas críticos de dosagem, abastecimento, envase etc. Uma falha não esperada no fornecimento de ar comprimido da planta pode alterar a posição de uma destas válvulas em um momento crítico para o processo, colocando a planta, as pessoas e até o meio ambiente em risco.

O nitrogênio é utilizado principalmente para inertizar a atmosfera interna dos reatores de resinas. O mesmo é gerado internamente, através de máquinas que utilizam o ar comprimido e fazem a separação do oxigênio. Uma falha no

fornecimento de ar comprimido pode, portanto suprimir uma atmosfera inerte dentro de um reator e vir a colocar a planta em risco de explosão por exemplo.

Ficou claro nos exemplos citados acima que o fornecimento de ar comprimido é crítico para a segurança do site.

Por isso existe um sistema de *back-up* aos dois compressores citados acima, que é o compressor Ingersoll Rand P600 movido a diesel, que está sempre de *stand-by* em caso de falha de uma das outras máquinas. Entretanto seu custo operacional é consideravelmente mais alto que dos outros compressores.

Em 2011, duas falhas graves no compressor GA 707 fizeram com que o compressor Ingersoll Rand P600 tivesse de atender a planta por cerca de um mês e meio no total.

Durante a operação do compressor P600, cerca de dois tambores de diesel são consumidos por dia. O consumo exagerado de diesel tem forte impacto negativo nos indicadores ambientais da empresa, contrariando a estratégia corporativa de diminuir as emissões de carbono continuamente ano a ano. Tais indicadores são reportados mensalmente e a equipe local é fortemente cobrada em casos como este.

O custo de diesel para a planta é cerca de R\$ 600,00 por dia, o que também aumenta proibitivamente os custos operacionais.

As falhas do compressor GA 707 no ano de 2011 geraram custos da ordem de R\$ 48.500,00 com manutenção corretiva e combustível (diesel), que somados ao impacto ambiental negativo pelo consumo do diesel e aos riscos associados de falta de ar comprimido na planta, vieram a considerar não só este compressor, mas as três máquinas do sistema como de elevada criticidade.

Abaixo a figura 11 representa uma foto geral da área de Utilidades 2, onde ficam os compressores.



Figura 11: Sala de Utilidades 2 – Compressores e Geradores de N2

O primeiro passo do nosso processo é, uma vez que os equipamentos foram identificados como críticos, definir a estratégia de manutenção para eles.

No caso dos compressores, decidiu-se implantar uma inspeção diária para monitoramento de parâmetros de forma contínua e sistemática das duas máquinas principais do sistema e que operam continuamente, os compressores GA 707 e GA 50 VSD. Tais inspeções serão realizadas pela equipe de manutenção, já que a operação dos compressores também é de responsabilidade da manutenção.

O *check-list* foi desenvolvido e a cada entrada de turno de um electricista, o mesmo vai até a sala dos compressores e faz a leitura e anotação dos parâmetros.

Uma cópia do *check-list* está no anexo 6 deste trabalho.

O *check-list* diário tem como objetivo monitorar os seguintes parâmetros, considerados importantes para a operação dos compressores:

- Horímetro (de onde serão programadas as manutenções preventivas);
- Temperaturas (medições de temperatura do ambiente, dos elementos e do ar);
- Nível de óleo;
- Vácuo no filtro;
- Diferença de pressão (entre a entrada e saída dos filtros);
- Tensão elétrica;
- Corrente elétrica;
- Funcionamento do dreno (compressor e tanque pulmão);

Com o monitoramento contínuo destes parâmetros, espera-se detectar rapidamente qualquer alteração nas condições operacionais do sistema.

Além do monitoramento dos parâmetros, os manuais dos compressores foram estudados para se elaborar os planos de manutenção preventiva.

Para os compressores, todas as manutenções preventivas são programadas em função dos horímetros das máquinas. São recomendadas as inspeções de 2.000 horas, 4.000 horas e 8.000 horas para os compressores GA 707 e GA50VSD da Atlas Copco. Para o compressor Ingersoll Rand P600 são recomendadas inspeções preventivas trimestrais, semestrais e anuais, já que o mesmo roda muito pouco, somente em casos de emergência.

Os check-lists de cada preventiva foram desenvolvidos, e podem ser encontrados nos anexos 7 a 16 deste estudo.

Os planos foram implantados em janeiro de 2012, e os resultados foram notáveis, conforme comentados abaixo.

Não se monitora de forma precisa a disponibilidade das máquinas, como comentado no caso das empilhadeiras, porém desde que o plano entrou em vigor, não ocorreu nenhuma parada não programada em qualquer um dos três compressores.

Comparando com os cerca de 45 dias de indisponibilidade por falha do compressor GA 707 no ano de 2011, a melhora é muito significativa.

O custo para se realizar as manutenções preventivas nos três compressores foi da ordem de R\$ 7.000,00. Este valor é muito inferior aos R\$ 45.000,00 gastos em 2011 com corretivas e combustíveis.

As figuras 12; 13 e 14 apresentam fotos de cada um dos equipamentos que compõem o sistema de ar comprimido da planta.



Figura 12: Compressor de ar Atlas Copco GA 707



Figura 13: Compressor de ar Atlas Copco GA50VSD



Figura 14: Compressor de ar Ingersoll Rand P600 a diesel

## CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO E RESULTADOS

Os planos de manutenção preventiva implantados em 2012 já mostram uma melhora significativa nas condições de trabalho da manutenção.

A análise é dificultada pela falha no uso de indicadores como disponibilidade, MTBF, Tempo Médio entre Falhas e o já citado MTTR, ou Tempo Médio para Reparo.

Ainda assim é possível resumir na tabela abaixo os ganhos obtidos e perceptíveis com a adoção de planos de inspeção diária e manutenção preventiva nas empilhadeiras do site.

Tabela 2: Comparação entre estratégia de manutenção corretiva versus estratégia de manutenção preventiva com inspeção diária para empilhadeiras.

| Comparação - Empilhadeiras              |                       |           |                   |          |
|---|-----------------------|-----------|-------------------|----------|
| Resultados                              | 2011 (antes do plano) |           | 2012 (após plano) |          |
| Nº de manutenções corretivas            | 42                    |           | 6                 |          |
| Nº de manutenções preventivas           | 0                     |           | 14                |          |
| Média de tempo parado em oficina (dias) | 4                     |           | 1                 |          |
| Gasto total com manutenção              | R\$                   | 15.500,00 | R\$               | 5.666,00 |

Notou-se que no ano de 2011 com quarenta e duas paradas não programadas e média de quatro dias para realizar a correção em média, a disponibilidade foi muito inferior e as conseqüências muito piores para a produção do que no ano seguinte com o plano de preventiva já implantado. Apesar de ainda serem necessárias algumas intervenções corretivas, a média de tempo de equipamento parado na

oficina caiu drasticamente, fruto de se ter a atividade de manutenção totalmente planejada antes da execução.

O fator custo, apesar de não ser o objetivo principal do trabalho, também apresentou uma diminuição, apesar de que em 2012 o período analisado é de apenas seis meses, já que o plano foi colocado em prática no mês de maio. Mesmo assim, nota-se a tendência de o custo da manutenção preventiva ser cerca de um terço menor que o praticado na manutenção corretiva do ano anterior.

Neste período de maio a novembro de 2012 foram realizadas duas manutenção preventivas em cada empilhadeira, totalizando, portanto quatorze paradas programadas. Cada parada durou em média um dia, mas como foram programadas antecipadamente, o efeito negativo sobre a produção foi mínimo.

Como se tratam das primeiras paradas para preventiva a tendência é com o tempo, afinar e identificar melhorias nos check-lists dessas manutenções. Para as manutenções corretivas dessas máquinas pretende-se adotar o indicador MTTR, já que os números atuais são baseados na experiência dos mantenedores.

O fato de as manutenções serem programadas e agendadas antecipadamente com o fornecedor e com a produção, reduz consideravelmente o tempo de parada, pois quando a mesma é emergencial, perde-se em geral muito tempo para se fazer primeiramente um diagnóstico com a equipe de manutenção interna (conforme comentado anteriormente), o acionamento do fornecedor, o deslocamento do fornecedor até a empresa (que nem sempre tem mão de obra prontamente disponível), novo diagnóstico pelo fornecedor, e muitas vezes a compra de peças em caráter emergencial, que muitas vezes demora mais de um dia para chegar, e só então o reparo é efetuado.

As manutenções corretivas não foram completamente eliminadas, porém já se percebe uma redução considerável para o período de aproximadamente seis meses. Foram realizadas neste período seis manutenções “emergenciais” ou corretivas, contra uma média de vinte e uma intervenções em período similar de seis meses em 2011.

O fato de os operadores fazerem a verificação de parâmetros nos equipamentos diariamente também contribuiu para seu maior envolvimento nas questões de manutenção, e já se começa a perceber o desenvolvimento da preocupação pessoal com a máquina, o que chamamos de aumentar o sentimento de *ownership*. É interessante notar, por exemplo, que as condições de limpeza e conservação das máquinas mostram claros sinais de melhora desde a implantação do plano, o que reforça o comentário acima.

As paradas programadas também melhoraram muito a comunicação com os setores de produção, que agora participam muito mais das atividades de planejamento de manutenção, pois começam a entender as vantagens de se trabalhar de forma programada e sistemática, que embora seja algo básico, parece uma mudança significativa de realidade para os que estão acostumados a trabalhar na primeira geração.

A análise dos resultados para os compressores segue a mesma tendência, já que o desempenho da estratégia de manutenção corretiva após falha foi desastroso e teve um alto custo para a operação, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Comparação entre estratégia de manutenção corretiva não planejada versus estratégia de manutenção preventiva com inspeção diária para compressores.

| Comparação - Compressores                   |                       |           |                   |          |
|---|-----------------------|-----------|-------------------|----------|
| Resultados                                  | 2011 (antes do plano) |           | 2012 (após plano) |          |
| Nº de manutenções corretivas                | 2                     |           | 0                 |          |
| Nº de manutenções preventivas               | 0                     |           | 4                 |          |
| Média de tempo de equipamento parado (dias) | 45                    |           | 6                 |          |
| Gasto total com manutenção e combustíveis   | R\$                   | 45.000,00 | R\$               | 7.000,00 |

Nota-se novamente uma diferença gritante entre os resultados das duas estratégias.

Enquanto na estratégia de manutenção corretiva não planejada, duas falhas graves tiraram um equipamento de operação por 45 dias, nas manutenções preventivas, planejadas e programadas com antecedência, o tempo de parada foi mínimo, apesar do número de intervenções ser o dobro (4 preventivas contra 2 corretivas).

Isto mostra a vulnerabilidade que a planta se encontrava no caso de uma falha pegar a operação de surpresa e sem o *spare part* necessário em estoque. O compressor reserva Ingersoll Rand P600 evitou que faltasse ar comprimido para a operação, mas o custo para mantê-lo operando custou muito caro para o site conforme mostrado na tabela. Tal equipamento deve ser usado apenas em casos emergenciais e não de forma contínua. Por isso é essencial que a estratégia de manutenção preventiva continue sendo executada para se manter uma confiabilidade adequada aos equipamentos principais do sistema.

A seguir serão apresentadas as conclusões do trabalho, bem como resumidas quais as próximas ações a serem adotadas para a melhoria do desempenho da função manutenção na planta.

## CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Conforme exposto no capítulo anterior, não existem dúvidas de que a adoção de estratégias de manutenção preventiva e inspeções (além da preditiva) para equipamentos críticos, em detrimento de estratégias baseadas em manutenção corretiva não planejada, pode elevar substancialmente o desempenho da função na empresa, fazendo com que esta contribua decisivamente para a melhoria dos resultados no negócio, através do aumento da disponibilidade e da confiabilidade. Também foi notável que além da melhora na disponibilidade e na confiabilidade, os custos operacionais foram consideravelmente reduzidos, o que mostra o impacto direto que uma melhoria em termos de gerenciamento de manutenção pode proporcionar em um fator importante de competitividade.

Os próximos passos a serem seguidos pelo Departamento de Engenharia e Manutenção, com o objetivo de se promover uma cultura de melhoria contínua para a função será dividido em frentes diferentes, mas todas importantes de trabalho.

O plano de ação para melhoria será fundamentado na ferramenta corporativa citada anteriormente, que foi adotada globalmente para elevar o nível e melhorar a eficiência operacional das plantas.

Esta ferramenta é bastante conhecida dentro do universo de Supply Chain e teve seu desenvolvimento inicial na África, através de uma consultoria especializada em gerenciamento de operações de classe mundial, e que mais tarde passou a implantar a mesma em diversas empresas globais como Dupont, Unilever, Coca Cola, Alcoa, entre outras.

A ferramenta possui nove bem definidas linhas de trabalho, que foram tratadas como bases e pilares para a implantação de uma cultura sólida de melhoria contínua nas organizações.

Cada uma das linhas de trabalho foi dividida em 5 níveis de excelência, onde uma empresa mediana está entre o nível 1 e 2 em cada uma linhas de trabalho, enquanto empresas com desempenho excepcional estão no nível 5.

A jornada para se atingir o nível 5 de excelência operacional é extremamente longa, pois a ferramenta é muito abrangente e ao mesmo tempo detalhista. É baseada em questionários e evidências que devem ser respondidos e carregados em um banco de dados global, que compara e disponibiliza as melhores práticas conhecidas para os que adotam a ferramenta.

O objetivo do trabalho não é detalhar a ferramenta e por isso será apenas citado quais são as nove linhas de trabalho e como a estratégia do departamento de manutenção irá se alinhar às mesmas.

A linha de trabalho tida como base principal para todas as outras é a chamada “Liderar e Gerir Mudanças”. Tem o apelo de criar em todos os níveis da organização, começando pelo mais alto uma cultura voltada para mudança e questionamento de métodos antigos, de forma exaustiva, em busca de melhorar sempre.

As quatro linhas de trabalho que estão apoiadas nesta e que sustentam as outras quatro (chamadas de pilares) são: “Trabalho em Equipe”, “5S”, “Gerenciamento Visual” e “Melhoria Focada”. Cada uma destas trata de requisitos básicos que devem ser trabalhados antes de se almejar melhorar o desempenho operacional de forma sustentável. Trata de ter equipes engajadas e multifuncionais trabalhando juntas, áreas bem organizadas, limpas e com identificação fácil e atraente, além da adoção de ferramentas padronizadas básicas para a resolução de problemas diários como o “5 porquês” por exemplo.

Os quatro pilares restantes são: “Proteção de Ativos”, que tem maior ligação com a manutenção, “Manutenção Autônoma”, “Qualidade” e “Redução dos Tempos de *Set-up*”.

A estratégia de melhoria da manutenção será em grande parte baseada nos questionários desta ferramenta, que já tem preparado planos de ação para se elevar o nível de cada uma das linhas de trabalho. Os planos de ação são bastante detalhistas. Para se ter uma idéia da complexidade da ferramenta, cada uma das nove linhas de trabalho tem entre 7 de 10 temas dentro delas, e cada tema possui um questionário específico para cada um dos cinco níveis (iniciando no nível 2).

As melhorias de curto prazo a seguir estão alinhadas com tal ferramenta e serão os passos iniciais para que função manutenção contribua para que a organização atinja seus objetivos de médio e longo prazo.

- Continuar a Implantação de Estratégias de Manutenção para Equipamentos Críticos

Os próximos passos do plano de identificação e tratamento de equipamentos críticos foram explicados no capítulo “Adoção de Uma Nova Postura”.

Será dada continuidade ao plano de identificação de equipamentos críticos que serão alvo de novas estratégias de manutenção, seguindo o que já foi comentado: como prioridade, serão tratados os equipamentos críticos mandatórios pelo padrão corporativo (até o momento da entrega deste trabalho esta fase está 90% concluída), e em seguida serão identificados os equipamentos críticos do ponto de vista operacional com os estudos de HAZOP e VSM, onde alguns já se encontram em andamento com participação ativa da manutenção (vide o caso dos compressores de ar).

Com isso espera-se prover um tratamento adequado para todos os equipamentos críticos da planta, com planos de manutenção preventiva, inspeções e manutenções preditivas bem estabelecidos.

- Implantar um CMMS

Atualmente a função manutenção carece de um software adequado para se gerenciar as atividades e as informações geradas no dia a dia. A adoção de um software de manutenção irá facilitar a implantação dos temas acima, criando uma base de dados confiável para se gerar relatórios, levantar indicadores, discutir ajustes nos planos etc.

#### - Adotar Indicadores de Classe Mundial

Com um software de manutenção implantado, será possível extrair relatórios dos indicadores mais básicos como disponibilidade, MTBF e MTTR para os itens críticos, possibilitando analisar e ajustar continuamente o plano de manutenção. A importância de se dispor de um sistema informatizado para melhorar o desempenho da manutenção foi destacado por Decarli (1991). Com a adoção dos indicadores citados acima, será possível comparar o desempenho dos sistemas da planta com sistemas similares de outros locais, promovendo o *benchmarking*. Tal processo foi destacado por Carazas et al. (2007) e Poling<sup>1</sup>.

#### - Promover a Qualificação dos Mantenedores

Conforme a estratégia de manutenção for sendo mudada, com o enxugamento das atividades de manutenção corretiva não planejada e a expansão dos planos de manutenção preventiva e preditiva, os mantenedores deverão se adaptar à nova realidade. Treinamento formal será necessário em técnicas básicas de gestão de manutenção, ferramentas de análise e solução de problemas, novas tecnologias que estão cada vez mais fazendo parte do cotidiano da equipe (automação, por exemplo), entre outros.

---

<sup>1</sup> POLING, A. (HSB Solomon Associates LLC). Reliability and Maintenance – The Path to World Class Performance. Palestra proferida durante o 27º Congresso Brasileiro de Manutenção, 2012, Rio de Janeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CAMPBELL, J. D.; REYES-PICKNELL, J. **Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management**. 2<sup>nd</sup> Edition. Industrial Press, 2006. 384 p.

CARAZAS, F. J. G. **Decisões Baseadas em Risco: Método Aplicado na Indústria de geração de energia para seleção de equipamentos críticos e políticas de Manutenção**. 2011. 218 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CARAZAS, F. J. G. ET AL. **Método para Evaluación e Disponibilidad em Sistemas de Generación de Energía Eléctrica – Aplicado a Turbinas de Gas**. 8<sup>o</sup> *Congresso Iberoamericano de Ingenieria Mecânica*. Cusco, 2007.

DECARLI, M. S. ET AL. **Sistemas de Gerenciamento de Manutenção**. 6<sup>o</sup> *Congresso Brasileiro de Manutenção*. Trabalhos Técnicos. pp 172-186, ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção, Rio de Janeiro, 1991.

FIDALGO, J. E. L. R. **Maximização de Receita de Concessionária de Transmissão de Energia Elétrica Através da Otimização da Manutenção**. 2007. 109 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

HIDALGO, E. M. P. **Modelo para Diagnose de Falhas em Reguladores de Velocidade de Turbinas Hidráulicas**. 2010. 171 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

KARDEC, A. **Manutenção: função estratégica**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark; Petrobras, 2009. 384 p.

MOUBRAY, J. **Reliability-Centered Maintenance**. Industrial Press, 2000. 426 p.

NYMAN, D.; LEVITT, J. **Maintenance Planning, Scheduling and Coordination**. Industrial Press, 2002. 320 p.

POLING, A. **Reliability and Maintenance – The Path to World Class Performance**. Rio de Janeiro, 12 set. 2012. Palestra proferida por ocasião do 27º Congresso Brasileiro de Manutenção, Rio de Janeiro, 2012.

ROSA, E. B. **Indicadores de Desempenho e Sistema ABC: O Uso de Indicadores para uma Gestão Eficaz do Custeio e das Atividades de Manutenção**. 2006. 2 v. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SLACK, N. ET AL. **Administração da Produção**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009. 728 p.

TEIXEIRA, B. S. **Análise de Disponibilidade em Máquinas Operatrizes: Uma Aplicação a Máquinas Têxteis**. 2008. 126 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VIANA, H. R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 192 p.

## Anexo 1 – Check-list Diário de Empilhadeiras

| Inspeção diária em empilhadeiras a gás e elétricas   |   | / Seg |    |    | / Ter |    |    | / Qua |    |    | / Qui |    |    | / Sex |    |    | / Sab |    |    | / Dom |    |    |  |
|--|---|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|--|
| Itens  | Situação Esperada                             | 1º    | 2º | 3º |  |
| <b>NÃO OBSERVAÇÃO DE QUALQUER IRREGULARIDADE NOS ITENS DE INSPEÇÃO, DESTACADOS EM CINZA, O EQUIPAMENTO NÃO PODERÁ SER UTILIZADO SEM A AUTORIZAÇÃO DO DEPTO. DE MANUTENÇÃO.</b> |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Água do Radiador   | Nível mantido                                 |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Água da Batéria  | Nível mantido                                 |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Cabos da Batéria   | Bom estado / Sem danos                        |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Freio de Trabalho  | Funcionando bem                               |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Fluido de Freio  | Nível mantido                                 |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Óleo do Câmbio   | Nível mantido                                 |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Óleo do Motor  | Nível mantido                                 |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Óleo Hidráulico  | Nível mantido                                 |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Óleo da Transmissão  | Nível mantido                                 |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Correntes  | Sem trincas / Bom estado                      |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Garfos   | Bom estado / Sem danos                        |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Pneus / Rodas  | Bom estado / Calibrados / Bem fixadas         |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Vazamentos   | Sem vazamentos                                |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Carroceria / Funilaria / Pintura   | Bom estado / Sem danos                        |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Teste do Carro   | Elevação do carro em condições                |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Teste da Torre   | Inclinação da torre em condições              |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Sistema de Direção   | Sem folgas / Bom estado                       |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Pedais   | Bom estado / Sem folga                        |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Freios de Estacionamento   | Funcionando bem                               |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Luz de Freio   | Funcionando bem                               |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Baca Alerta e Alarme Sonoro  | Funcionando bem                               |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Sinais Luminosos   | Funcionando bem                               |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Faro   | Funcionando bem                               |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Indicador de Temperatura   | Temperatura ideal da água                     |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Buzina   | Funcionando bem                               |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Extintor   | Carregado                                     |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Nível de Gás   | Carregado                                     |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Limpeza Geral  | Limpa / Em condições de uso                   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Horímetro  | Funcionando bem                               |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| <b>RE do Operador</b>  |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| RE e visto do Operador Especializado / Supervisor  |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Resultados / Condições:  | Reprovações, Comentários e Não Conformidades: |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| A - Aprovado   |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| IA - Não se aplica   |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| R (n) - Reprovado  |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| C (n) - Comentários  |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| AM - Aguardando Manutenção   |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| <b>Auditoria de Campo:</b>   |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| NC (n) - Não Conformidade  |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Nome   |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |
| Data   |   |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |  |

## Anexo 2: Check-list de Manutenção Preventiva Trimestral em Empilhadeiras (página 1)

### Manutenção Preventiva Trimestral em Empilhadeiras a Gás

| A - Características do Equipamento   |    |                      |
|--|----|----------------------|
| Código / N.º de Registro:  |    |                      |
| Posição / Setor:   |    |                      |
| Data de Início da Manutenção:  |    |                      |
| Data de Término da Manutenção:   |    |                      |
| B - Elementos de Carga   |    | Resultado / Condição |
| <b>1. Correntes:</b>   |    |                      |
| 1.1 Examine visualmente verificando o tensionamento. A extensão da corrente não deverá exceder o valor máximo especificado pelo fabricante.  |    |                      |
| Extensão da Corrente entre 26 elos [mm]: (*) Ver os parâmetros do fabricante.  |    |                      |
| Resultado:   |    |                      |
| 1.2 Retire as correntes e providencie uma limpeza completa com banho de solvente apropriado  |    |                      |
| 1.3 Verifique o desgaste nas bordas das placas de ligação. O desgaste permitido deverá respeitar a altura mínima do elo especificado pelo fabricante.  |    |                      |
| Altura do elo [mm] (Média entre 5 elos situados na região de maior desgaste):  |    |                      |
| Resultado:   |    |                      |
| <b>(*) Parâmetros do fabricante para a inspeção de correntes.</b>  |    |                      |
| N.º de Elos (Tipo de corrente):  |    | 26                   |
| Espaçamento entre elos [mm] (Medida original):   |    | 19,05                |
| Altura do elo [mm] (Medida Original):  |    | 17,50                |
| Extensão máxima permitida entre 26 elos [mm]:  |    | 505,21               |
| Altura mínima permitida do elo [mm]  |    | 16,63                |
| 1.4 Verifique os terminais da corrente, os pontos de fixação, a flexibilidade da corrente e a condição das Roldanas.   |    |                      |
| 1.5 Caso a corrente apresente qualquer dos seguintes defeitos ela deverá ser substituída:  |    |                      |
| 1.5.1 Placas de ligação trincadas, danificadas ou faltando.  |    |                      |
| 1.5.2 Orifícios alongados em placas de ligação externas (Rebites com perigo de se soltarem).   |    |                      |
| 1.5.3 Rebites soltos ou apresentando desgaste.   |    |                      |
| 1.5.4 Sinal de ferrugem ou corrosão, especialmente nos pontos de fixação ou faces internas das   |    |                      |
| 1.6 Condição geral da corrente.  |    |                      |
| <b>2. Mastro e Carro:</b>  |    |                      |
| <b>2.1 Mastro:</b>   |    |                      |
| 2.1.1 Examine visualmente o mastro e verifique se o cilindro de inclinação e os pinos/mancais da base sofreram algum tipo de desgaste.   |    |                      |
| 2.1.2 Verifique as condições dos mancais, internos e externos, e dos rolamentos de elevação do carro.  |    |                      |
| 2.1.3 Verifique os dispositivos para limitação de altura no percurso do carro.   |    |                      |
| <b>2.2 Carro:</b>  |    |                      |
| Importante: A remoção do carro para um exame visual das peças não expostas, ocorrerá a critério do Mantenedor, respeitando um intervalo máximo de 2 anos.  |    |                      |
| Caso seja necessária a remoção do Carro para Inspeção de DFPM, preencher campo de  |    |                      |
| 2.2.1 Examine visualmente o carro e verifique se as peças expostas e soldas apresentam algum tipo de desgaste ou trinca.   |    |                      |
| 2.2.2 Verificar as condições das alavancas de levantamento e inclinação de carga.  |    |                      |
| 2.2.3 Condição geral do carro.   |    |                      |
| <b>3. Garfos:</b>  |    |                      |
| Importante: Verificar o cronograma de Inspeções de Detecção de Falhas por Partículas Magnéticas (DFPM) na pasta do   |    |                      |
| Caso seja necessária a remoção do Garfo para Inspeção de DFPM, preencher campo de  |    |                      |
| 3.1 Examine visualmente o garfo e verifique se as áreas altamente tensionadas, como o raio interno da base e as garras forjadas ou soldadas que prendem os garfos no carro, apresentam algum tipo de |    |                      |
| 3.2 Determine a deformação e o desgaste das lâminas dos garfos (Máxima diferença 10%)  |    |                      |
| Espessura Original do Garfo [mm]: Ver pasta do equipamento.  | GE | GD                   |
| Espessura Pto. 1 [mm]:   |    |                      |
| Espessura Pto. 2 [mm]:   |    |                      |
| Espessura Pto. 3 [mm]:   |    |                      |
| Resultado:   |    |                      |
| 3.3 Examine se houve deformação angular permanente nos garfos, e se o mesmo não se encontra a  |    |                      |

## Anexo 3: Check-list de Manutenção Preventiva Trimestral em Empilhadeiras (página 2)

| C - Mecânica  | Resultado / Condição        |
|---|-----------------------------|
| <b>1. Motor:</b>  |                             |
| 1.1 Regular o motor, ajustar o sistema de injeção e controlar a emissão de poluentes.   |                             |
| <b>2. Câmbio:</b>   |                             |
| 2.1 Verificar o nível de óleo do reservatório e examinar visualmente os componentes expostos do   |                             |
| 2.2 Verificar folgas entre as marchas.  |                             |
| <b>3. Sistema de Direção:</b>   |                             |
| 3.1 Verificar se a junta universal e os braços do volante apresentam folgas excessivas.   |                             |
| 3.2 Alinhar e balancear as rodas.   |                             |
| 3.3 Verificar folgas nos pinos e mangas dos eixos.  |                             |
| <b>4. Sistema de Refrigeração:</b>  |                             |
| 4.1 Verificar o nível de óleo lubrificante e refrigerante do motor.   |                             |
| 4.2 Inspeccionar e limpar o ventilador.   |                             |
| 4.3 Verificar as condições de funcionamento do radiador e providenciar limpeza das aletas de troca de   |                             |
| <b>5. Sistema de Escapamento:</b>   |                             |
| 5.1 Executar inspeção visual no sistema de escapamento.   |                             |
| <b>6. Correias e Polias:</b>  |                             |
| 6.1 Verificar se as correias apresentam folgas excessivas.  |                             |
| 6.2 Verificar se as correias apresentam ressecamento e bandas desgastadas. Caso as correias apresentarem tais problemas, elas deverão ser substituídas. |                             |
| 6.3 Verificar se existem desgastes nos canais ou no eixo das polias.  |                             |
| <b>7. Transmissão e Conversor de Torque:</b>  |                             |
| 7.1 Verificar as condições da embreagem e do pedal de embreagem. Ajustar se necessário.   |                             |
| 7.2 Verificar o pedal auxiliar do conversor de torque e os acessórios acoplados ao mesmo.   |                             |
| <b>8. Freios:</b>   |                             |
| 8.1 Verificar as condições do freio de trabalho e estacionamento. Ajustar se necessário.  |                             |
| 8.2 Verificar o nível de óleo.  |                             |
| <b>9. Pneus e Rodas:</b>  |                             |
| 9.1 Examinar visualmente as bandas de rodagem.  |                             |
| 9.2 Calibrar os pneus.  |                             |
| 9.3 Verificar se as porcas, os mancais e os rolamentos das rodas apresentam folgas.   |                             |
| 9.4 Verificar o estado de conservação dos aros das rodas.   |                             |
| <b>10. Funilaria e Pintura:</b>   |                             |
| 10.1 Verificar o estado de conservação geral da empilhadeira, quanto a funilaria e pintura.   |                             |
| <b>11. Lubrificação:</b>  |                             |
| 11.1 Executar as trocas dos óleos e dos filtros, conforme plano de lubrificação.  |                             |
| <b>D - Elétrica</b>   | <b>Resultado / Condição</b> |
| <b>1. Alternador:</b>   |                             |
| 1.1 Verificar as condições do alternador.   |                             |
| <b>2. Sistema de Ignição:</b>   |                             |
| 2.1 Verificar o sistema de ignição da máquina (distribuidor, cachimbo e velas), e se necessário fazer a substituição das velas.                         |                             |
| 2.2 Limpar todos os componentes.  |                             |
| <b>3. Cabos e Conexões:</b>   |                             |
| 3.1 Analisar o estado dos isolamentos.  |                             |
| 3.2 Trocar os cabos e contatos danificados.   |                             |
| 3.3 Limpar as conexões elétricas.   |                             |

## Anexo 4: Check-list de Manutenção Preventiva Trimestral em Empilhadeiras (página 3)

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| <b>4. Bateria:</b>  |                             |
| 4.1 Verificar o nível de líquido eletrolítico.  |                             |
| 4.2 Verificar os pólos e os cabos da bateria.   |                             |
| 4.3 Verificar valores de tensão, densidade, corrente de trabalho e corrente de partida.   |                             |
| <b>5. Painel Elétrico:</b>  |                             |
| 5.1 Verificar todas as funções do painel, quanto ao seu perfeito funcionamento.   |                             |
| 5.2 Verificar o funcionamento da buzina, farol e sinalizadores.   |                             |
| <b>6. Motor de Partida:</b>   |                             |
| 6.1 Verificar o funcionamento do motor de partida.  |                             |
| <b>E - Hidráulica</b>   | <b>Resultado / Condição</b> |
| <b>1. Conexões:</b>   |                             |
| 1.1 Verificar as conexões, quanto as condições de aperto e eliminar possíveis vazamentos.   |                             |
| <b>2. Mangueiras:</b>   |                             |
| 2.1 Verificar se as mangueiras apresentam vazamentos ou dobras.   |                             |
| 2.2 Verificar o estado de conservação das mangueiras.   |                             |
| <b>3. Bomba d'água:</b>   |                             |
| 3.1 Verificar as condições gerais da bomba, quanto ao seu perfeito funcionamento.   |                             |
| <b>4. Válvulas:</b>   |                             |
| 4.1 Regular e ajustar as válvulas hidráulicas.  |                             |
| <b>5. Cilindro Hidráulico:</b>  |                             |
| 5.1 Verificar as condições do cilindro hidráulico, quanto ao seu estado de conservação e lubrificação.  |                             |
| <b>F - Dispositivos / Intertravamentos de Segurança</b>   | <b>Resultado / Condição</b> |
| Ver detalhes no Apêndice E e F do procedimento da Akzollobel  |                             |
| <b>G - Geral</b>  | <b>Resultado / Condição</b> |
| <b>1. Acessórios:</b>   |                             |
| 1.1 Verificar as condições do cilindro de gás, quanto ao seu estado de conservação.   |                             |
| 1.2 Verificar as condições do Rodogás e se necessário ajustar.  |                             |
| <b>2. Elementos de Segurança:</b>   |                             |
| <b>2.1 Cinto de Segurança e Fixações:</b>   |                             |
| 2.1.2 Examine visualmente se não há cortes nos cintos, se não estão desgastados, ou se não sofreram outras deteriorações, incluindo ataque químico. |                             |
| 2.1.3 Verifique a segurança das fixações.   |                             |
| 2.2 Alarme sonoro para marcha ré.   |                             |
| <b>3. Cabine do Motorista:</b>  |                             |
| 3.1 Examine visualmente as condições gerais da cabine do motorista, atentando para as partes  |                             |
| <b>4. Identificações e Marcações:</b>   |                             |
| 4.1 Verificar se o número de identificação da empilhadeira e a capacidade segura de trabalho estão claramente visíveis.                             |                             |
| <b>5. Limpeza:</b>  |                             |
| 5.1 Condições de Limpeza: Providenciar a limpeza geral e lavagem completa da empilhadeira.  |                             |







**Anexo 8: Check-list de Manutenção Preventiva do Compressor GA 707 (2.000 horas)**

**Plano de Preventiva  
Compressores 2.000Hs**

| Código   | Área  | Equipamento                     | Horimetro            |
|--|---|---------------------------------|----------------------|
| COP-003  | Utilidades  | Compressor GA-707               |                      |
| Tarefa   | Descrição da tarefa   |                                 | Valor / situação     |
| 1  | Monitoramento das condições ( nível de óleo, temperatura, corrente, etc.) |                                 |                      |
| 2  | Engraxar rolamentos do motor ( graxa POLYREX )                            |                                 |                      |
| 3  | Testar dispositivos de segurança (termostato)                             |                                 |                      |
| 4  | Testar dispositivos de segurança (vacuostato)                             |                                 |                      |
| 5  | Testar dispositivo de segurança (válvula de segurança)                    |                                 |                      |
| 6  | Limpar ou substituir filtro de ar   |                                 |                      |
| 7  | Verificar pontos de vazamento   |                                 |                      |
| 8  | Verificar limpeza do radiador   |                                 |                      |
| 9  | Verificar os instrumentos (manômetros e termômetros)                      |                                 |                      |
| 10   | Limpeza do compressor   |                                 |                      |
| 11   | Verificar circuito elétrico   |                                 |                      |
| Valores de referência:                           |   |                                 | Valor obtido         |
| Diferencial de pressão do separador $\Delta P$ : |   | máximo 1Kgf/cm <sup>2</sup>     |                      |
| Pressão de vácuo                                 |   | máximo -0.45Kgf/cm <sup>2</sup> |                      |
| Temperatura do óleo                              |   | máximo 95°C                     |                      |
| Corrente do motor                                |   | máximo 100A                     |                      |
| Nível de óleo (com o compressor parado)          |   | na faixa NORMAL                 |                      |
| <b>Observações:</b>                              |   |                                 |                      |
|  |   |                                 | <b>Visto Técnico</b> |
|  |   |                                 | <b>DATA</b>          |

**Anexo 9: Check-list de Manutenção Preventiva do Compressor GA 707 (4.000 horas)**

| <b>Plano de Preventiva<br/>Compressores 4.000Hs</b> |   |                                 |                      |
|---|---|---------------------------------|----------------------|
| Código  | Área  | Equipamento                     | Horimetro            |
| COP-003   | Utilidades  | Compressor GA-707               |                      |
| Tarefa  | Descrição da tarefa   |                                 | Valor / situação     |
| 1   | Monitoramento das condições ( nível de óleo, temperatura, corrente, etc.) |                                 |                      |
| 2   | Engraxar rolamentos do motor ( graxa POLYREX )                            |                                 |                      |
| 3   | Testar dispositivos de segurança (termostato)                             |                                 |                      |
| 4   | Testar dispositivos de segurança (vacuostato)                             |                                 |                      |
| 5   | Testar dispositivo de segurança (válvula de segurança)                    |                                 |                      |
| 6   | Limpar ou substituir filtro de ar   |                                 |                      |
| 7   | Verificar pontos de vazamento   |                                 |                      |
| 8   | Verificar limpeza do radiador   |                                 |                      |
| 9   | Verificar os instrumentos (manômetros e termômetros)                      |                                 |                      |
| 10  | Limpeza do compressor   |                                 |                      |
| 11  | Substituir óleo do compressor   |                                 |                      |
| 12  | Substituir filtro de óleo   |                                 |                      |
| 13  | Limpeza externa do radiador   |                                 |                      |
| 14  | Verificar circuito elétrico   |                                 |                      |
| Valores de referência:                              |   |                                 | Valor obtido         |
| Diferencial de pressão do separador $\Delta P$      |   | máximo 1Kgf/cm <sup>2</sup>     |                      |
| Pressão de vácuo                                    |   | máximo -0.45Kgf/cm <sup>2</sup> |                      |
| Temperatura do óleo                                 |   | máximo 95°C                     |                      |
| Corrente do motor                                   |   | máximo 100A                     |                      |
| Nível de óleo (com o compressor parado)             |   | na faixa NORMAL                 |                      |
| <b>Observações:</b>                                 |   |                                 |                      |
|   |   |                                 | <b>Visto Técnico</b> |
|   |   |                                 | <b>DATA</b>          |

**Anexo 10: Check-list de Manutenção Preventiva do Compressor GA 707 (8.000 horas)**

| <b>Plano de Preventiva<br/>Compressores 8.000Hs</b> |   |                                 |                         |
|---|---|---------------------------------|-------------------------|
| <b>Código</b>                                       | <b>Área</b>   | <b>Equipamento</b>              | <b>Horimetro</b>        |
| COP-003   | Utilidades  | Compressor GA-707               |                         |
| <b>Tarefa</b>                                       | <b>Descrição da tarefa</b>  |                                 | <b>Valor / situação</b> |
| 1   | Monitoramento das condições ( nível de óleo, temperatura, corrente, etc ) |                                 |                         |
| 2   | Engraxar rolamentos do motor ( graxa POLYREX )                            |                                 |                         |
| 3   | Calibrar termostato   |                                 |                         |
| 4   | Calibrar vacuostato   |                                 |                         |
| 5   | Calibrar válvula de segurança   |                                 |                         |
| 6   | Calibrar válvula de diferencial de pressão do filtro de óleo              |                                 |                         |
| 7   | Calibrar válvula de diferencial de pressão do filtro separador            |                                 |                         |
| 8   | Substituir filtro de ar   |                                 |                         |
| 9   | Verificar pontos de vazamento   |                                 |                         |
| 10  | Limpar radiador internamente  |                                 |                         |
| 11  | Verificar os instrumentos (manômetros e termômetros)                      |                                 |                         |
| 12  | Limpeza do compressor   |                                 |                         |
| 13  | Substituir óleo do compressor   |                                 |                         |
| 14  | Substituir filtro de óleo   |                                 |                         |
| 15  | Substituir filtro separador   |                                 |                         |
| 16  | Revisar Válvula de retenção de óleo                                       |                                 |                         |
| 17  | Revisar válvula de retenção de ar   |                                 |                         |
| 18  | Revisar válvula de recirculação   |                                 |                         |
| 19  | Revisar válvula de pressão mínima   |                                 |                         |
| 20  | Revisar válvula de admissão   |                                 |                         |
| 21  | Verificar circuito elétrico   |                                 |                         |
| <b>Valores de referência:</b>                       |   |                                 | <b>Valor obtido</b>     |
| Diferencial de pressão do separador $\Delta P$ :    |   | máximo 1Kgf/cm <sup>2</sup>     |                         |
| Pressão de vácuo                                    |   | máximo -0.45Kgf/cm <sup>2</sup> |                         |
| Temperatura do óleo                                 |   | máximo 95°C                     |                         |
| Corrente do motor                                   |   | máximo 100A                     |                         |
| Nível de óleo (com o compressor parado)             |   | na faixa NORMAL                 |                         |
| <b>Observações:</b>                                 |   | <b>Visto Técnico</b>            | <b>DATA</b>             |
|   |   |                                 |                         |

**Anexo 11: Check-list de Manutenção Preventiva do Compressor GA 50 VSD  
(2.000 horas)**

| <b>Plano de Preventiva<br/>Compressores 2.000Hs</b> |   |                                 |                         |
|---|---|---------------------------------|-------------------------|
| <b>Código</b>                                       | <b>Área</b>   | <b>Equipamento</b>              | <b>Horimetro</b>        |
| COP-007   | Utilidades  | Compressor GA-50 VSD            |                         |
| <b>Tarefa</b>                                       | <b>Descrição da tarefa</b>  |                                 | <b>Valor / situação</b> |
| 1   | Monitoramento das condições ( nível de óleo, temperatura, corrente, etc.) |                                 |                         |
| 2   | Engraxar rolamentos do motor  |                                 |                         |
| 3   | Testar dispositivos de segurança (termostato)                             |                                 |                         |
| 4   | Testar dispositivos de segurança (vacuostato)                             |                                 |                         |
| 5   | Testar dispositivo de segurança (válvula de segurança)                    |                                 |                         |
| 6   | Limpar ou substituir filtro de ar   |                                 |                         |
| 7   | Verificar pontos de vazamento   |                                 |                         |
| 8   | Verificar limpeza do radiador   |                                 |                         |
| 9   | Verificar os instrumentos (manômetros e termômetros)                      |                                 |                         |
| 10  | Limpeza do compressor   |                                 |                         |
| 11  | Limpeza externa do radiador   |                                 |                         |
| 12  | Limpeza no sistema de ventilação do inversor de frequência                |                                 |                         |
| 13  | Efetuar teste no LED/visor  |                                 |                         |
| 14  | Verificar circuito elétrico   |                                 |                         |
| <b>Valores de referência:</b>                       |   |                                 | <b>Valor obtido</b>     |
| Diferencial de pressão do separador $\Delta P$ :    |   | máximo 1Kgf/cm <sup>2</sup>     |                         |
| Pressão de vácuo                                    |   | máximo -0.45Kgf/cm <sup>2</sup> |                         |
| Temperatura do óleo                                 |   | máximo 95°C                     |                         |
| Corrente do motor                                   |   | máximo A                        |                         |
| Nível de óleo (com o compressor em funcionamento)   |   | na faixa NORMAL                 |                         |
| <b>Observações:</b>                                 |   |                                 |                         |
|   |   |                                 | <b>Visto Técnico</b>    |
|   |   |                                 |                         |
|   |   |                                 | <b>DATA</b>             |
|   |   |                                 |                         |

**Anexo 12: Check-list de Manutenção Preventiva do Compressor GA 50 VSD  
(4.000 horas)**

|   |   | <b>Plano de Preventiva<br/>Compressores 4.000Hs</b> |                         |
|---|---|---|-------------------------|
| <b>Código</b>                                     | <b>Área</b>   | <b>Equipamento</b>                                  | <b>Horimetro</b>        |
| COP-007   | Utilidades  | Compressor GA-50 VSD                                |                         |
| <b>Tarefa</b>                                     | <b>Descrição da tarefa</b>  |   | <b>Valor / situação</b> |
| 1   | Monitoramento das condições ( nível de óleo, temperatura, corrente, etc ) |   |                         |
| 2   | Engraxar rolamentos do motor  |   |                         |
| 3   | Testar dispositivos de segurança (termostato)                             |   |                         |
| 4   | Testar dispositivos de segurança (vacuostato)                             |   |                         |
| 5   | Testar dispositivo de segurança (válvula de segurança)                    |   |                         |
| 6   | Substituir filtro de ar   |   |                         |
| 7   | Verificar pontos de vazamento   |   |                         |
| 8   | Verificar limpeza do radiador   |   |                         |
| 9   | Verificar os instrumentos (manômetros e termômetros)                      |   |                         |
| 10  | Limpeza do compressor   |   |                         |
| 11  | Substituir óleo do compressor   |   |                         |
| 12  | Substituir filtro de óleo   |   |                         |
| 13  | Limpeza externa do radiador   |   |                         |
| 14  | Verificar circuito elétrico   |   |                         |
| <b>Valores de referência:</b>                     |   |   | <b>Valor obtido</b>     |
| Diferencial de pressão do separador $\Delta P$ :  |   | máximo 1Kgf/cm <sup>2</sup>                         |                         |
| Pressão de vácuo                                  |   | máximo -0.45Kgf/cm <sup>2</sup>                     |                         |
| Temperatura do óleo                               |   | máximo 95°C   |                         |
| Corrente do motor                                 |   | máximo A  |                         |
| Nível de óleo (com o compressor em funcionamento) |   | na faixa NORMAL                                     |                         |
| <b>Observações:</b>                               |   |   |                         |
|   |   |   | <b>Visto Técnico</b>    |
|   |   |   |                         |
|   |   |   | <b>DATA</b>             |
|   |   |   |                         |

**Anexo 13: Check-list de Manutenção Preventiva do Compressor GA 50 VSD  
(8.000 horas)**

| <b>Plano de Preventiva<br/>Compressores 8.000Hs</b> |   |                                 |                      |
|---|---|---------------------------------|----------------------|
| Código  | Área  | Equipamento                     | Horimetro            |
| COP-007   | Utilidades  | Compressor GA-50 VSD            |                      |
| Tarefa  | Descrição da tarefa   |                                 | Valor / situação     |
| 1   | Monitoramento das condições ( nível de óleo, temperatura, corrente, etc ) |                                 |                      |
| 2   | Engraxar rolamentos do motor  |                                 |                      |
| 3   | Testar dispositivos de segurança (termostato)                             |                                 |                      |
| 4   | Testar dispositivos de segurança (vacuostato)                             |                                 |                      |
| 5   | Calibrar válvula de segurança   |                                 |                      |
| 6   | Substituir filtro de ar   |                                 |                      |
| 7   | Verificar pontos de vazamento   |                                 |                      |
| 8   | Executar limpeza do radiador  |                                 |                      |
| 9   | Verificar os instrumentos (manômetros e termômetros)                      |                                 |                      |
| 10  | Limpeza do compressor   |                                 |                      |
| 11  | Substituir óleo do compressor   |                                 |                      |
| 12  | Substituir filtro de óleo   |                                 |                      |
| 13  | Troca do filtro separador   |                                 |                      |
| 14  | Verificar circuito elétrico   |                                 |                      |
| Valores de referência:                              |   |                                 | Valor obtido         |
| Diferencial de pressão do separador $\Delta P$      |   | máximo 1Kgf/cm <sup>2</sup>     |                      |
| Pressão de vácuo                                    |   | máximo -0.45Kgf/cm <sup>2</sup> |                      |
| Temperatura do óleo                                 |   | máximo 95°C                     |                      |
| Corrente do motor                                   |   | máximo A                        |                      |
| Nível de óleo (com o compressor em funcionamento)   |   | na faixa NORMAL                 |                      |
| <b>Observações:</b>                                 |   |                                 |                      |
|   |   |                                 | <b>Visto Técnico</b> |
|   |   |                                 | <b>DATA</b>          |

**Anexo 14: Check-list de Manutenção Preventiva do Compressor P600 (trimestral)**

|   |   | <b>Plano de Preventiva<br/>Compressores 3 meses ou<br/>500Hs</b> |                      |
|---|---|--|----------------------|
| Código  | Área  | Equipamento  | Horimetro            |
| COP-006   | Utilidades  | Compressor Ingersoll Rand-P 600                                  |                      |
| Tarefa  | Descrição da tarefa   |  | Valor / situação     |
| 1   | Monitoramento das condições ( nível de óleo, temperatura, tensão, etc.) |  |                      |
| 2   | Testar dispositivos de segurança (termostato)                           |  |                      |
| 3   | Testar dispositivos de segurança (vacuostato)                           |  |                      |
| 4   | Testar dispositivo de segurança (válvula de segurança)                  |  |                      |
| 5   | Limpar ou substituir filtro de ar                                       |  |                      |
| 6   | Verificar pontos de vazamento   |  |                      |
| 7   | Executar limpeza do radiador (externo)                                  |  |                      |
| 8   | Verificar os instrumentos (manômetros e termômetros)                    |  |                      |
| 9   | Limpeza do compressor   |  |                      |
| 10  | Substituir filtro de óleo   |  |                      |
| 11  | Substituir filtro de ar   |  |                      |
| Valores de referência:                            |   |  | Valor obtido         |
| Diferencial de pressão do separador $\Delta P$ :  |   | máximo 1Kgf/cm <sup>2</sup>                                      |                      |
| Pressão de vácuo                                  |   | máximo -0.45Kgf/cm <sup>2</sup>                                  |                      |
| Temperatura da descarga de ar do compressor       |   | máximo 95°C  |                      |
| Temperatura da água                               |   | máximo 100°C   |                      |
| Tensão no voltmetro                               |   | acima de 24 V  |                      |
| Velocidade do motor                               |   | 1400 a 2100 rpm  |                      |
| Pressão do óleo do motor                          |   | acima de 20 Psi  |                      |
| Pressão do ar comprimido                          |   | 100 Kgf/cm <sup>2</sup>  |                      |
| Nível de óleo (com o compressor em funcionamento) |   | meio do visor  |                      |
| Observações:                                      |   |  |                      |
|   |   |  | <b>Visto Técnico</b> |
|   |   |  |                      |
|   |   |  | <b>DATA</b>          |
|   |   |  |                      |

**Anexo 15: Check-list de Manutenção Preventiva do Compressor P600 (semestral)**

**Plano de Preventiva  
Compressores 6 meses ou  
1.000Hs**

| Código  | Área  | Equipamento                     | Horimetro            |
|---|---|---------------------------------|----------------------|
| COP-006   | Utilidades  | Compressor Ingersoll Rand-P 600 |                      |
| Tarefa  | Descrição da tarefa   | Valor / situação                |                      |
| 1   | Monitoramento das condições ( nível de óleo, temperatura, tensão, etc.) |                                 |                      |
| 2   | Testar dispositivos de segurança (termostato)                           |                                 |                      |
| 3   | Testar dispositivos de segurança (vacuostato)                           |                                 |                      |
| 4   | Testar dispositivo de segurança (válvula de segurança)                  |                                 |                      |
| 5   | Verificar pontos de vazamento   |                                 |                      |
| 6   | Executar limpeza do radiador (externo)                                  |                                 |                      |
| 7   | Verificar os instrumentos (manômetros e termômetros)                    |                                 |                      |
| 8   | Limpeza do compressor   |                                 |                      |
| 9   | Substituir elemento separador de combustível / água                     |                                 |                      |
| 11  | Substituir filtro de óleo   |                                 |                      |
| 12  | Substituir filtro de ar   |                                 |                      |
| Valores de referência:                            |   |                                 | Valor obtido         |
| Diferencial de pressão do separador $\Delta P$ :  |   | máximo 1Kgf/cm <sup>2</sup>     |                      |
| Pressão de vácuo                                  |   | máximo -0.45Kgf/cm <sup>2</sup> |                      |
| Temperatura da descarga de ar do compressor       |   | máximo 95°C                     |                      |
| Temperatura da água                               |   | máximo 100°C                    |                      |
| Tensão no voltímetro                              |   | acima de 24 V                   |                      |
| Velocidade do motor                               |   | 1400 a 2100 rpm                 |                      |
| Pressão do óleo do motor                          |   | acima de 20 Psi                 |                      |
| Pressão do ar comprimido                          |   | 100 Kgf/cm <sup>2</sup>         |                      |
| Nível de óleo (com o compressor em funcionamento) |   | meio do visor                   |                      |
|   |   |                                 | <b>Visto Técnico</b> |
|   |   |                                 |                      |
|   |   |                                 | <b>DATA</b>          |
|   |   |                                 |                      |

**Anexo 16: Check-list de Manutenção Preventiva do Compressor P600 (anual)**

|   |   | <b>Plano de Preventiva<br/>Compressores 12 meses ou<br/>2.000Hs</b> |                         |
|---|---|---|-------------------------|
| <b>Código</b>                                     | <b>Área</b>   | <b>Equipamento</b>  | <b>Horimetro</b>        |
| COP-006   | Utilidades  | Compressor Ingersoll Rand-P 600                                     |                         |
| <b>Tarefa</b>                                     | <b>Descrição da tarefa</b>  |   | <b>Valor / situação</b> |
| 1   | Monitoramento das condições ( nível de óleo, temperatura, tensão, etc ) |   |                         |
| 2   | Testar dispositivos de segurança (termostato)                           |   |                         |
| 3   | Testar dispositivos de segurança (vacuostato)                           |   |                         |
| 4   | Testar dispositivo de segurança (válvula de segurança)                  |   |                         |
| 5   | Verificar pontos de vazamento   |   |                         |
| 6   | Executar limpeza do radiador (externo)                                  |   |                         |
| 7   | Verificar os instrumentos (manômetros e termômetros)                    |   |                         |
| 8   | Limpeza do compressor   |   |                         |
| 9   | Troca de água com aditivo do radiador do motor                          |   |                         |
| 11  | Troca de óleo e filtros do motor  |   |                         |
| 12  | Substituir elemento separador de óleo do compressor                     |   |                         |
| 13  | Substituir elemento separador de combustível / água                     |   |                         |
| 14  | Substituir filtro de óleo   |   |                         |
| 15  | Substituir filtro de ar   |   |                         |
| <b>Valores de referência:</b>                     |   |   |                         |
| Diferencial de pressão do separador $\Delta P$    |   | máximo 1Kgf/cm <sup>2</sup>   |                         |
| Pressão de vácuo                                  |   | máximo -0.45Kgf/cm <sup>2</sup>                                     | <b>Valor obtido</b>     |
| Temperatura da descarga de ar do compressor       |   | máximo 95°C   |                         |
| Temperatura da água                               |   | máximo 100°C  |                         |
| Tensão no voltmetro                               |   | acima de 24 V   |                         |
| Velocidade do motor                               |   | 1400 a 2100 rpm   |                         |
| Pressão do óleo do motor                          |   | acima de 20 Psi   |                         |
| Pressão do ar comprimido                          |   | 100 Kgf/cm <sup>2</sup>   |                         |
| Nível de óleo (com o compressor em funcionamento) |   | meio do visor   |                         |
|   |   |   | <b>Visto Técnico</b>    |
|   |   |   |                         |
|   |   |   | <b>DATA</b>             |
|   |   |   |                         |