

CENTRO UNIVERSITARIO DO SUL DE MINAS
CURSO DE BACHAREL EM ENGENHARIA MECÂNICA
LEANDRO PENA AURELIANO

N. CLASS.	M 680.0046
CUTTER	A 927e
ANO/EDIÇÃO	2013

O PILAR MANUTENÇÃO PROFISSIONAL NA METODOLOGIA
WCM – MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL

Varginha
2013

FEPESMIG

LEANDRO PENA AURELIANO

**O PILAR MANUTENÇÃO PROFISSIONAL NA METODOLIGIA
WCM – MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário do Sul de Minas como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira.

**Varginha
2013**

LEANDRO PENA AURELIANO

**O PILAR MANUTENÇÃO PROFISSIONAL NA METODOLIGIA
WCM – MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas/Unis-MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira

Prof. Me. Luiz Carlos Vieira Guedes

Prof. Esp Luciene de Oliveira Prósperi

OBS.:

Dedico este trabalho à todos aqueles que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional e acreditaram nesta realização. Agradeço a Deus, meus familiares e amigos que me orientaram durante estes cinco anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, meus irmãos, minha noiva, professores, amigos e colegas de trabalho por terem contribuído na execução deste trabalho.

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.

Charles Chaplin

Grupo Educacional UNIS

RESUMO

Este documento estuda o pilar de Manutenção Profissional dentro da metodologia WCM (*World Class Manufacturing*), que com base nos 7 passos, visa a redução de perdas nos processos produtivos, aumento da disponibilidade e confiabilidade, estabilização do MTBF (*Mean Time Between Failures* ou Tempo médio entre falhas), mudança de cultura e motivação das pessoas, melhoria contínua, a tendência de quebra zero nas máquinas, maior produtividade e segurança e principalmente a redução de custos de manutenção nos equipamentos envolvidos. Com o estudo realizado no pilar Desdobramento de Custos é publicado onde devem se concentrar os esforços e investimentos para se trabalhar na máquina e ou equipamento que realmente encontram-se as maiores perdas, quebras e falhas. E em consequência alcançar os resultados esperados. Neste trabalho é feito o estudo de caso em uma máquina cujos indicadores estavam em um índice ruim e após a implantação desta metodologia e seguindo os passos se obteve resultados muito significativos o que dá força e credibilidade a esta ferramenta.

Palavras-chave: Manutenção Profissional. World Class Manufacturing. Indicadores.

ABSTRACT

This paper studies the Professional Maintenance pillar within the methodology WCM (World Class Manufacturing) , which based on seven steps , aimed at reducing losses in production processes , increase the availability and reliability , stabilization of the MTBF (Mean Time Between Failures and Time average between failures) , culture change and motivation of people , continuous improvement , the downward trend in zero machines , increased productivity and security , and especially the reduction of maintenance costs on equipment involved . With the study on the pillar Deployment Cost is published where they should concentrate efforts and investments to work on the machine or equipment and they really are the biggest losses , breakages and failures . And consequently achieve the expected results . This work is done the case study on a machine whose indicators were in a bad index and after the implementation of this methodology and following the steps was obtained very significant results which gives strength and credibility to this tool.

Keywords: Maintenance Professional. World Class Manufacturing. Indicators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - 7 passos da manutenção profissional.....	27
Figura 2 - Tipologia de Manutenção	28
Figura 3 - Gráfico de Tempo de Máquina Parada.....	29
Figura 4 - Consumo de óleo hidráulico Máquina 01.....	30
Figura 5 - Cálculo de Indicadores de Manutenção.....	31
Figura 6 - Gráfico de MTBF (Média de horas de Máquina Trabalhada entre cada reparo)	31
Figura 7 - Fluxo de Manutenção Corretiva	32
Figura 8 - Organização do setor de almoxarifado	33
Figura 9 - Livro Máquina- Desenho detalhado dos componentes da Máquina 01	36
Figura 10 - Detalhes dos componentes do equipamento.....	37
Figura 11 - Formulário de EWO – Identificação do problema	39
Figura 12 - Formulário de EWO – Análise de causa raiz do problema	39
Figura 13 - Formulário de EWO - Tipo de causa raiz.....	40
Figura 14 - Formulário de EWO – Ação contra causa raiz e expansão	41
Figura 15 - Gráfico de Tempo Base de Manutenção Periódica	42
Figura 16 - Quadro de Manutenção preventiva.....	43
Figura 17 - Gráfico de deterioração do equipamento.....	44
Figura 18 - MTBF Máquina 01 após a restauração.....	46
Figura 19 - Consumo de óleo hidráulico após a intervenção	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO	13
2.1 Tendências mundiais de tipo de manutenção	14
3 TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	15
3.1 Manutenção Corretiva	15
3.2 Manutenção Preventiva	15
3.3 Manutenção Preditiva.....	15
3.3.1 Análise de vibrações	17
3.3.2 Temperatura	17
3.3.3 Detecção de vazamentos	18
3.3.4 Análise de óleo	18
3.3.5 Ferrografia.....	18
3.4 Manutenção Detectiva.....	19
3.5 Engenharia de Manutenção.....	19
4 O WCM – MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL	20
4.1 Melhores Práticas.....	21
4.1.1 Cinco S.....	21
4.1.2 TPM (Manutenção Produtiva Total).....	21
4.1.3 Metodologia resolução de problemas - 8D's	23
4.1.4 Trabalho padronizado – SW	23
4.1.5 Produção Puxada / Kanban.....	23
4.1.6 Gerenciamento e controle visual.....	24
4.1.7 Workshops Kaizen	24
5 MANUTENÇÃO CLASSE MUNDIAL	25
6 O PILAR MANUTENÇÃO PROFISSIONAL.....	27
6.1 Processo de melhoramento contínuo	27
6.2 Abordagens e tipos de manutenções	28
7 ESTUDO DE CASO.....	29
7.1 Passo 0 – Atividades preliminares	32
7.1.1 Sistema EWO.....	34
7.2 Passo 1 - Eliminação e prevenção do desgaste acelerado	34
7.3 Passo 2- análises das falhas.....	37
7.4 Passo 3 – definição dos padrões de manutenção periódica	42
7.5 Passo 4 - realização de contramedidas sobre os pontos fracos das máquinas	43
7.6 Passo 5 - Construção de um sistema de manutenção preventiva.....	44
7.7 Passo 6 - construção de um sistema de manutenção preditiva CBM	44
7.8 Passo 7 - gestão dos indicadores de manutenção.....	45
8 RESULTADOS.....	46

9 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho expõe um sistema de gestão de manutenção que visa encurtar o número de quebras por falta de manutenção, melhoria nos indicadores de manutenção, redução de perdas e os custos de manutenção.

Para alcançar níveis elevados de competitividade é fundamental o investimento tecnológico em equipamentos e o desenvolvimento de um modelo consistente de gestão de máquinas e equipamentos que venha compatibilizar de forma estratégica, as ações dos integrantes da empresa na busca de um desenvolvimento contínuo de melhoria dos processos e produtos.

Com a globalização, as empresas brasileiras passaram por momentos de alterações para se encaixarem nesta ordem econômica mundial. Essa metodologia tem implicações diretas na cultura das organizações. Inserido neste contexto, surge a *World Class Manufacturing* (WCM) ou Manufatura de Classe Mundial, que é caracterizada pela flexibilidade e disponibilidade dos processos produtivos. Para alcançar este nível na manufatura, a manutenção industrial é um setor importante, que, adaptada ao ambiente de competição globalizado, caracteriza o que se chama de Manutenção de Classe Mundial. Este trabalho exhibe uma revisão dos principais sistemas de gestão de manutenção disponíveis no mercado.

Esta metodologia propõe um modelo de aplicação do Pilar Desdobramento de Custos para auxiliar no gerenciamento e desenvolvimento do Pilar da Manutenção Profissional, o responsável pela gestão da manutenção. Esta sistemática alinha os indicadores de performance à estratégia proposta para o pilar nas perspectivas de finanças, clientes, processo interno, aprendizado e crescimento; e demonstra as relações de dependência (causa-efeito) entre os indicadores adotados pelo pilar num mapa estratégico, no intuito de auxiliar na tomada de decisão das devidas ações de melhoria (iniciativas estratégicas) que a função manutenção deve realizar.

Este trabalho apresenta os 7 passos do pilar manutenção profissional, as melhorias e os resultados obtidos de acordo com a metodologia aplicada.

2 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Segundo Tavares (1998), o histórico da manutenção industrial é acompanhado do desenvolvimento técnico industrial da humanidade. No final do século XIX, com a mecanização das fábricas e indústrias, iniciou a necessidade dos reparos nas máquinas e equipamentos. Até 1914, a manutenção era secundária e executada pelo efetivo de operação. Com o princípio da primeira guerra mundial e a implantação da produção em série, estabelecida por Henry Ford, as fábricas passaram a fornecer programas de produção e, em decorrência, sentiram a necessidade de formar equipes para executar consertos em máquinas. A partir daí surgiu um setor que respondia à produção, em que a finalidade era execução da manutenção, conhecida hoje como manutenção corretiva. Esta situação permaneceu até 1930, quando, em função da segunda guerra mundial e da necessidade do aumento e aceleração da produção, a administração industrial começou a atentar-se, não só em reparar falhas, mas evitar que elas acontecessem, e a manutenção passou a desenvolver um trabalho preventivo de danos que, juntos com as corretivas, completavam a equipe de manutenção, formando uma estrutura tão importante quanto à de operação.

Na década de 50, com a ascensão da indústria para atender aos esforços pós-guerra, a desenvolvimento da indústria da aviação e da indústria eletrônica, os gerentes de manutenção observaram que, na maioria das situações, o tempo necessário para encontrar as falhas era maior que o tempo gasto no reparo, e selecionaram equipes de técnicos e especialistas para compor um setor de assessoria que se determinou Engenharia de Manutenção e recebeu as tarefas de controlar e planejar as manutenções preventivas e analisar causas, efeitos e sintomas das avarias.

A partir da década 60, com o desenvolvimento dos computadores e a melhora dos aparelhos de medição e proteção, a engenharia de manutenção começou a desenvolver critérios de previsão ou predição de falhas, sempre visando otimizar a atuação das equipes que executavam a manutenção. Essa sistemática, conhecida como manutenções preditivas, foram agregados aos métodos de controle e planejamento manutenção automatizado, reduzindo assim a parte burocrática dos mantenedores. Estas atividades desmembraram a engenharia de manutenção passando assim a ter duas equipes: a que estudava as falhas crônicas e a de PCM - Planejamento e Controle de Manutenção, esta que tinha como finalidade de desenvolver, programar e analisar os resultados dos sistemas automatizados de manutenção (TAVARES, 1998).

a partir de 1980 com o desenvolvimento dos microcomputadores, a custos reduzidos e linguagens simples, os órgãos de manutenção passaram a desenvolver e processar seus próprios programas, eliminando os inconvenientes da dependência de disponibilidade humana e de equipamentos para o atendimento as suas prioridades de processamento das informações pelo computador central, além de dificuldade de comunicação na transmissão de suas necessidades para o analista de sistemas, nem sempre familiarizada com a área de manutenção. Esta situação favoreceu o PCM que pôde melhor desempenhar suas funções de assessoramento aos gerentes, não só de manutenção, mas também, de operação e de produção. No final de século passado, com as exigências de aumento da qualidade dos produtos e serviços pelos consumidores, a manutenção passou a ser um elemento importante no desempenho dos equipamentos em grau equivalente ao que já vinha sendo praticado na operação. Em consequência o PCM (assim como a engenharia de manutenção) passou a desempenhar importantes funções estratégicas dentro da área de produção através do manejo das informações e da análise de resultados para auxiliar aos gerentes (produção, operação e manutenção) em suas missões de tomada de decisão, sendo então recomendado que tanto a engenharia de manutenção quanto o PCM passem a ocupar posição de "staff" a toda área de produção (nas empresas de processo ou serviço). (TAVARES, 1998, P.13).

2.1 Tendências mundiais de tipo de manutenção

Estudando as grandes corporações líderes de mercado, ou de sucesso, percebeu-se que cada vez mais adotam técnicas de manutenção preditiva e praticam a engenharia de manutenção. A manutenção é considerada assim, estratégica para as empresas, pois ela melhora a disponibilidade, confiabilidade e segurança dos equipamentos e instalações a custos adequados (XAVIER, 2005). De acordo com a tendência mundial, estudar, entender e principalmente aplicar e praticar o tipo de manutenção adequada para cada situação é fator determinante para a garantia de otimização nos processos produtivos e, em consequência, aumentar os lucros, ou seja, não apenas garantir a sobrevivência, mas permitir-lhes crescimento, desenvolvimento e expansão.

Promover uma transformação de modo que o nível de participação, através da aplicação de manutenção preditiva, aumente de forma rápida. É imprescindível diminuir intensamente a manutenção preventiva e otimizar a participação da manutenção preditiva com o objetivo de conseguir melhores resultados para corporações do nosso país.

3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Segundo Brito e Pereira (2003), a globalização induz a um constante acréscimo na competitividade organizacional. Isto deixa em contraste concepções e ideias que aumentem a produtividade, a qualidade e reduzindo os custos às empresas.

A manutenção busca novas maneiras de pensar, trabalhar, administrativos e técnicos, já que as exigências de mercado tornam aparentes as limitações dos atuais sistemas de gestão de manutenção (MOUBRAY, 1996).

3.1 Manutenção Corretiva

É a intervenção para corrigir uma falha, quebra ou do performance menor que o desejado. Divide-se em duas fases:

Manutenção corretiva não planejada – correção da falha ou da quebra de forma ocasional, ou seja, é a correção do problema ou desempenho menor que o esperado após a ocorrência deste. Esta manutenção implica em custos extremamente altos, pois, ocorrem interrupções na produção e, os danos aos equipamentos são sempre maiores;

Manutenção corretiva planejada – é a correção que se faz em função de um monitoramento detectivo, preditivo ou até mesmo pela decisão da gerencia da empresa de se operar até ocorrer à falha. Por ser planejado, deve ficar mais seguro, mais rápido e com um custo menor.

3.2 Manutenção Preventiva

É a intervenção executada para reduzir quedas nos desempenho e falhas, obedecendo a um cronograma baseado em períodos. De acordo com Xavier (2003), uma boa manutenção preventiva está condicionado à determinação dos intervalos de tempo. Porém, na dúvida, somos mais conservadores, e estes períodos são normalmente menores que o necessário, o que implica em paradas e troca de peças as vezes desnecessárias levando a altos custos tornando a manutenção preventiva nestes casos inviável.

3.3 Manutenção Preditiva

Conjunto de atividades de monitoramento de variáveis e parâmetros que apontam a performance dos equipamentos, de modo metódico, tendendo a definir a precisão ou não de intervenção. Segundo Xavier (2003) quando a intervenção, fruto do monitoramento preditivo, é executado, fazendo uma Manutenção Corretiva Planejada, esse tipo de manutenção é conhecido como CBM — *condition based maintenance* ou manutenção baseada na condição. Essa intervenção admite que os equipamentos trabalhem por mais tempo e as manutenções ocorram com base em dados e informações e não em suposições;

As manutenções preditivas garantem uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação metódica de técnicas de análise, utilizando-se de meios de monitoramento centralizados ou de amostragem para diminuir a um mínimo a manutenção preventiva e reduzir a manutenção corretiva.

Entre os tipos de manutenção nenhum substitui a outra, porém quando associadas umas das outras, apresentarão efeitos positivos em termos de desempenhos gerais nas gestões (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

A manutenção preditiva, na concepção de Vaz (1997), supõe que seja a saída ideal para as falhas e defeitos nas máquinas e equipamentos, pois consiste em intervir na máquina providenciando uma manutenção eficaz, no momento apropriado. Este momento é determinado conforme estudo e monitoramento cauteloso de vários elementos que interferem no processo de funcionamento, visando encontrar a iminência de uma falha.

A utilização da manutenção preditiva é uma grande quebra de paradigma. Mirshawka (1991) nos mostra que entre os grandes benefícios: previsão de falhas com antecedência satisfatória para que as máquinas e equipamentos sejam desligados com segurança, reduzindo e até eliminando os riscos de acidentes e interrupções do sistema de produção; redução dos custos e prazos de manutenção pelo monitoramento que antecede as falhas a serem reparadas; melhoria nas condições dos equipamentos a serem operados, obtendo menor desgaste, maior eficiência e produtividade.

Nascif (2002), define que a manutenção preditiva é a ação executada com base na alteração de parâmetro de condição ou desempenho do equipamento, cujo monitoramento obedece a uma metodologia. Após efetuada a análise preditiva sendo necessário à manutenção no equipamento, será executada uma manutenção corretiva planejada.

O termo relacionado à manutenção preditiva é o de “predizer”, e o objetivo que dizer predizer (ou prever) as falhas nas máquinas, equipamentos ou sistemas através de acompanhamento e monitoramento de parâmetros, permitindo assim a operação de maneira contínua pelo maior tempo possível.

Além disso, o reparo só é realizado quando os parâmetros acompanhados indicam sua real necessidade. Quando a degradação se aproxima ou atinge do limite estabelecido, é adotada a decisão de reparação, permitindo assim uma preparação antecipada do serviço, além de outras decisões alternativas relacionadas com o processo produtivo.

Na prática, a manutenção preditiva deve atender aos seguintes requisitos:

- a) Coletar dados com a máquina em funcionamento, ou com o mínimo de interferência no processo de produção;
- b) Permitir a coleta dos dados possibilitando a análise de tendência a falhas do equipamento.

3.3.1 Análise de vibrações

O monitoramento e a análise de vibração tornaram-se um dos mais respeitáveis procedimentos de predição na indústria tendo a sua grande aplicação em equipamentos rotativos (turbinas, bombas, redutores, compressores, ventiladores). Atualmente o desenvolvimento dos sistemas de monitoração, instrumentos e softwares é muito avançado, o que vem deixando que outras variáveis, além da vibração, sejam monitoradas simultaneamente pelos mesmos instrumentos.

3.3.2 Temperatura

A temperatura é um parâmetro de fácil compreensão e o monitoramento de sua variação constata alteração na condição das máquinas, componentes e do processo produtivo. Abaixo estão alguns exemplos, onde o acompanhamento da temperatura é primordial:

- a) Temperatura de mancais e rolamentos de máquinas rotativas;
- b) Temperatura da superfície de equipamentos estacionários;
- c) Temperatura de barramentos e ligações (conexões) elétricas.

O acompanhamento de temperatura pode ser feita por uma série de instrumentos, alguns dos quais estão a seguir:

- a) Termômetro de contato;
- b) Termometria convencional;
- c) Pirômetro de radiação ou pirômetro ótico;
- d) Termógrafos ou termovisores.

A termografia é uma técnica de manutenção preditiva que proporciona grande retorno e impede a ocorrência de acidentes ou paradas de produção em instalações elétricas.

Devido à importância da análise de termografia para a manutenção, tanto em indústrias como em instalações prediais, é altamente recomendável a existência de um programa de acompanhamento das instalações elétricas.

A termografia é uma técnica preditiva que mais se desenvolveu nos últimos 30 anos. Atualmente os termovisores estão cada vez mais compactos e precisos.

3.3.3 Detecção de vazamentos

Os vazamentos compõem um dos grandes problemas na indústria, instalações prediais, transportes, enfim em todas as áreas das atividades humanas. A detecção e correção de vazamentos são de grande importância tanto no aspecto de segurança, conservação de energia, custos e preservação do meio ambiente. Os métodos mais conhecidos para detecção de vazamentos são os detectores de gás, os instrumentos eletrônicos que provocam alarme ou acendem lâmpada na presença de gás e os instrumentos ultra- sônicos para detectar ruídos em alta frequência.

3.3.4 Análise de óleo

De acordo com o Baroni (2002), existem duas formas de afrontarmos os dados obtidos a partir de uma análise de óleo:

Condições do lubrificante – determinação das propriedades físico-químicas do lubrificante garantindo assim uma boa lubrificação;

Condições da máquina – análise de substâncias e corpos estranhos no óleo lubrificante (gases ou partículas em suspensão no lubrificante).

Para avaliar as condições do óleo lubrificante estão disponíveis testes de viscosidade:

- a) Índice de Neutralização – Acidez (TAN) e Basicidade (TBN);
- b) Teor da água;
- c) Insolúveis;
- d) Espectrometria (presença de metais);
- e) Rigidez Dielétrica;
- f) Ponto de Fulgor.

3.3.5 Ferrografia

Determina à severidade, tipos e modos de degradação em equipamentos por meio da identificação morfológica, acabamento superficial, tonalidade e tamanho das partículas encontradas em amostras de óleos ou graxas lubrificantes de qualquer viscosidade, consistência e opacidade (BARONI, 2002). A análise de ferrografia é identifica metais não-ferrosos (alumínio, cromo, bronze e etc.), contaminantes sólidos (areia, fibras orgânicas e inorgânicas, sais e etc.) e produtos de degradação do lubrificante (borras, gel, lacas, vernizes e etc.).

3.4 Manutenção Detectiva

Manutenção detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. (KARDEC, NASCIF, 2009, p. 47).

Para garantia de uma maior disponibilidade e confiabilidade é de fundamental importância identificar as falhas ocultas. Em sistemas de maior complexidade estas atuações são executadas pelo setor da manutenção pois são treinados e habilitados para tal atividade.

3.5 Engenharia de Manutenção

Engenharia de Manutenção - “é o conjunto de atividades que permite que a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida”. Ou seja, é deixar de ficar consertando — convivendo com problemas crônicos —, mas melhorar padrões e sistemáticas, desenvolvendo a manutenibilidade, dar *feedback* ao projeto e interferir tecnicamente nas compras. Quem só faz a manutenção corretiva continua “apagando incêndio”, e alcançando péssimos resultados. Desta forma, a organização que utilizar a manutenção corretiva, mas incorporando a preventiva e a preditiva, rapidamente estará executando a engenharia de manutenção (XAVIER, 2003, p. 5).

4 O WCM – MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL

O WCM acumulou muita das melhores práticas realizadas nos sistemas de produção. Este termo foi introduzido por Hayes e Wheelwright, em 1984, e consiste em um conjunto de melhores práticas que regem a um performance superior.

Kodali (2009) apresenta a proposta de uma estrutura para o WCM e a definiu como sendo a reunião das melhores práticas que são seguidas e adotadas pelas várias organizações para transformá-las em “Manufaturas de Classe Mundial”. O WCM está estruturado sobre 10 pilares. Estes pilares são conduzidos no sentido das melhores práticas, que levam toda a organização à melhoria de seu desempenho atingindo vantagens competitivas e reduzindo as perdas dos processos produtivos. A cada pilar corresponde um conjunto de atributos e métricas, conforme apresentado a seguir:

- a) Segurança do Trabalho (SG): ter um programa de segurança, higiene e saúde no trabalho;
- b) Logística (LG): sistema para assegurar o atendimento aos clientes;
- c) Desdobramento de custos (CD): gestão de custos, que permita uma redução sistemática de custos de produção;
- d) Melhoria focada (FI): para eliminação de perdas, buscando maior eficiência dos equipamentos e produtividade no trabalho;
- e) Qualidade (QC): eliminação constante de defeitos de produto (programa de qualidade);
- f) Manutenção Autônoma (AM): participação ativa de operadores na conservação dos equipamentos;
- g) Manutenção profissional (PM): processo de manutenção preventiva, que evite quebras dos equipamentos;
- h) Gestão preventiva do equipamento (EEM): gerenciamento de defeitos ou falhas de projeto, para feedback a fornecedores;
- i) Desenvolvimento das competências das pessoas (PD);
- j) Gestão do meio ambiente (MA).

A metodologia de identificação das melhores práticas é conduzida fundamentalmente por meio de *benchmarking*. A implementação das melhores práticas também é um fator essencial. Algumas corporações praticam de maneira isolada tratando-as um meio para a solução de problemas. Porém esta é uma perspectiva limitada, ou seja não é suficiente para se tornar competitivo. É necessário avaliar quais práticas são apropriadas para cada organização e quais delas irão suportar suas necessidades competitivas. As melhores práticas trabalhadas de forma isoladas podem não conduzir a um desempenho excelente. Além disso, a falha na

implantação destas práticas é bastante elevada. A implantação parcial, que fracassa o alcance do desempenho desejado e acarreta no abandono dos programas é comum.

Assim, se devem avaliar quais práticas são apropriadas para cada organização e quais delas irão suportar as suas necessidades competitivas. Análise esta que às vezes é negligenciada. Laugen *et al.* argumentam que uma das falhas nos estudos de WCM e melhores práticas é que elas são consideradas genéricas, ou seja, melhores para todas as organizações, sempre. Além disso, as empresas que estão distantes de atingir altos níveis de prática e performance têm dificuldades de saber por onde começar, pois suas capacidades para a adoção ainda será limitada (VOSS, 1995). Em 2005, Voss acrescentou outro aspecto essencial ao comentar que como algumas das melhores práticas podem ser facilmente aplicadas, e que, portanto as potencialidades chaves da utilização deste paradigma estão associadas com a adoção e melhoria do conhecimento e aprendizado tático proporcionado pela adoção das melhores práticas.

4.1 Melhores Práticas

Abaixo é apresentado algumas metodologias e ferramentas que ajudam e melhoram na redução de perdas e eliminação de desperdícios nos processos produtivos.

4.1.1 Cinco S

Termos que se iniciam com a letra S, onde se descreve práticas para o ambiente de trabalho, que são úteis para o gerenciamento visual e para a produção. Estes termos em japonês; são:

Seiri: Separar os itens necessários dos desnecessários, descartando estes últimos.

Seiton: Organizar o que sobrou, um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar.

Seiso: Limpeza.

Seiketsu: Padronização resultante do bom desempenho nos três primeiros Ss.

Shitsuke: Disciplina para manter em andamento os quatro primeiros Ss (LEAN 2008).

4.1.2 TPM (Manutenção Produtiva Total)

TPM (*Total Productive Maintenance*), conforme Mirshawka e Olmedo (1994), a *Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total busca melhorar o desempenho do

equipamento e, em consequência, o aumento substancial da eficiência, qualidade e produtividade industrial, com redução de custos.

A TPM surgiu no Japão há décadas, nos EUA em 1987 e, em seguida, foi trazida para o Brasil e a partir de diversas visitas do mentor da técnica, o Dr. Seiichi Nakajima. Essa técnica é uma metodologia de manutenção que envolve todos os funcionários da empresa, desde a alta administração até a linha de produção.

Dentre os objetivos da TPM, destacam-se:

Garantir a eficiência e eficácia das instalações, necessitando trabalhar em simultaneidade com os custos planejados e obter resultados de qualidade;

Instalar um programa que trabalhe de acordo com as alterações no desempenho do equipamento, em virtude do uso e tempo de vida;

Apoiar de todos os setores envolvidos no plano de elevação da capacidade instalada, garantindo cooperação dos departamentos, reduzindo os níveis de estoque, exigências de treinamento e tempos de fabricação;

Utilizar as potencialidades dos funcionários de todos os níveis, a fim de contribuir para a melhoria do processo de fabricação;

Desenvolver equipes consolidadas para a melhoria contínua, constituídas por operadores, pessoal da manutenção e, inclusive, gerentes.

Lean– Remoção de desperdícios “*Lean Thinking*” (ou “Mentalidade Enxuta”) é um termo cunhado por James Womack Daniel Jones para denominar uma filosofia de negócios baseada no Sistema Toyota de Produção que olha com detalhe para as atividades básicas envolvidas no negócio e identifica o que é o desperdício e o que é o valor a partir da ótica dos clientes e usuários (LEAN, 2008).

Originalmente concebida por Taiichi Ohno e colaboradores, essencialmente como práticas de manufatura, tem sido gradualmente disseminadas em todas as áreas da empresa e também para empresas dos mais diferentes tipos e setores, tornando-se efetivamente uma filosofia e uma cultura empresarial (LEAN 2008).

Os resultados obtidos geralmente implicam em um aumento da capacidade de oferecer os produtos que os clientes querem, na hora que eles querem, nos preços que eles estão dispostos a pagar, com custos menores, qualidade superior, “*lead times*” curtos, garantindo assim uma maior rentabilidade ao negócio. Onde aplicar desenvolvido originalmente no ambiente de produção da indústria de manufatura, o *lean thinking* vem sendo aplicado, com grandes resultados em eliminação de desperdícios, nos mais diferentes ambientes das organizações, dentro do conceito de “*Lean Enterprise*” (administração, desenvolvimento de

produto e produção), bem como em empresas de diversos setores, tais como: automobilístico e seus fornecedores, aeronáutico, eletrônico, serviços, construção, mineração, saúde, produção sob encomenda, etc. (LEAN 2008).

4.1.3 Metodologia resolução de problemas - 8D's

Conforme Haviland, a metodologia conhecida como 8D's é descrita pelos seus 8 passos ou as disciplinas para a resolução de problemas.

Haviland (2004) descreve os principais pontos que resumem uma boa resolução analítica do problema como segue:

- a) Desenvolva um claro entendimento da situação que você está se endereçando. Analise o problema e descreva os sintomas em detalhes.
- b) Analise os dados coletados e desenvolva teorias de como as várias possíveis causas que possam ter criado o problema. Teste as teorias e determine qual é a causa real verificando suas hipóteses.
- c) Determine a melhor solução para seu problema pela identificação de um número de alternativas e decidindo, qual é a melhor. Não se dê por satisfeito com uma sugestão somente baseada exclusivamente na experiência.
- d) Planeje e implemente a solução cuidadosamente. Considere as forças do trabalho que possam impedir seu sucesso e lide com elas.

4.1.4 Trabalho padronizado – SW

Também conhecido como SW (*Standardized Work*), é o estabelecimento de procedimentos precisos para o trabalho de cada um dos operadores em um processo de produção, baseado nos três seguintes elementos:

Tempo *takt*, que é a taxa em que os produtos devem ser produzidos para atender à demandado cliente.

A sequência exata de trabalho em que um operador realiza suas tarefas dentro do tempo *takt*.

O estoque padrão, incluindo os itens nas máquinas, exigido para manter o processo operando suavemente (LEAN 2008).

4.1.5 Produção Puxada / Kanban

O *kanban* é um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em um sistema puxado. O termo significa “sinal” em japonês (LEAN2008).

4.1.6 Gerenciamento e controle visual

Colocação, em local acessível à visão, de todas as ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema de produção, de modo que a situação do sistema possa ser entendida rapidamente por todos os envolvidos. Um exemplo comum nas fábricas é o *Andon*, que é uma ferramenta de gerenciamento visual que mostra o estado das operações em uma área e avisa quando ocorrer algo anormal.

4.1.7 Workshops Kaizen

Conforme Michelazzo (2003), o *Kaizen* é uma técnica de melhoria contínua de processos, desenvolvida pela Toyota, com vista a obter um produto ou serviço com custo mais baixo possível.

A técnica basicamente constitui-se das seguintes etapas:

- a) Observar e vistoriar o processo atual;
- b) Mapear o processo atual, listando cada passo, definindo valor agregado versus nenhum valor agregado. Se necessário, utilizar o Diagrama de Ishikawa ou o Diagrama de Causa e Efeito;
- c) Esquematizar o processo atual e o conteúdo do trabalho;
- d) Estabelecer os objetivos a atingir;
- e) Realizar o processo de levantamento de ideias *brainstorming*;
- f) Implementar o novo processo rapidamente, mapeando, fiscalizando e utilizando o fluxograma. Cumprir observar o *takt-time*, identificando pontos fracos e implementando melhorias.

5 MANUTENÇÃO CLASSE MUNDIAL

Wireman (1991) considera que muitas empresas reconhecem a manutenção efetiva de seus sistemas e instalações como atividade crítica, destacando que é vital para a gestão da manutenção a integração com a estratégia da corporação, de modo a assegurar a disponibilidade dos equipamentos, a produção com qualidade, a entrega dentro do prazo e a preços competitivos. As organizações de manutenção classe mundial trabalham em equipe, possuem sistema computadorizado de gerenciamento e realizam manutenção preventiva e preditiva.

Em países desenvolvidos, principalmente nos Estados Unidos, é nítida a preocupação, que eles têm, em colocar suas corporações no primeiro lugar, ou seja, entre as empresas excelentes ou melhores do mundo. Em consequência a área de manutenção dessas empresas procura também a excelência.

Sustentados nessa necessidade, a manutenção nas empresas em países desenvolvidos buscam a progresso de modo constante utilizando, as melhores práticas. Mesmo conhecendo todas essas melhores práticas, constatamos que poucas empresas podem considerar sua manutenção como classe mundial. No Brasil, não é exagero assegurar que temos a maioria das manutenções com características de 3º Mundo.

O diferencial entre as nações que obtêm excelentes resultados e o Brasil está num detalhe de grande valor: eles conhecem e fazem, nós conhecemos e não fazemos.

Podemos destacar algumas características das manutenções executadas no Terceiro Mundo: Elevada taxa de retrabalho, profissionais sem qualificação, convívio com problemas crônicos, falta de peças sobressalentes no estoque, número elevado de manutenções corretivas não planejadas, baixa Produtividade, histórico de manutenção inexistente ou não confiável, falta de planejamento prévio, horas extras em excesso e em consequência falta de tempo para planejar as manutenções preventivas.

Uma vez assimilada a necessidade de mudança de enfoque fica claro que para Empresa com Performance Mundial é necessária Manutenção Classe Mundial.

E como fazer para se atingir a Manutenção Classe Mundial?

Normalmente a resposta a essa pergunta é a adoção de melhores práticas de manutenção, as quais serão relacionadas adiante. No entanto faz-se necessário entender e praticar dois fundamentos:

- a) Sair do estágio em que se encontra a manutenção, hoje, e alcançar a Manutenção Classe Mundial;

b) Caminhar na direção dos melhores com velocidade compatível e se manter entre eles.

Se a Manutenção for considerada reativa, isto é, reagindo aos fatos, ela estará praticando Manutenção Corretiva não Planejada. Nessa situação quem comanda a manutenção são os equipamentos. Nessa fase não se consegue inovar; não acontecem melhorias.

Dominando a situação, controlar a manutenção para que se possa, a partir daí, introduzir os avanços tão necessárias. Assim é indispensável, primeiro, controlar, analisar, diagnosticar e antecipar quais serão os próximos passos, para depois inovar. Somente depois dessas duas fases pode-se atingir a Manutenção de Classe Mundial.

O fundamento de controles e relaciona com a necessidade de buscar a melhoria, ou seja, sair da igualdade para se colocar entre os melhores. Num panorama de alta concorrência, os resultados das empresas e de seus segmentos devem ser cada vez melhores e a melhoria contínua é um objetivo constante.

Nessa busca por uma Manutenção de Classe Mundial, mantermos uma velocidade baixa, comum a empresas e manutenções de terceiro mundo, não se conseguirá resultados satisfatórios que os insere entre as empresas de classe mundial. É preciso promover uma ruptura com os métodos e com a velocidade atual e buscar ultrapassar o benchmark em um tempo menor. Ninguém vai ficar nos esperando nessa corrida; todos estão competindo.

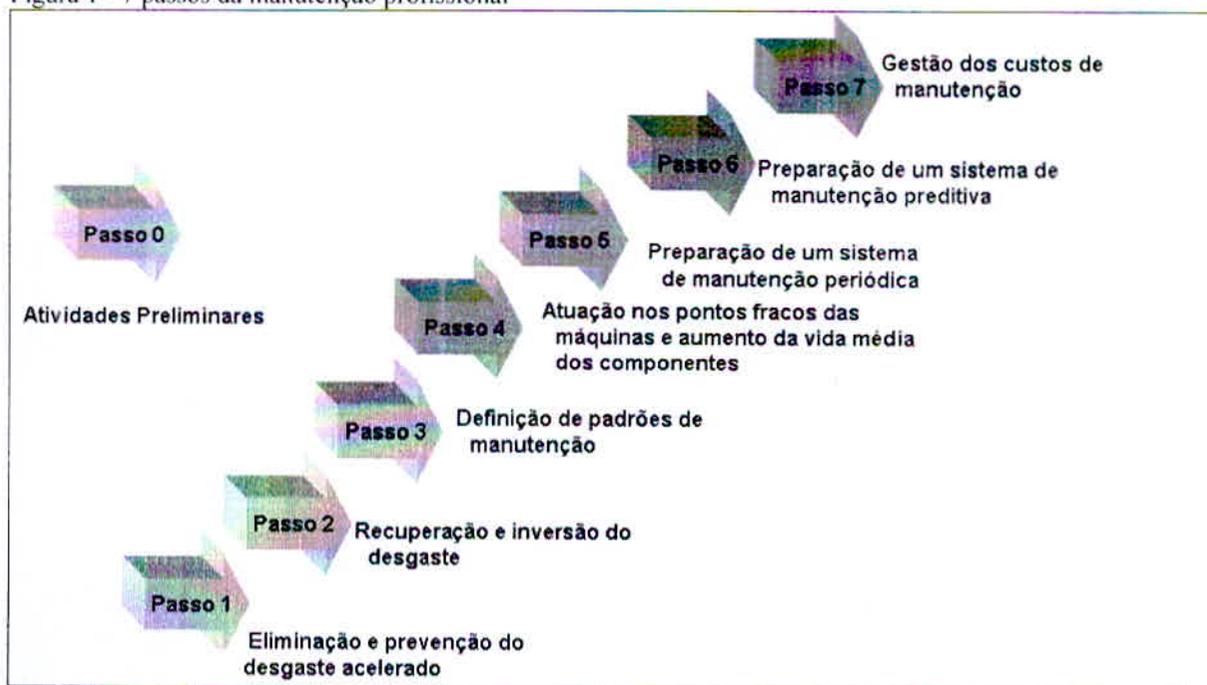
6 O PILAR MANUTENÇÃO PROFISSIONAL

O pilar técnico Manutenção Profissional compreende as atividades finalizadas com a construção de um sistema de manutenção capaz de reduzir a zero os danos e as micro paradas das máquinas e dos equipamentos e obter economias, aumentando o ciclo de vida das máquinas através da utilização de práticas de manutenção baseadas na capacidade de prorrogar a vida dos componentes (manutenção preventiva e corretiva).

A manutenção profissional faz parte do processo de melhoria contínua do sistema técnico do estabelecimento, que é constituído das atividades de *Focused Improvement*, daquelas de Manutenção Autônoma e Profissional e daquelas de gestão antecipada do desenvolvimento dos novos equipamentos (pilar EEM).

O quinto pilar da metodologia WCM, o PM (*Professional Maintenance*), tem como objetivo principal a obtenção da quebra zero sobre as áreas selecionadas. Esse objetivo é alcançado através da aplicação dos 7 passos deste pilar. São eles:

Figura 1 - 7 passos da manutenção profissional



Fonte: Manual Pilares Técnicos WCM – Fiat, 2008

6.1 Processo de melhoramento contínuo

O processo de melhoria contínua no nível operativo funciona do seguinte modo:

À partir da atividade de Desdobramento de custos, detectam-se com precisão as principais perdas alocadas nos diversos processos produtivos. Por exemplo, detectam-se, em relação à perda causal, falhas, micro paradas, maiores custos de manutenção e a partir daí pode se escolher a máquina modelo para a implantação da metodologia do WCM pilar Manutenção Profissional.

6.2 Abordagens e tipos de manutenções

Para compreender melhor o propósito e as modalidades das atividades de Manutenção, é necessário colocá-las no quadro das diversas abordagens sobre manutenção, das quais derivam diversos tipos de manutenção.

Figura 2 - Tipologia de Manutenção



Fonte: Manual Pilares Técnicos WCM – Fiat, 2008

A manutenção pode vir a reparar uma falha súbita, caso em que não é planejada e responde completamente aos erros da máquina; pode também ser planejada. A manutenção das falhas leva a máquina ou o componente ao máximo nível de estresse, capaz de gerar um rompimento tal em sua área interna e, assim, causar a perda por danos.

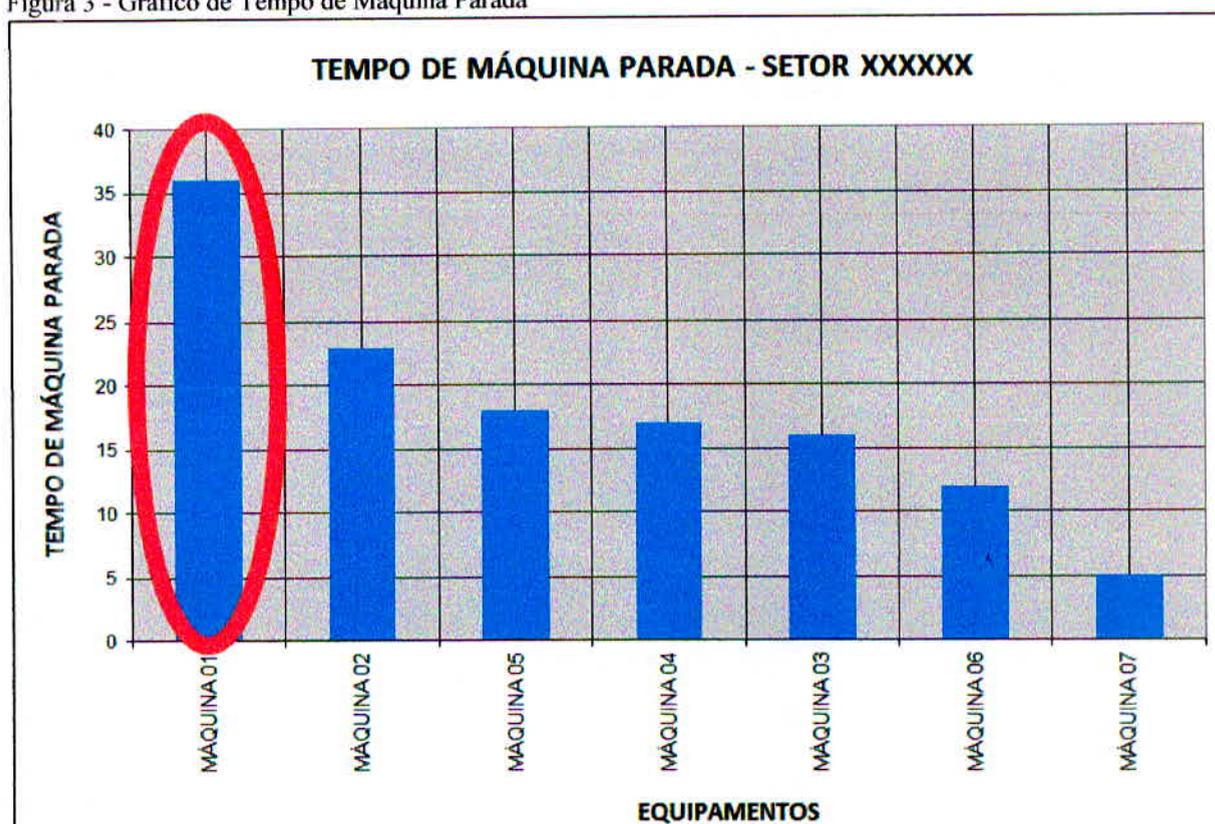
7 ESTUDO DE CASO

Conforme citado anteriormente o WCM visa à redução de perdas nos processos produtivos da empresa, e o pilar Manutenção Profissional propõe eliminação de quebras por manutenção insuficiente a custos economicamente viáveis. Mas como iniciar este processo, como identificar onde se deve atacar e identificar as maiores perdas que impactam de forma direta.

Para identificar as maiores perdas existe o pilar na metodologia do WCM chamado de desdobramento de custos, responsável em estudar e identificar estas perdas, direcionando o pilar de manutenção profissional para o equipamento com os maiores índices de parada por falta de manutenção.

Após identificado o equipamento deve-se então seguir os 7 passos para a implantação correta do pilar.

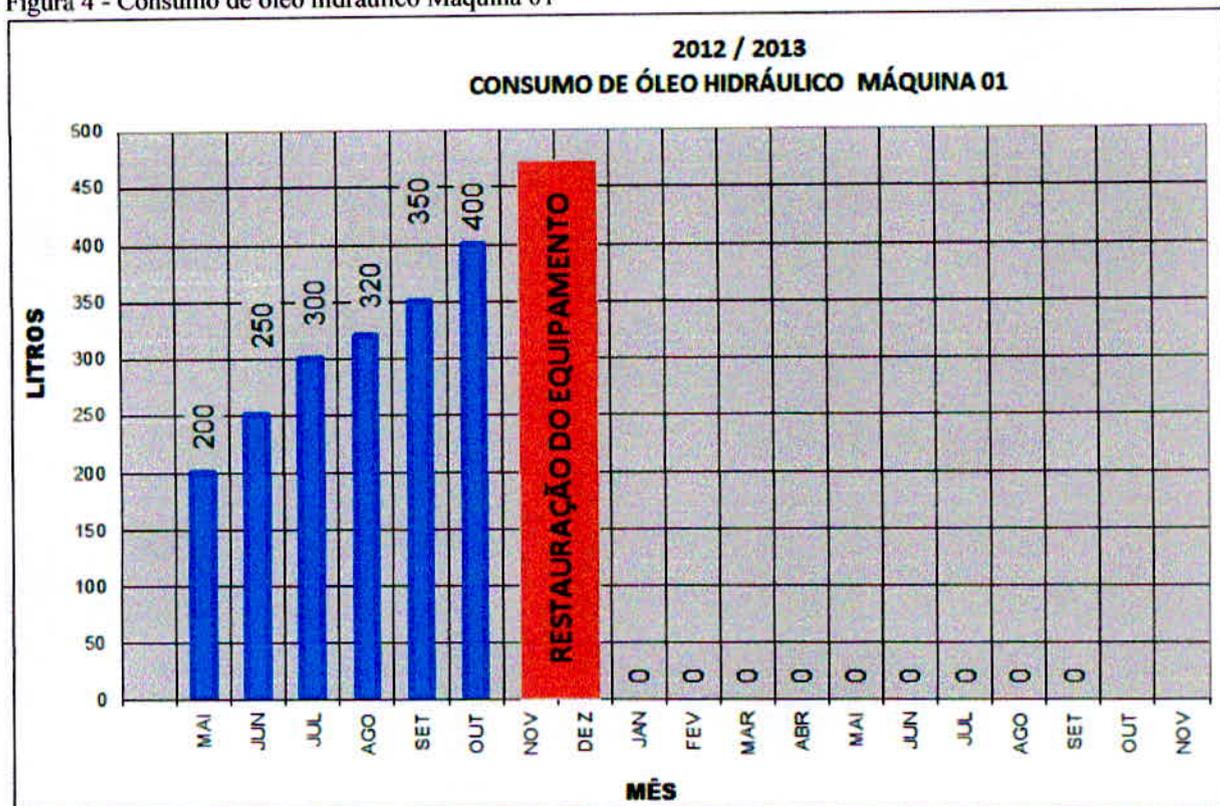
Figura 3 - Gráfico de Tempo de Máquina Parada



Fonte: Autor

Outro indicador que também fez a diferença para a escolha da máquina 01 foi o seu custo de manutenção, pois além de um nível baixo de disponibilidade vazamentos de óleo hidráulico além de aumentar o custo de manutenção deixa a máquina em condições inseguras.

Figura 4 - Consumo de óleo hidráulico Máquina 01



Fonte: Autor

Com o tempo de máquina parada e o número de intervenções efetuadas pode-se calcular os indicadores que facilitam a visualização em qual equipamento devem se fazer as restaurações.

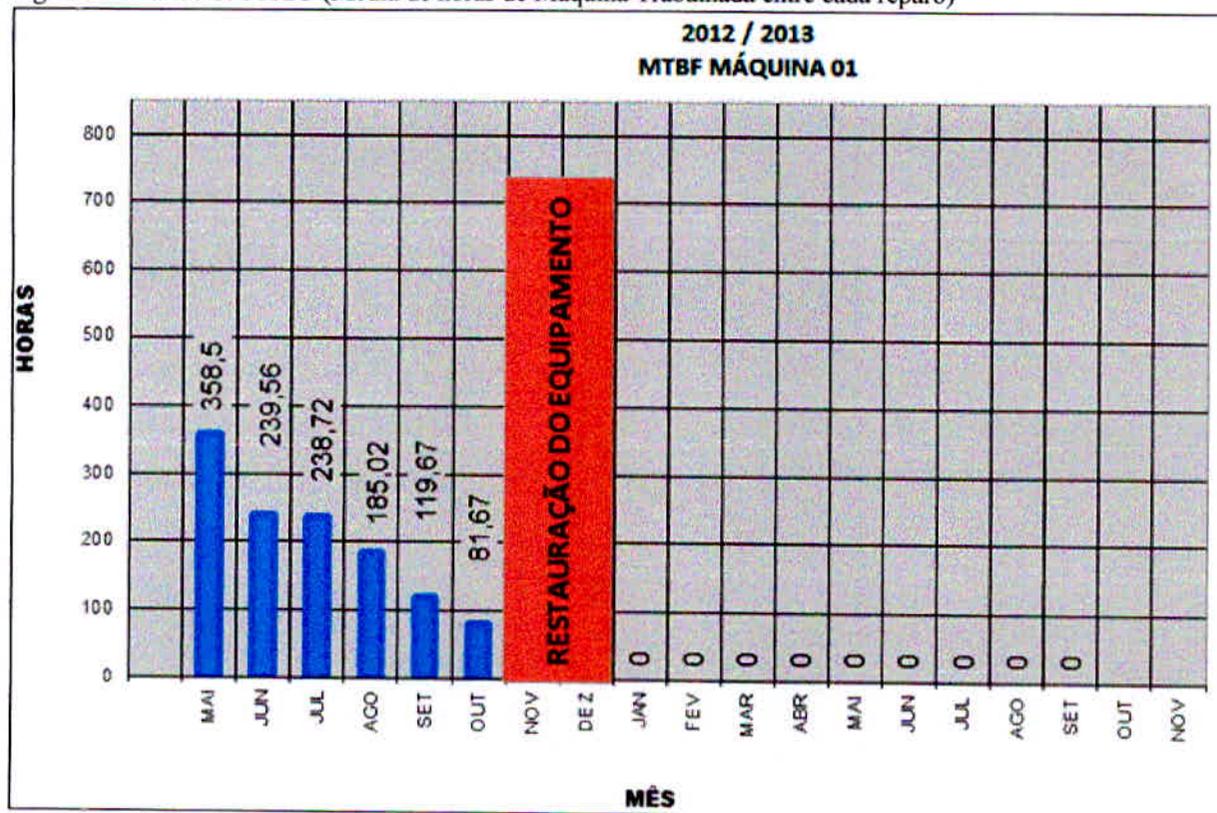
Figura 5 - Cálculo de Indicadores de Manutenção

INDICE	Utilizado para medir	
MTTR (Tempo Médio para Reparação)	Mantenibilidade	$\frac{\text{Tempo Total de Reparação}}{\text{Número total de intervenções}}$
MTBF (Tempo Médio Entre Falha)	Disponibilidade	$\frac{\text{Tempo de funcionamento} - \text{Tempo da avaria}}{\text{Número total de avarias}}$
Downtime	Disponibilidade	% referente ao tempo total de funcionamento

Fonte: FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007

O gráfico abaixo mostra a disposição de falhas do equipamento e ao passar dos meses vem indicando que o MTBF está tendendo a cair aumentando a indisponibilidade do equipamento e sendo necessário a intervenção neste.

Figura 6 - Gráfico de MTBF (Média de horas de Máquina Trabalhada entre cada reparo)

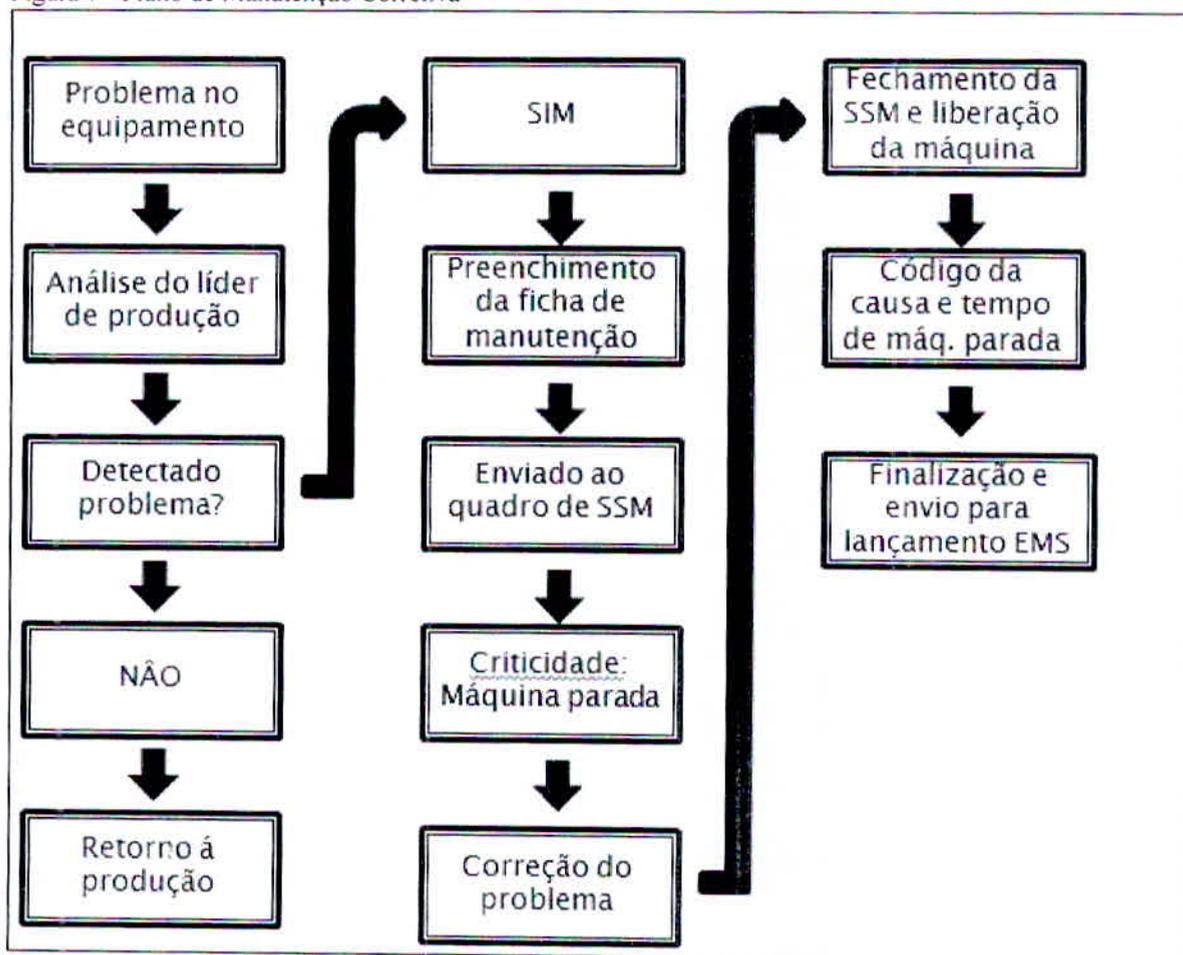


Fonte: Autor

7.1 Passo 0 – Atividades preliminares

No passo 0, propõe a criar um sistema para a gestão da manutenção completa de mapeamento e classificação dos equipamentos e das máquinas; os procedimentos a seguir em caso de falha; o sistema de recolhimento dos dados e de documentação; a modalidade de gestão dos EWO, *Emergency Work Orders*, ou seja, das ordens de trabalho que são emitidas em caso de falha; a preparação das infraestruturas necessárias tal como os *box* de manutenção; o sistema computadorizado para a gestão da manutenção integrada: com a gestão das peças de reposição e a gestão dos lubrificantes; a modalidade de monitoramento dos indicadores de manutenção.

Figura 7 - Fluxo de Manutenção Corretiva



Fonte: Autor

Organização para os itens de reposição das máquinas e equipamentos, pois devem estar identificados e de fácil acesso, reduzindo o assim o tempo de procura e em consequência melhorando o MTTR.

Figura 8 - Organização do setor de almoxarifado



Fonte: Autor

As atividades deste passo consistem em:

- a) Definição dos equipamentos e das prioridades;
- b) Definição do fluxo gerencial do processo de manutenção;
- c) Ligação do sistema de documentação e do sistema informatizado de gestão da manutenção;
- d) Gestão das peças de reposição;
- e) Definição do *Box* de manutenção;
- f) Gestão dos lubrificantes;
- g) Gestão EWO;
- h) Monitoramento dos indicadores de manutenção.

Classificação das máquinas com a metodologia TGPC - Tempo médio de reparação (MTTR), Grau de Influência, Probabilidade do evento, Nível crítico.

Os equipamentos são classificados segundo o tempo de reparação; o nível de influência sobre qualidade, sobre a segurança, sobre o ambiente, sobre a perda de energia; a probabilidade da falha e o nível crítico do equipamento relativo às subsequentes paradas de linha.

Utilizando estes critérios, é obtida uma lista das máquinas classificadas segundo os tipos AA, A, B e C:

7.1.1 Sistema EWO

O sistema EWO é utilizado para registrar todos os detalhes relativos a uma falha. É dotado de instrumentos para encontrar a verdadeira causa raiz do problema utilizando ferramentas como “5 W e 1H” e “5 Porque”.

O sistema deve ser criado de modo a assegurar que todas as informações colhidas durante a gestão do EWO sejam formalizadas e arquivadas.

Entre os métodos que serão postos em prática neste passo estão a gestão das peças de reposição, ou seja, a correta alocação; a identificação dos materiais; a definição das quantidades mínimas para cada tipo de material, também em função da frequência crítica de falhas; as regras de ordem e de limpeza do estoque; a gestão dos óleos e dos lubrificantes através da criação de uma zona onde são depositados e a identificação de cada tipo único de óleo e de lubrificantes. A gestão das peças de reposição e dos lubrificantes compreende também a gestão e a movimentação dos materiais de manutenção e dos lubrificantes e dos equipamentos; as condições de conservação dos óleos e a escolha dos tipos dos óleos e/ou dos lubrificantes que possam ter os desempenhos superiores àqueles padrões de modo a melhorar os desempenhos dos equipamentos (FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007).

Outro aspecto importante é rever os critérios de aquisição dos materiais de manutenção e compartilhar as estratégias de aquisição dos materiais com o Departamento de Manutenção.

7.2 Passo 1 - Eliminação e prevenção do desgaste acelerado

Este passo tem o objetivo de reduzir o tempo médio de reparação, MTTR, através do reforço das competências dos condutores/operadores, a melhoria da gestão das peças de reposição, a melhoria da acessibilidade dos equipamentos, a aplicação dos 5S na área de trabalho.

Propõe além disso, fornecer uma estabilização inicial do tempo médio entre as falhas, MTBF, através do reparo da deterioração, a manutenção das condições de base e a eliminação do ambiente de deterioração forçada (suporte às atividades de AM – Manutenção Autônoma). Os objetivos específicos de PM (Manutenção Profissional) deste passo são a compreensão das condições atuais das máquinas, através de uma série de atividades preparatórias de análise das falhas (passo 2) e a compreensão das condições favoráveis através da predisposição do registro no livro máquina (FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007).

Neste passo é oportuno que PM forneça um suporte de tipo formativo a AM, de modo que a equipe de AM se torne autônoma nas execuções das atividades de controle, inspeção, lubrificação e eventuais ajustes.

Rever e validar as prioridades de intervenção sobre os equipamentos com referência às áreas-modelo.

Avaliar e compreender os benefícios dos equipamentos identificados: eficiência do equipamento, horas, frequência, tipos e custos de manutenção efetuada, gravidade das falhas e das micro paradas, MTBF do equipamento e dos componentes, estratificação dos diversos tipos de manutenção adotados.

- a) Redigir o registro das intervenções de manutenção e o livro máquina.
- b) Estratificar as causas de falha.
- c) Fornecer suporte às atividades de AM dos passos 1,2 e 3 para eliminar as causas de contaminação através da aplicação de *Quick Kaizen* ou intervindo diretamente sobre alguns maquinários.

Identificar os subgrupos, esquematizar e fornecer informações detalhadas sobre componentes, identificar o tipo de manutenção para cada componente AM ou PM.

- a) Classificação dos equipamentos.
- b) Desempenho dos equipamentos.
- c) Sistema de gestão informatizado da manutenção.
- d) Livro máquina.

Figura 9 - Livro Máquina- Desenho detalhado dos componentes da Máquina 01

MÁQUINA 01		SOTTOGRUPPOS	COMPONENTE	CLASSIFICAÇÃO COMPONENTES (A,B,C)	ELEMENTOS DOS COMPONENTES	CÓDIGO ALMOXARIFADO	LOCALIZAÇÃO NO ALMOXARIFADO	FORNECEDOR
MTBF (h)	MTTR (m)							
			 1 VALVULA DE RETENÇÃO VUDR5XDR13110 PARKER	A				
			 2 VALVULA DESCOMPRESSÃO SOLENOIDE REXROTH	A				
			 3 VALVULA LIMITADORA DE PRESSÃO PBAH-5065	A				
			 4 VALVULA DE RETENÇÃO PARKER	A				
			 5 VALVULA DE SEGURANÇA PARKER	A				
			 6 DIRECIONAL TNR0 5-4WE10D33 REXROTH	A				
			 7 VALVULA CONTRA BALANÇO	A				
			 8 VALVULA DIRECIONAL TN 32	A				

Fonte: Autor

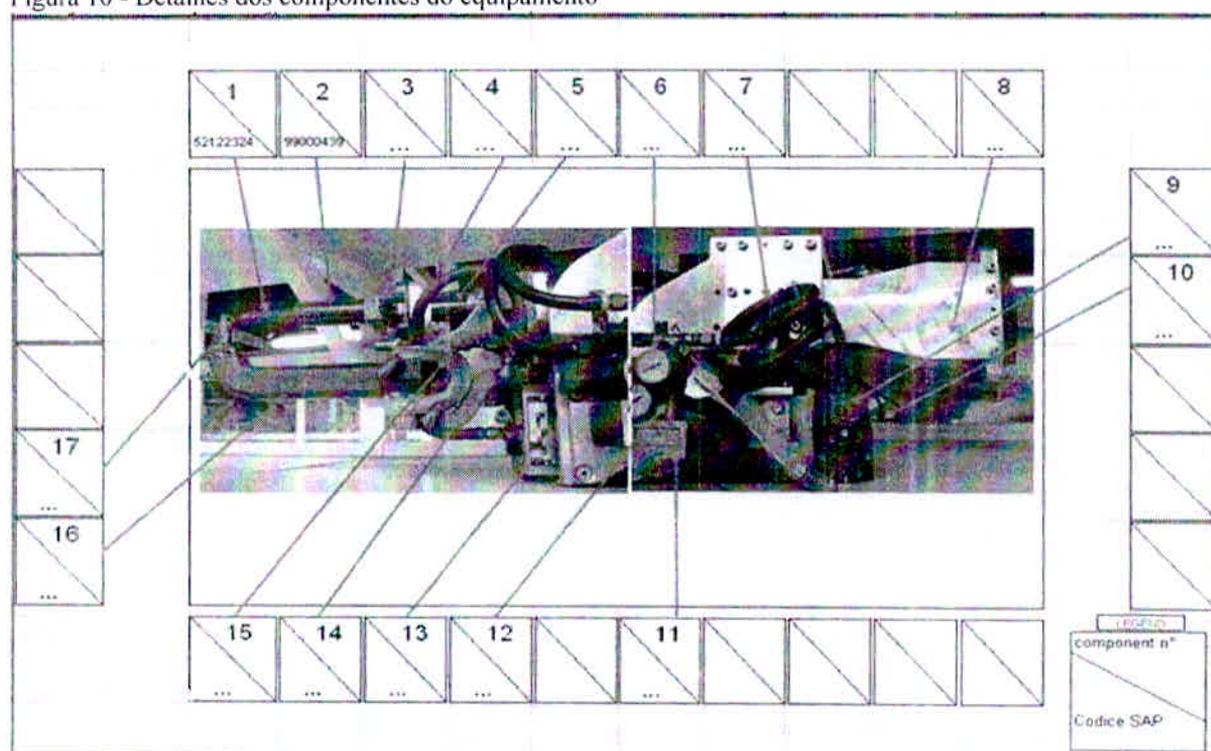
O Módulo EWO é utilizado para registrar todos os detalhes relevantes de uma quebra. Utiliza os seguintes instrumentos: 5W 1H, 5 Por que, Análise das Causas Raiz (*Root Cause Analysis*).

Registro da máquina (livro máquina). O livro máquina é um documento articulado realizado para as máquinas críticas. A respeito dos livros máquina são relatados todos os elementos que servem para caracterizar a máquina e os eventos da biografia: a decomposição no nível do componente, a estratégia de manutenção utilizada e as eventuais falhas que ocorrem mês após mês. Há também a indicação do MTBF, e do único componente e da família do componente. O livro máquina consiste na gestão do ponto de vista das falhas para cada componente (FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007).

Para criar o livro máquina é necessário realizar as seguintes atividades:

- Classificar os equipamentos e preparar o registro dos equipamentos;
- Identificar todos os subconjuntos do equipamento;
- Realizar o desenho detalhado de todos os componentes do equipamento;

Figura 10 - Detalhes dos componentes do equipamento



Fonte: FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007

- d) Recolher e formalizar informações detalhadas sobre componentes do equipamento;
- e) Registrar as falhas sobre o mapa para criar o histórico.

Realizar o livro máquina na única máquina crítica e a respeito de todos os seus componentes.

Implementar um sistema informatizado integrado para a gestão da manutenção para que permita gerir a análise de falhas e a gestão dos componentes em estoque.

Promover a colaboração entre a manutenção e os operadores nas atividades de automanutenção, favorecendo a superação dos responsáveis técnicos especialistas do estabelecimento, da cultura do receio da perda do poder ligado à competência.

Efetuar reuniões diárias por parte do responsável pela engenharia e do responsável pela manutenção com a equipe profissional de manutenção e o líder de manutenção autônoma (FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007).

7.3 Passo 2- análises das falhas

O passo 2 tem o propósito de evitar a repetição de falhas graves e reduzir a recorrência das micro paradas melhorando o rendimento do processo por perda devido a falha, reduzir os

defeitos e as anomalias de produto devido ao estado dos equipamentos e de desenvolver técnicas de análises das falhas e de resolução de problemas, documentando com rigor os resultados (atualização sistema EWO). Através da remoção da causa raiz da falha definem-se as bases para a estabilização do tempo médio entre a recorrência das falhas MTBF.

Analisar as falhas e tomar ações que eliminem a recorrência das mesmas.

Realizar o mapa das falhas, a ser efetuado sobre todos os subgrupos e relativos componentes da máquina, com os tempos do eventual falha. Isso permite construir a história das falhas da linha no nível do componente e atualizar com estes dados o livro máquina (FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007).

- a) Analisar as micro paradas.
- b) Pesquisar a causa raiz.
- c) Identificar contramedidas.
- d) Aplicar as contramedidas.
- e) Verificar as aplicações das contramedidas, analisar as tendências e, no caso de testes positivos, fornecer os resultados em forma de contribuição no passo sucessivo para desenvolver os procedimentos padrões de manutenção.
- f) Documentar as falhas, as análises e a reparação do sistema EWO.
- g) Sustentar as contramedidas.

A vantagem do sistema de EWO é o crescimento da competência dos técnicos da manutenção em termos de conhecimento mais aprofundado das máquinas e dos componentes e das metodologias para a pesquisa da causa raiz, mapa das falhas, compilação do livro máquina e procedimento de manutenção padrão. Ideias para a melhoria da concepção dos equipamentos e das máquinas que podem constituir contribuições para o pilar técnico EEM (*Early Equipment Management*) (FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007).

Figura 11 - Formulário de EWO – Identificação do problema

Nota de intervenção em avaria e análise de quebra (EWO)											
Setor			Equipamento				Mantenedores	Registro	Manutentor	Equipe	Tempo
Turno	Data da avaria	Hora da Avaria	Componente		Nº doc. EWO						
Tipo de avaria		Desloc	Diagnose	Preparação Material	Execução do Reparo	Teste de liberação		Tempo total			
Total	Parcial										
Intervenção Imediata	Descrição da intervenção (Se provisória indicar o que fazer para completá-la)						Descrição da avaria e da intervenção	Descrição da avaria com esboço (se necessário usar o verso)			

Fonte: FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007.

Após a identificação do problema é necessário encontrar a causa e atuar na raiz do problema para que este não ocorra novamente.

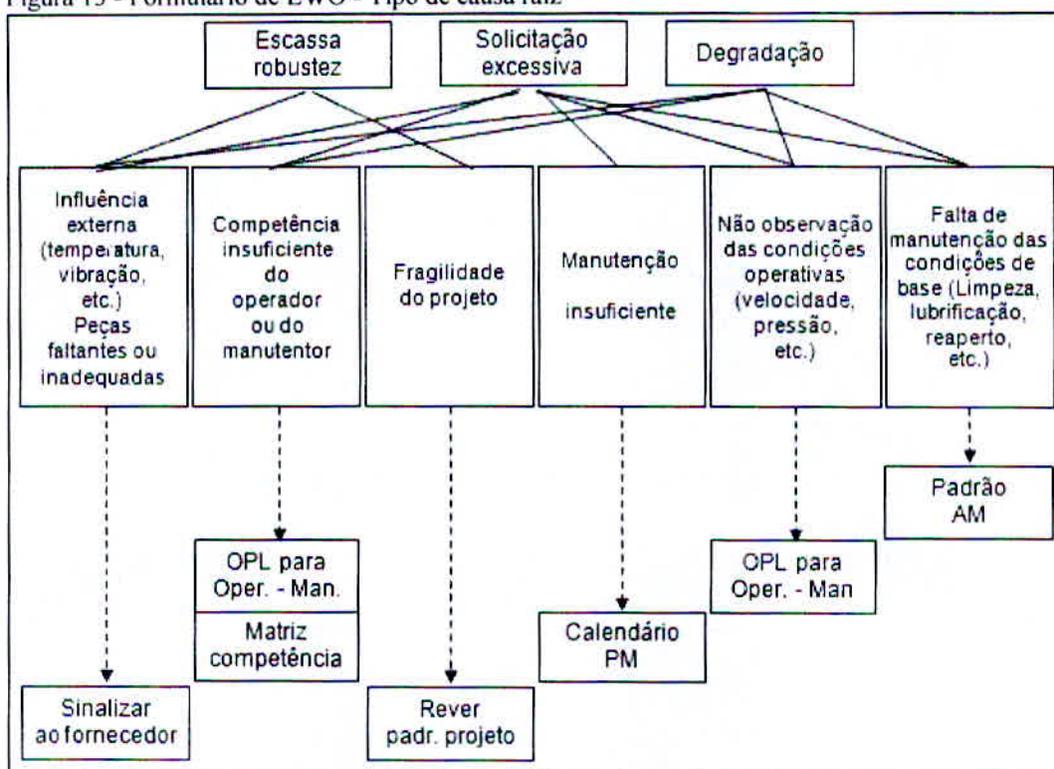
Figura 12 - Formulário de EWO – Análise de causa raiz do problema

Análise 5w + 1H						Lista das prováveis causas	Conf	
Definição do problema e análise das causas raízes	O que?	O que Ocorreu? Descreva como encontrou a falha/Quebra				1		
	Onde?	Que local ou subconjunto? Descreva a localização na Máquina da falha				2		
	Quando?	Quando ocorreu o fato? Descreva o momento que ocorreu a falha				3		
	Quem?	Quem presenciou a falha? Quem poderia ter evidenciado antes (inspeção) Quem realiza manut. Prog para evitar a falha?				4		
	Por que?	Por que esta parte quebrou? Descreva detalhes observados por pessoas que presenciaram que possam facilitar o entendimento da ocorrência da falha.				5		
	Como?	Como foi que ocorreu? Descreva como aconteceu a falha no momento.						
Análise dos 5 porques	Verificação das prováveis causas - 5 POR QUE							
	nº da Causa	1º Porque	2º Porque	3º Porque	4º Porque	5º Porque		

Fonte: FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007

Após de ter identificado a falha é necessário verificar qual o tipo de causa raiz do problema.

Figura 13 - Formulário de EWO - Tipo de causa raiz



Fonte: FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007

Feito isto é necessário atuar na causa raiz do problema para que ele não ocorra novamente e verificar se é possível a expansão para outros equipamentos.

Figura 14 - Formulário de EWO – Ação contra causa raiz e expansão

Ações contra a causa raiz		Quem?	Quando?
1			
2			
3			
Ações para a Padronização e Expansão		Quem?	Quando?
1			
2			
3			

Fonte: FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007

Caso a falha derive da falta de robustez do componente, a causa raiz pode ser uma influência externa, porque materiais ou peças sobressalentes não são adequadas, ou porque há falhas no projeto. Nesses casos, para evitar que a falha se repita, se as causas são as influências externas, é necessário fazer um relatório ao fabricante, relativo ao problema; se, ao contrário, o problema era o projeto, será necessário rever os padrões.

Caso seja o contrário, o componente se quebra pelo estresse excessivo, e, se isso se deve a influências externas, pede-se ao fornecedor para executar uma análise detalhada do rompimento do componente (compilação de EWO por parte do fornecedor). Se, ao contrário, o estresse excessivo é devido à falta competência dos operadores e do pessoal da manutenção, que não utilizam apropriadamente o equipamento, avalia-se a lacuna de competência e se realizam as lições de um ponto. Se o estresse excessivo fosse, ao contrário, devido à uma falta

de reparo das anomalias, o calendário de atividades de Manutenção Profissional deveria ser adequado (FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007).

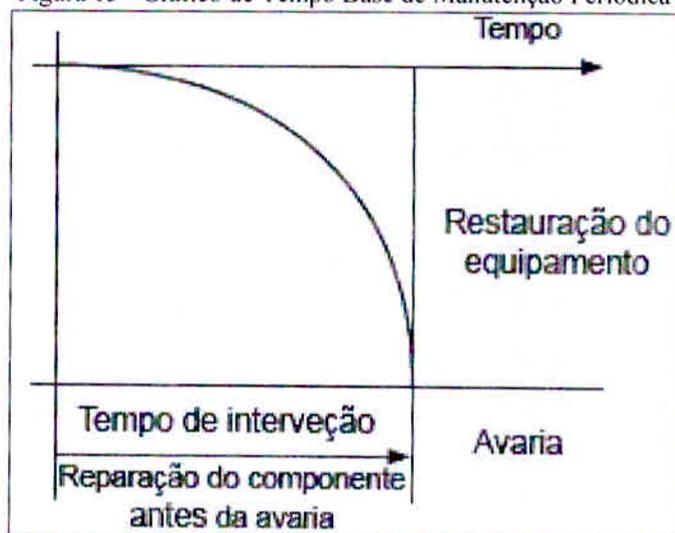
Enfim, se o rompimento do componente é devido à degradação, componente sujo, não-lubricado, não-inspecionado ou regulado corretamente, foi o padrão de automanutenção, que não funcionou e deverá ser, por isso, revisto. Se o componente se rompe, por falta de observação das condições operativas ou por falta de competências dos operadores, utilizam-se as áreas específicas de treinamento da equipe de manutenção.

7.4 Passo 3 – definição dos padrões de manutenção periódica

A manutenção periódica tem o propósito de intervir de modo programado sobre o equipamento, a máquina e o componente, através de substituições, lubrificações, inspeções, configurações, regulagens, testes, calibragens e revisões mecânicas, elétricas e hidráulicas. Isso com a finalidade de antecipar a ocorrência da falha.

Uma vez que as condições de base foram reparadas através dos passos anteriores, esse tipo de manutenção tem um excelente resultado e constitui as premissas para a manutenção preventiva. Porém, por outro lado, as condições de base são deterioradas e, conseqüentemente, torna-se muito difícil prever a frequência de substituição, esse tipo de manutenção é ineficaz (FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007).

Figura 15 - Gráfico de Tempo Base de Manutenção Periódica



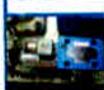
Fonte: FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007

Na figura 15 é relatada a curva de andamento do equipamento que, a partir de certo momento, começa a se degradar. A manutenção periódica intervém antes que a falha se manifeste trazendo a máquina para as condições iniciais.

Formular dois padrões separados de Manutenção Periódica: um para a atividade de AM, que compreende lubrificação, inspeção, controle e regulação; outro para a atividade de PM. Expô-los em uma única tabela.

Os padrões de manutenção profissional e de manutenção autônoma devem ser geridos através da representação de quem faz o que, sobre um quadro apropriado, no qual são evidenciadas com o amarelo as atividades de manutenção programadas, com o preto as atividades executadas e com o vermelho as falhas eventuais realizadas a respeito daquele componente (FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007).

Figura 16 - Quadro de Manutenção preventiva

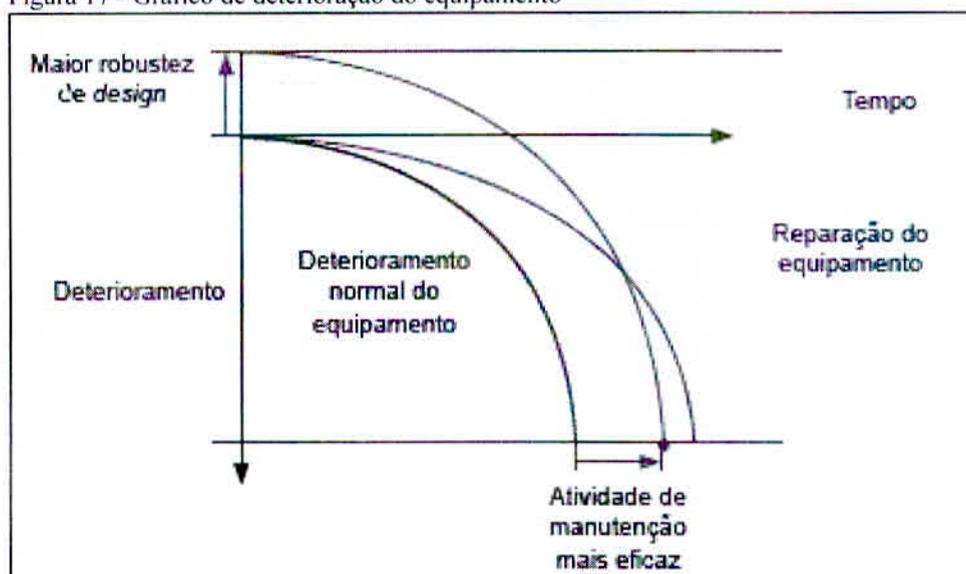
SOTTOGRUPPO	COMPONENTE	ANO													
		semana													
		w21	w22	w23	w24	w25	w26	w27	w28	w29	w30	w31	w32	w33	w34
	1 VALVULA DE RETENÇÃO VUDRSX0H5110 PARKER		▲									▲			
	2 VALVULA DESCOMPRESSÃO ATUADA P/ SOLENOIDE REXROTH		▲									▲			
	3 VALVULA LIMITADORA DE PRESSÃO OEI-PBAH-5066		▲									▲			
	4 VALVULA DE RETENÇÃO PARKER		▲									▲			
	5 VALVULA DE SEGURANÇA PARKER		▲									▲			
	6 VALVULA DIRECIONAL TH10 5-4WE10D33 REXROTH		▲									▲			

Fonte: Autor

7.5 Passo 4 - realização de contramedidas sobre os pontos fracos das máquinas

O propósito deste passo é prolongar o ciclo de vida das máquinas através de intervenções de manutenção corretiva.

Figura 17 - Gráfico de deterioração do equipamento



Fonte FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007

Identificar os pontos fracos das máquinas e realizar melhorias e deixando o equipamento mais robusto e menos propenso a falhas. Implementar a solução de melhoria, efetuar o monitoramento, examinar a tendência e efetuar a manutenção. A melhoria do MTBF (do terceiro passo de PM consolidado) de um componente acontece somente quando se torna possível melhorar a fraqueza intrínseca do componente, isso é, quando se consegue melhorar o limite estrutural do componente que em geral é definido no projeto e algumas vezes nas condições operativas de funcionamento. Efetuar a análise custo/benefício da solução de melhoria.

7.6 Passo 5 - Construção de um sistema de manutenção preventiva

Sobre a base do padrão de manutenção definido no passo 3 e da sua aplicação, o propósito deste passo é melhorar a manutenção, a gestão e o controle, e a segurança da máquina.

Analisar os sintomas irregulares que apontam para a deterioração dos componentes. Colocar em operação as contramedidas sobre os pontos fracos da realização da inspeção.

7.7 Passo 6 - construção de um sistema de manutenção preditiva CBM

A manutenção preditiva ou baseada nas condições faz referência ao fato de que a maioria das falhas não acontece subitamente, mas se desenvolve em determinado período de

tempo. O propósito deste passo é saber prever o ciclo de vida dos componentes através do registro dos dados significativos para dar indicações sobre as condições das máquinas, por exemplo, um aumento de temperatura sobre uma superfície isolante.

O objetivo é intervir antes que a falha seja verificada na base das análises de dados da situação, que permita recolher indícios da tendência de que a falha ocorrerá.

O monitoramento das condições não apenas ocorre através de equipamentos sofisticados, mas sobretudo provém das percepções dos operadores que trabalham cotidianamente com as máquinas e que podem ouvir um rumor ou uma vibração incomum. Sucessivamente se desenvolve uma análise com instrumentos mais refinados para identificar melhor os parâmetros. Utilizam-se instrumentos de elevação das partículas (ferrografia), das vibrações (dinâmica), da temperatura (termografia) para verificar a tendência de não assegurar o fornecimento e de se danificar um único componente. Se a tendência é a falha, se substitui; se a tendência não é a falha, não se substitui (FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007).

A partir dessas informações é possível melhorar o sistema de manutenção preditiva do equipamento, tais como:

- a) Aprofundar as técnicas e as tecnologias para a manutenção preditiva.
- b) Escolher os componentes mais críticos.
- c) Desenvolver tecnologias e aparelhos para diagnose.
- d) Avaliar os custos/benefícios.
- e) Efetuar as atividades de diagnóstico preditivas.

7.8 Passo 7 - Gestão dos indicadores de manutenção

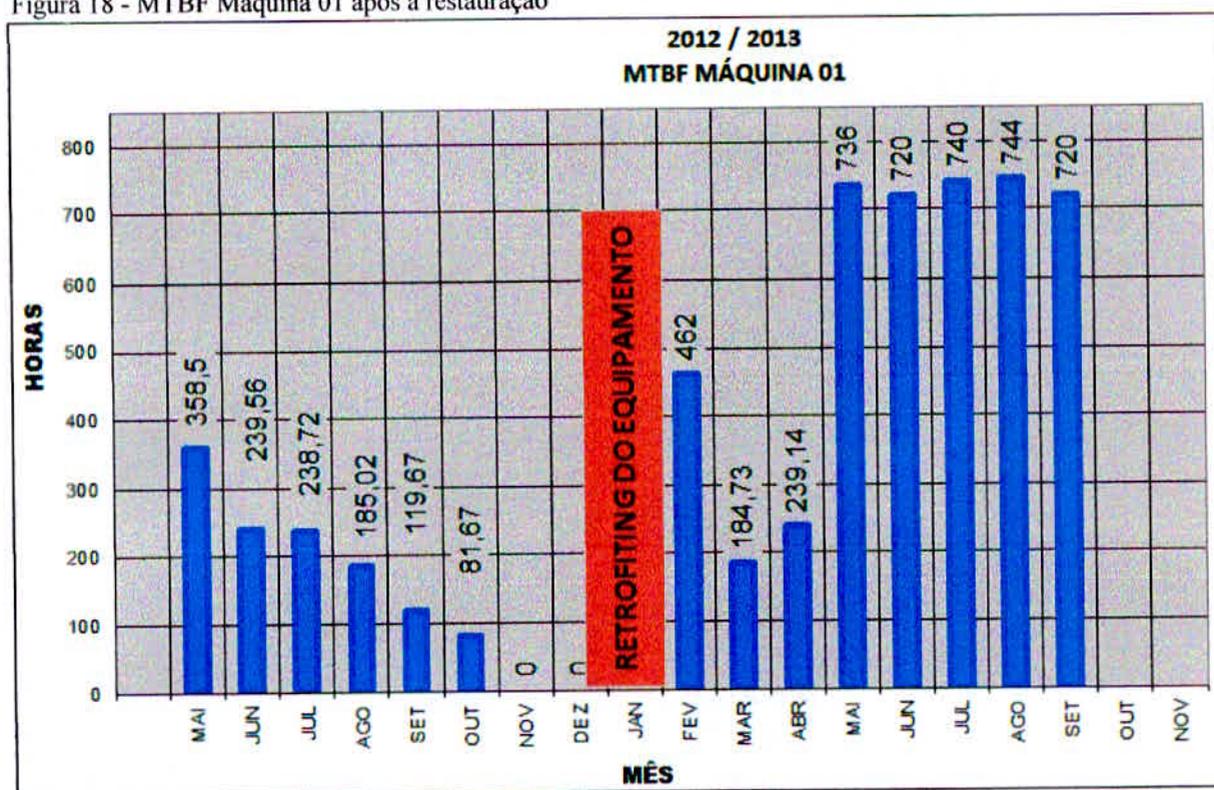
O propósito deste passo é realizar a plena utilização dos equipamentos através da institucionalização do sistema de manutenção e a gestão dos custos de manutenção, que consiste em (FIAT GROUP AUTOMOBILES, 2007):

- a) Construir um sistema de gestão do orçamento de manutenção.
- b) Avaliar as reservas.
- c) Avaliar o sistema de manutenção aplicado.
- d) Avaliar a melhoria da confiabilidade: número das falhas e das micro paradas, frequência das falhas, MTBF.
- e) Avaliar a melhoria da manutenção: percentual de manutenção periódica, percentual de manutenção preventiva, MTTR.

8 RESULTADOS

Após implementado este sistema de gestão de manutenção o equipamento apresentou resultados bastante satisfatórios quanto a indicadores de manutenção, onde o mesmo estava com grandes problemas quanto a repetitivas quebras e falhas e com o auxílio desta ferramenta de manutenção conseguiu estabilizar estes indicadores.

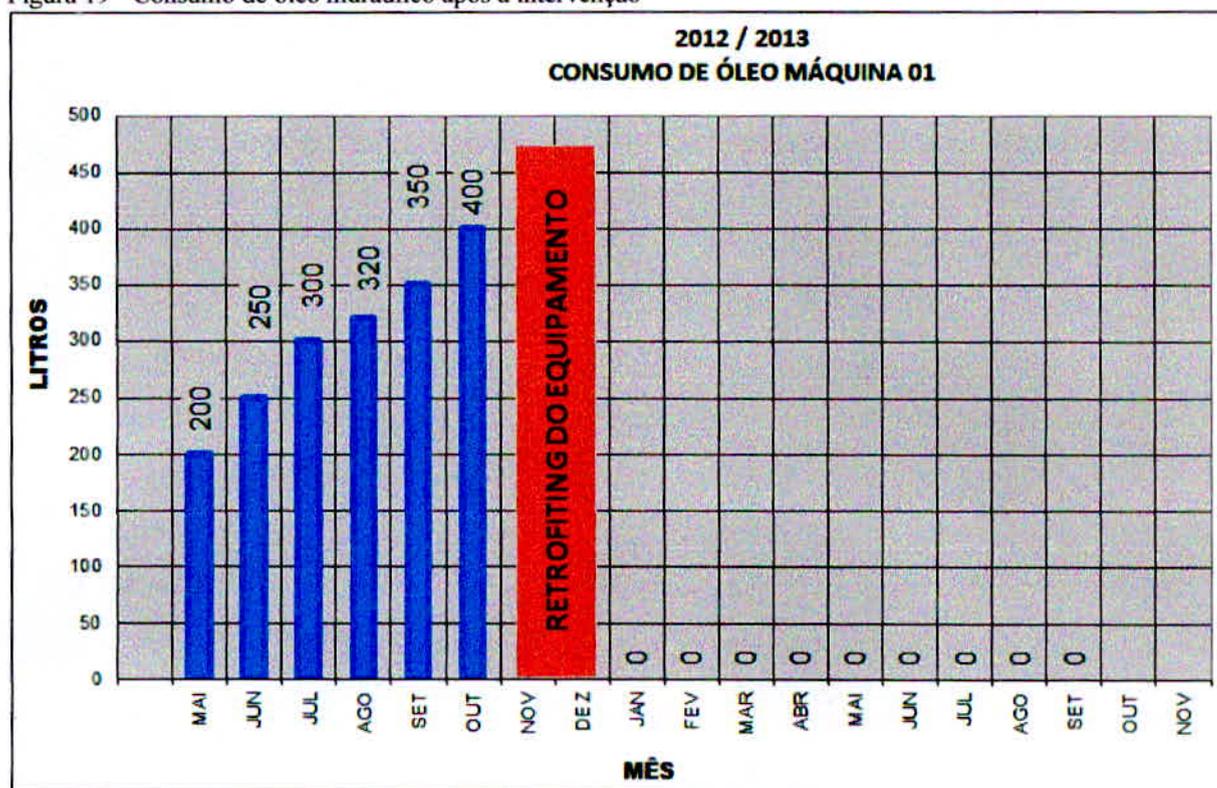
Figura 18 - MTBF Máquina 01 após a restauração



Fonte: O Autor

O custo com consumo de óleo foi outro grande diferencial, pois com a intervenção no cilindros hidráulicos, os vazamentos foram sanados e com isto não se registrou mais consumo de óleo hidráulico.

Figura 19 - Consumo de óleo hidráulico após a intervenção



Fonte: Autor

9 CONCLUSÃO

Conforme o estudo realizado sobre a ferramenta WCM com o Pilar de Manutenção Profissional, os trabalhos realizados na máquina 01 tiveram um impacto muito positivo, pois conseguiu-se o objetivo principal que é a quebra zero por manutenção insuficiente, porém ainda é necessário estudar e aprimorar mais esta ferramenta na busca por melhores práticas e melhoria contínua. Embora os indicadores da máquina 01 tenham sido destacados ainda vale ressaltar na mudança de cultura e satisfação dos colaboradores, maior segurança do equipamento, dificuldades de implantação desta ferramenta que tem por objetivo atingir a todos dentro da organização desde a diretoria até o chão de fábrica, maior satisfação dos clientes, investimentos realizados e principalmente na redução de custos de produção que é o principal objetivo hoje em mundo globalizado. Essa metodologia atinge todos os níveis dentro da organização dando força e credibilidade ao programa.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462: **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- BARONI, Julio Tarcísio. **Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas**. ed. Quality Mark, Rio de Janeiro, 2002.
- BRANCO FILHO, Gil. **Planejamento e Controle de Manutenção: Curso de PCM**. São Paulo: Apostila de Treinamento da ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) 2005.
- BRITTO, R. de; PEREIRA, M. A. **Manutenção autônoma: estudo de caso em empresa de porte médio do setor de bebidas**. In: VII SEMEAD, Seminário de Estudos de Administração da USP – Universidade de São Paulo, 2003.
- CANÁRIO, Paulo César; IMAI, Yassuo. **Apostila de treinamento de facilitador de TPM**. IMC&C Internacional 2007.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Administração nos novos tempos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- FIAT GROUP AUTOMOBILES. **Pilares técnicos: WCM**, 2007. (Manual)
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 3 ed. ver. E ampl Qualitymark: Petrobras. Rio de Janeiro, 2009.
- KODALI, R., MISHRA, R. e ANAND, G. Justification of world-class maintenance systems using analytic hierarchy constant sum method. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 15 . n° 1, 2009.
- LAUGEN, B; BOER, H.; ACUR, N. e FRICK, J. Best manufacturing practices: What do the Best-performing companies do. **International Journal of Operations & Production Management**. 2005.
- LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico Lean**. Tradução de Lean Institute Brasil. 2. ed. LEAN, 2008 Institute Home Page, tema Disponível em < <http://www.lean.org.br> >, acesso em 20 de Agosto de 2013.
- MICHELAZZO, L. A. Kaizen na Delphi. **Simple ideias. Milhões de dólares**. Revista AutoData. Out. 2003. ano 12. n.170.
- MISHAWKA, V. e OLMEDO, N. L. **Manutenção: Combate aos custos da não eficácia: a vez do Brasil**. São Paulo, Makron Books, 1993, 373 p.
- MOUBRAY, John. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade**. São Paulo: Aladon, 1996.

TAVARES, Lourival. **Administração Moderna de Manutenção**. ed. New York, Novo Pólo Editora, 1998. Disponível em: < <http://www.slideshare.net/admrodrigolopes/mtc-exemplar-2009>>

VAZ, José Carlos. **Gestão da Manutenção Preditiva: Gestão de Operações**. ed. Edgard Blücher, 1997.

C.A. Voss. **Alternative paradigms for manufacturing strategy**", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15 Iss: 4, pp.5 – 16, 1995

WIREMAN, T. **Developing performance indicators for managing maintenance**, New York, Industrial Press Inc., 1998

WHEELWRIGHT, S. C.; HAYES, R. H. **Competing through manufacturing**. Harvard Business Review, v.63, n .1, p.99-109, 1985.

XAVIER, Julio Nascif. **Manutenção: tipos e tendências**. Disponível em: <<http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaotiposetendencias.zip>>, 2005. Acesso em 13 Set.2013.

XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção: Tipos e Tendências**. Disponível em: www.manter.com. Acesso em 17 de Set. 2003;

YAMAGUCHI, Carlos Toshio. **TPM: Manutenção Produtiva Total**. São João Del Rei, 2005.