

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

LUCINÉIA MARIA DA SILVA

**METODOLOGIA DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL VISANDO A
REDUÇÃO DE PARADAS POR QUEBRAS E FALHAS DE MÁQUINA**

Botucatu-SP
Junho – 2016

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

LUCINÉIA MARIA DA SILVA

**METODOLOGIA DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL VISANDO A
REDUÇÃO DE PARADAS POR QUEBRAS E FALHAS DE MÁQUINA**

Orientador: Prof. Me. Vitor de Campos Leite

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de
Tecnólogo no Curso Superior em Produção
Industrial.

Botucatu-SP
Junho – 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida que tem me concedido, por ter me ajudado a superar as dificuldades encontradas até aqui e por me dar a oportunidade de conquistar mais um dos meus objetivos.

À minha mãe pelo amor que sempre dedicou à nossa família e por ser um exemplo de caráter para nós, ao meu pai que com certeza estaria orgulhoso neste momento se estivesse entre nós, agradeço ao meu irmão, minhas irmãs, primas e meu namorado pelo incentivo, carinho e compreensão que sempre demonstraram.

Ao meu orientador, Professor Me. Vitor de Campos Leite, pelo apoio e empenho durante o desenvolvimento deste trabalho.

A Fatec, todos os professores e meus colegas de sala de aula que compartilharam seus conhecimentos e contribuíram para esta conquista.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Aos meus pais, Maria Aurora da Silva e José Manoel da Silva (in memoriam).

A todos os meus irmãos, Aparecido, Selma, Célia e Sueli.

E a todas as demais pessoas que me apoiaram e me motivaram.

RESUMO

Atualmente para as empresas sobreviverem e se manterem competitivas é preciso um sistema organizacional. Diante disso muitas empresas adotam o *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta), cujo foco principal é a eliminação de desperdícios que não agregam valor ao produto. A Manutenção Produtiva Total tem como principal objetivo estabelecer boa prática de manutenção por meio de metas, como melhorar a eficácia dos equipamentos, promovendo atividades preventivas e análise técnica de falhas com foco na eliminação das grandes perdas e quebra zero, assim reduzindo custos de manutenção, aumentando a confiabilidade do equipamento e da capacidade do processo, garantindo prazos de entrega, qualidade e a satisfação dos clientes. O objetivo do trabalho foi avaliar a metodologia da Manutenção Produtiva Total em uma determinada empresa, objeto do estudo de caso, visando a redução de paradas por quebras e falhas durante o processo produtivo. Para isto, foi necessário coletar dados da produção, quantificar as falhas, fazer a análise das mesmas e para concluir foram definidas ações para reduzir o problema. Após a conclusão do trabalho a metodologia da Manutenção Produtiva Total apresentou-se uma importante ferramenta para elevar ganhos de produtividade, mesmo não sendo imediatos, portanto, foi possível alcançar bons resultados e o objetivo de reduzir paradas por quebras e falhas de máquina foi alcançado, aumentando assim a capacidade de produção da máquina.

PALAVRAS-CHAVE: Confiabilidade do Equipamento. Falhas de Máquina. Manutenção Produtiva Total.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Os oito pilares de sustentação da TPM. | 13 |
| Figura 2: Equipamento antes e depois da limpeza inicial. | 15 |
| Figura 3: Padrão de limpeza, inspeção e lubrificação – modelo por equipamento. | 16 |
| Figura 4: Padrão de limpeza, inspeção e lubrificação – modelo por frequência. | 16 |
| Figura 5: Lição ponto a ponto | 20 |
| Figura 6: Etapas do processo de planejamento de recuperação de falhas. | 24 |
| Figura 7: Gráfico de Pareto | 25 |
| Figura 8: Diagrama de causa e efeito | 26 |
| Figura 9: Etiquetas de anomalias | 33 |
| Figura 10: Gráfico da Eficiência Global do Equipamento (OEE). | 35 |
| Figura 11: Tempo médio entre falhas..... | 35 |
| Figura 12: Tempo médio de reparo | 36 |
| Figura 13: Gráfico de falhas por componentes..... | 37 |
| Figura 14: Melhoria na eficiência global do equipamento (OEE) | 40 |
| Figura 15: Melhoria do tempo médio entre falha (MTBF). | 41 |
| Figura 16: Tempo médio de reparo (MTTR)..... | 41 |
| Figura 17: Eficiência global do equipamento das máquinas M1 e M2 | 42 |
| Figura 18: Melhoria da disponibilidade do equipamento (indústria alimentícia) | 43 |
| Figura 19: Melhoria da disponibilidade do equipamento (indústria siderúrgica) | 43 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1: Os sete passos da manutenção autônoma | 14 |
| Quadro 2: Modelo conceitual dos cinco porquês | 26 |
| Quadro 3: Análise da falha do componente A..... | 37 |
| Quadro 4: Causa raiz dos problemas e ações. | 38 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MPT - MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL
TPM - *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE*
MA - MANUTENÇÃO AUTÔNOMA
MP - MANUTENÇÃO PLANEJADA
EGE - EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO
OEE - *OVERALL EQUIPAMENT EFFICIENCY*
LPP - LIÇÃO PONTO A PONTO
TF - TAXA DE FALHAS
TMEF - TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS
MTBF - *MEAN TIME BETWEEN FAILURES*
TMDR - TEMPO MÉDIO DE REPARO
MTTR - *MEAN TIME TO REPAIR*

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 Objetivo | 11 |
| 1.2 Justificativa | 11 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 12 |
| 2.1 Manutenção Produtiva Total..... | 12 |
| 2.1.1 Manutenção Autônoma..... | 13 |
| 2.1.2 Manutenção Planejada..... | 16 |
| 2.1.3 Melhoria Específica | 17 |
| 2.1.3.1 Eficiência Global do Equipamento | 18 |
| 2.1.4 Educação e Treinamento | 19 |
| 2.1.4.1 Lição ponto a ponto | 20 |
| 2.1.5 Manutenção da Qualidade..... | 21 |
| 2.1.6 Controle Inicial | 21 |
| 2.1.7 TPM Administrativo | 21 |
| 2.1.8 TPM Segurança, Higiene e Meio Ambiente | 22 |
| 2.2 Tipos de falhas | 22 |
| 2.2.1 Falhas relacionadas à idade do ativo | 22 |
| 2.2.2 Falhas aleatórias de componentes simples e complexos..... | 23 |
| 2.2.3 Planejamento de recuperação de falhas | 23 |
| 2.2.4 Método para análise de falhas | 24 |
| 2.2.4.1 Gráfico de Pareto..... | 24 |
| 2.2.4.2 Diagrama de Causa e Efeito | 25 |
| 2.2.4.3 Método dos Cinco Porquês | 26 |
| 2.2.5 Medição de falhas | 27 |
| 2.2.5.1 Taxa de falhas | 27 |
| 2.2.5.2 Confiabilidade..... | 27 |
| 2.2.5.3 Tempo médio entre falhas..... | 28 |
| 2.2.5.4 Tempo médio de reparo | 29 |
| 2.2.5.5 Disponibilidade | 29 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 30 |
| 3.1 Material | 30 |
| 3.2 Métodos | 30 |
| 3.3 Estudo de Caso..... | 30 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 32 |
| 4.1 Implantação do TPM na máquina | 32 |
| 4.1.1 Limpeza Inicial | 32 |
| 4.1.2 Rotinas de limpeza, inspeção e lubrificação..... | 34 |
| 4.2 Análise crítica dos indicadores | 34 |
| 4.2.1 Análise das Falhas | 36 |
| 4.3 Principais resultados | 39 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 45 |
| REFERÊNCIAS | 46 |

1 INTRODUÇÃO

Devido à globalização o mercado está cada vez mais competitivo e a concorrência cada vez mais acirrada, isto tem levado as empresas a se adequarem às exigências do mercado, buscando novas técnicas e metodologias de gestão, capacitação técnica de seus colaboradores e assim garantir o sucesso das organizações.

Muitas empresas se baseiam na Filosofia Enxuta, que busca a redução de desperdícios para elevar os ganhos de produtividade e otimizar os processos e a Manutenção Produtiva Total é uma das ferramentas utilizadas.

A Manutenção Produtiva Total (MPT ou TPM do inglês *Total Productive Maintenance*) surgiu no Japão nas décadas de 1960 e 1970, até então a indústria japonesa trabalhava com o conceito de manutenção corretiva somente após a falha da máquina ou equipamento, gerando custos e obstáculos na melhoria da qualidade dos produtos.

Com o objetivo de alcançar maior eficiência da manutenção produtiva, com a total participação dos empregados surgiu a MPT aplicada pela primeira vez pela empresa Nippondenso, fornecedor de componentes elétricos para a Toyota Automotiva.

No Brasil, o programa TPM começou a ser utilizado na década de 80 e vem evoluindo, atualmente muitas das principais plantas industriais utilizam esta metodologia capaz de proporcionar melhoria nos resultados.

O TPM é um método de gestão que identifica e elimina as perdas existentes no processo produtivo e garante a geração de produtos de qualidade a partir da gestão preventiva das máquinas e equipamentos. Promove o trabalho em equipe envolvendo várias áreas da

empresa, desenvolve conhecimentos capazes de reeducar as pessoas através de novas práticas no dia a dia, para ações de prevenção e de melhoria contínua na busca da excelência.

1.1 Objetivo

O objetivo do trabalho foi avaliar a metodologia da Manutenção Produtiva Total, visando à redução de paradas por quebras e falhas durante o processo produtivo em uma indústria do ramo metalúrgico do interior de São Paulo.

1.2 Justificativa

Atualmente para as empresas sobreviverem e se manterem competitivas é preciso um sistema organizacional. Diante disso muitas empresas adotam o *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta), cujo foco principal é a eliminação de desperdícios e outros fatores que não agregam valor ao produto, buscando alcançar os objetivos do sistema de produção: flexibilidade, confiabilidade, rapidez, custo e qualidade.

Nos ambientes produtivos podem se encontrar vários tipos de desperdícios, como paradas por quebras ou falhas de máquinas e equipamentos, aumentando os custos com manutenção ou produtos com defeitos que geram retrabalhos e conseqüentemente atrasos na entrega do produto, impactando o cliente interno e as áreas de montagens finais.

Os principais fatores relevantes para o tema do trabalho devem-se a necessidade de manter e disponibilizar o equipamento em condições ideais e gerar produtos com a qualidade especificada em projeto, reduzir intervenções operacionais e paradas para manutenções corretivas durante o processo produtivo, aumentando a eficiência do equipamento.

A Manutenção Produtiva Total promove atividades preventivas e análise técnica de falhas com foco na eliminação das grandes perdas e quebra zero, sendo assim é possível contribuir com a empresa reduzindo custos de manutenção, aumentando a confiabilidade do equipamento e da capacidade do processo, garantindo prazos de entrega, qualidade e a satisfação dos clientes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manutenção Produtiva Total

Segundo Pereira (2009) durante muito tempo, as indústrias funcionaram com o sistema de Manutenção Corretiva assim ocorriam muitos desperdícios, retrabalhos, perda de tempo e de esforços humanos, além de prejuízos financeiros.

“A MPT surgiu no Japão, onde é considerada como a evolução natural da manutenção corretiva (reativa) para a manutenção preventiva (pró-ativa)” (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009, p. 233).

A manutenção produtiva total (MPT ou TPM, do inglês *total productive maintenance*) é “a manutenção produtiva realizada por todos os empregados por meio de atividades de pequenos grupos” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 613).

Segundo Davis (1995 citado por FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009, p. 234) “a MPT pode ser considerada uma filosofia, uma coleção de práticas e técnicas destinadas a maximizar a capacidade dos equipamentos e processos utilizados pela empresa”.

Por outro lado Cuignet (2006) cita que “na prática infelizmente a implantação de programas TPM limita-se muitas vezes apenas ao envolvimento do pessoal de produção, quando a verdadeira filosofia TPM prevê a participação de todas as funções”.

Segundo Slack; Chambers e Johnston (2009) a MPT visa estabelecer boa prática de manutenção por meio de metas como melhorar a eficácia dos equipamentos ao examinar todas as perdas que ocorrem. Os autores afirmam também que a realização da manutenção autônoma permite que o pessoal assuma responsabilidades por algumas das tarefas de

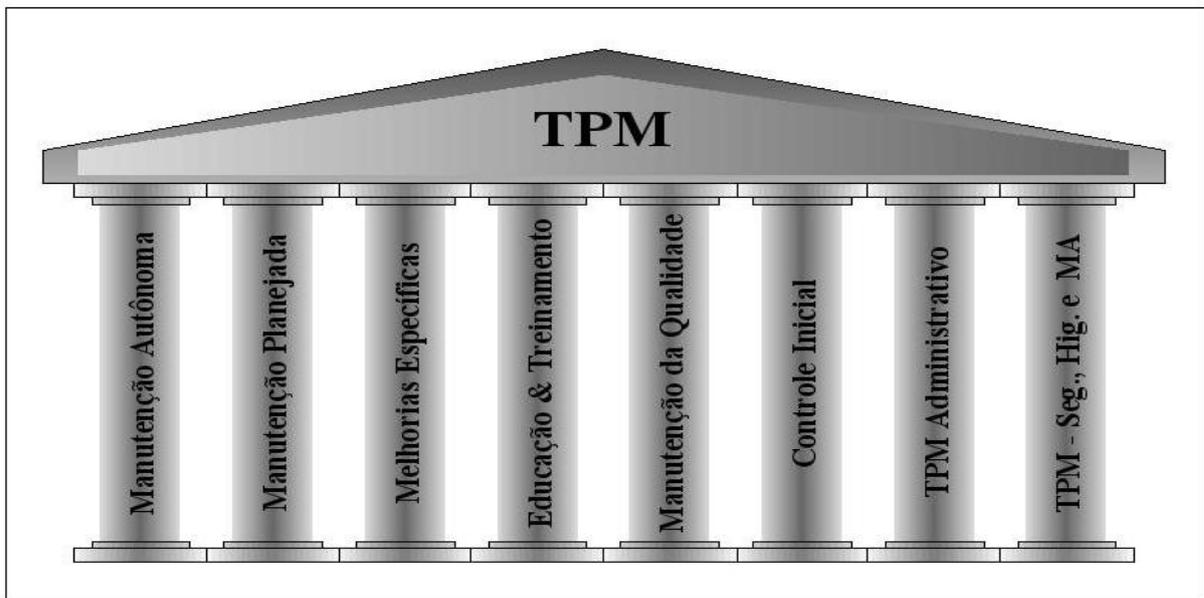
manutenção e pela melhoria do desempenho de manutenção (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

O TPM aplicado à metodologia *Lean* tem como principal objetivo buscar a eficácia das ações de todos os departamentos da organização reduzindo operações e gastos desnecessários (PEREIRA, 2009).

Segundo Pereira (2009, p. 31), “Os pilares da TPM são as bases sobre as quais construímos um programa de TPM”. Envolve todos os departamentos de uma empresa para buscar metas como Defeito zero ou Falha zero, Estudos de Disponibilidade, Confiabilidade e Lucratividade (PEREIRA, 2009).

A Figura 1 demonstra quais são os oito Pilares de Sustentação da Manutenção Produtiva Total.

Figura 1: Os oito pilares de sustentação da TPM.



Fonte: Adaptado Kardec (2001 citado por CRUZ, 2012).

Os oito pilares serão detalhados nos tópicos seguintes.

2.1.1 Manutenção Autônoma

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009, p. 233) “A MPT entende que as pessoas que utilizam o equipamento são aquelas que possuem os maiores conhecimentos referentes a ele.

Assim essas pessoas estão em posição ideal para contribuir nos reparos e modificações, visando melhorias de qualidade e produtividade”.

O pilar Manutenção Autônoma (MA) surgiu tendo como objetivo básico evitar a deterioração precoce do equipamento novo e manter em boas condições os antigos (PEREIRA, 2009).

Fogliatto e Ribeiro (2009, p. 240) citam que “A manutenção autônoma permite detectar e tratar pequenas anomalias antes que elas se desenvolvam e conduzam a falha do equipamento”.

Segundo Pereira (2009), manter um equipamento em boas condições de limpeza, reparado a frequências determinadas, operado por um operador treinado e qualificado proporcionará uma maior produtividade.

Segundo Tondato (2004) a manutenção autônoma possui sete passos para sua implantação nos equipamentos, como demonstra o Quadro 1.

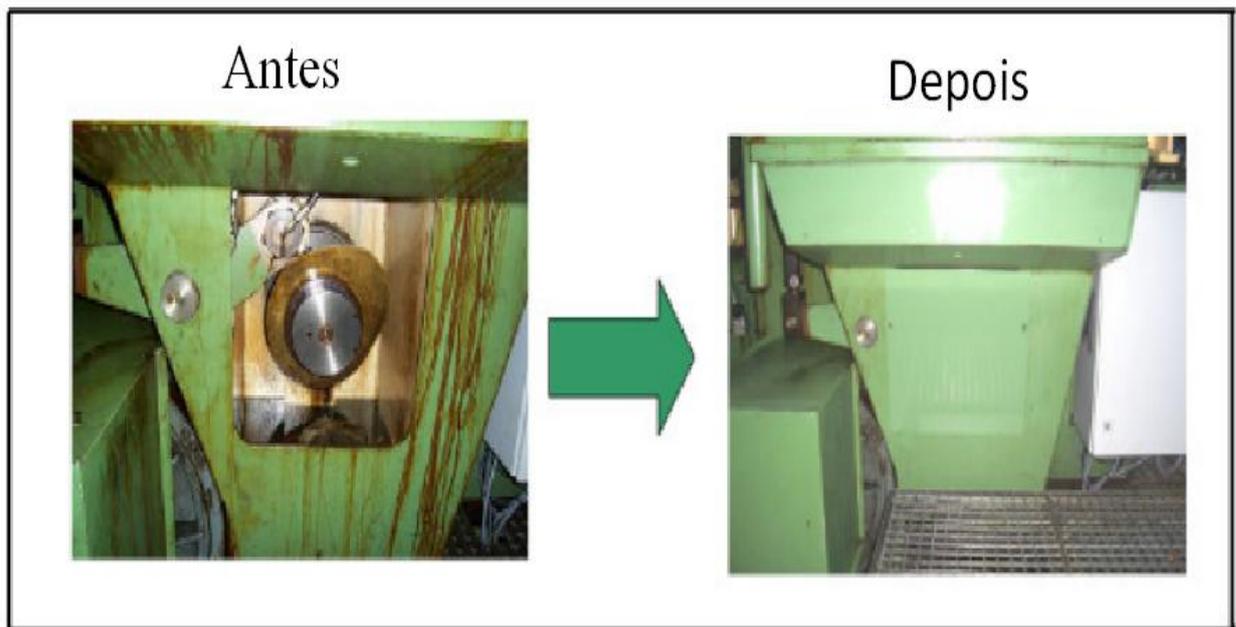
Quadro 1: Os sete passos da manutenção autônoma

| | Nome | Atividades |
|---|---|---|
| 1 | Limpar e inspecionar | Eliminar todo o pó e a sujeira do equipamento, lubrificar e apertar parafusos. Encontrar e corrigir anomalias. |
| 2 | Eliminar fontes de problemas e áreas inacessíveis | Corrigir as fontes de sujeira e pó; prevenir sua dispersão e melhorar a acessibilidade para a limpeza e lubrificação. Otimizar o tempo de limpeza e inspeção. |
| 3 | Preparar padrões de limpeza e lubrificação | Redigir padrões que assegurem que a limpeza e lubrificação sejam feitas eficientemente. (Preparar um programa para as tarefas periódicas). |
| 4 | Realizar inspeções gerais | Depois de receber o treinamento e estudar os manuais de inspeção, realizar inspeções gerais para encontrar e corrigir pequenas anormalidades do equipamento. |
| 5 | Realizar inspeções autônomas | Preparar <i>check list</i> padrões para inspeções autônomas. Realizar as inspeções. |
| 6 | Padronizar aplicando a gestão visual do lugar de trabalho | Padronizar e gerenciar visualmente todos os processos de trabalho. Exemplos de padrões necessários: - Padrões de limpeza, lubrificação e inspeção; - Padrões para fluxo de materiais na planta; - Padrões para métodos de registro de dados; - Padrões para gerenciamento de ferramentas. |
| 7 | Implantação da gestão autônoma do equipamento | Desenvolver políticas e objetivos da empresa; fazer das atividades de melhoria parte do trabalho diário; promover a autogestão do equipamento. |

Fonte: Shirose et al, citado por TONDATO (2004)

A Figura 2 demonstra um equipamento antes e depois da Limpeza Inicial que é o primeiro passo para estabelecer o pilar manutenção autônoma.

Figura 2: Equipamento antes e depois da limpeza inicial.



Fonte: Oliveira; Martins e Xavier (2009)

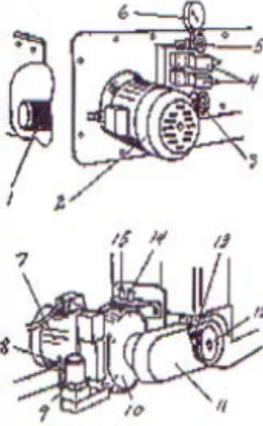
O pilar da manutenção autônoma visa dar condições aos operários desenvolverem rotinas de limpeza, lubrificação e inspeção, desenvolvendo a capacidade dos operários em resolver anomalias. (SUZUKI, 1995 citado por CRUZ, 2012).

Assim são desenvolvidos padrões de limpeza, inspeção e lubrificação.

Conforme Tondato (2004) esses padrões tem como objetivo oferecer ao equipamento as condições básicas para prevenir a deterioração. Esses padrões trazem a imagem ou foto do local onde serão realizadas a limpeza, inspeção ou lubrificação, bem como a método para execução, o tempo necessário e o responsável pela execução de cada atividade.

As Figuras 3 e 4 apresentam modelos de cronograma de limpeza, inspeção e lubrificação, modelo por equipamento e por frequência.

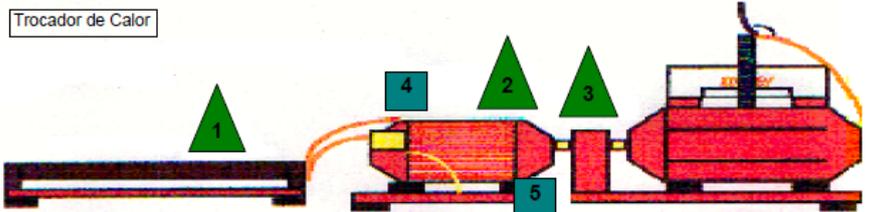
Figura 3: Padrão de limpeza, inspeção e lubrificação – modelo por equipamento.

| Padrão de Limpeza, Lubrificação e Inspeção | | | | | | | | | | | | |
|---|----|--------------------|---------------------|------------|--------------|--------------|------------|---|---|---|-------------|-------------|
| Diagrama | No | Ítem | Critério | Método | Ferramenta | Tempo (min.) | Frequencia | | | | Responsável | |
| | | | | | | | T | D | S | M | | |
|  | | <i>Limpeza</i> | | | | | | | | | | |
| | 1 | Unidade hidráulica | Limpo | Limpar | Pano | 5 | | X | | | | Operador I |
| | 2 | Motor principal | Limpo | Limpar | Pano | 3 | | | x | | | Operador II |
| | 3 | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | |
| | | | <i>Lubrificação</i> | | | | | | | | | |
| | 12 | Mancal | Lubrificado | Lubrificar | Lubrificador | 1 | X | | | | | Operador II |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | <i>Inspeção</i> | | | | | | | | | |
| | 6 | Manômetro | <= 5 kgf | Visual | | | 1 | X | | | | Operador II |
| | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Tondato (2004)

Figura 4: Padrão de limpeza, inspeção e lubrificação – modelo por frequência.

| Padrão de limpeza e inspeção | | | | | |
|------------------------------|--|---------------------------------|----------------|-------------|-------------|
| # | Ítem | Método | Padrão | Frequência | Responsável |
| 1 | Vazamento de água nas tubulações e conexões | Visual/ tato | Sem vazamentos | Diariamente | Operador I |
| 2 | Inspeção de vazamentos nos anéis das bombas de vácuo | Visual | Sem vazamentos | Diariamente | Operador I |
| 3 | Medida da temperatura da água nos anéis das bombas | Visual | 60 - 80 oC | Diariamente | Operador II |
| 4 | Limpeza do anel das bombas de vácuo | Pano, spray de limpeza, esponja | Limpo | Mensalmente | Operador II |
| 5 | Limpeza do piso ao redor da bomba de vácuo | Pano, spray de limpeza | Limpo | Mensalmente | Operador II |



▲ Diário

● Semanal

■ Mensal

Fonte: Tondato (2004)

2.1.2 Manutenção Planejada

De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009, p. 249) “O objetivo da Manutenção Planejada (MP) é assegurar que os equipamentos irão manter alta disponibilidade, velocidade e qualidade [...]”.

Para isto são classificados três diferentes tipos de manutenção:

Manutenção preditiva corresponde a uma parada para substituição antecipada de um componente, busca o acompanhamento de componentes críticos, através de monitoramento, visando detectar a iminência de uma falha (COSTA JUNIOR, 2008).

Manutenção preventiva é uma parada com data e hora programada, são realizadas substituições de peças desgastadas evitando que uma falha ocorra durante um período de produção (COSTA JUNIOR, 2008).

A probabilidade de falhas influencia a gestão da manutenção, pois a tomada de decisão para a realização de uma manutenção preventiva deve levar em conta a determinação do período de falha (COSTA JUNIOR, 2008).

Manutenção corretiva é uma parada inesperada e não programada para corrigir um problema, feita no sentido de corrigir ou recuperar o processo (COSTA JUNIOR, 2008).

Elaborar um cronograma para a realização da manutenção do tipo preditiva e preventiva contribui para alcançar os objetivos deste pilar.

Como cita Fogliatto e Ribeiro (2009), faz parte do pilar manutenção planejada estabelecer o planejamento anual das atividades e estabelecer os padrões a serem seguidos em todas as intervenções.

2.1.3 Melhoria Específica

O pilar Melhoria Específica (ME) consiste em ações para eliminar as perdas crônicas com o objetivo de aumentar a eficiência, disponibilidade e tempo de vida do equipamento (RODRIGUES, 2014).

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009, p. 234) “todos os equipamentos estão sujeitos a perdas. Para melhorar o rendimento dos equipamentos, é preciso reconhecer, medir e eliminar essas perdas”.

A MPT classifica seis grandes perdas: perda por quebras devido a falhas do equipamento, perdas durante *setup* e ajustes de linha, perdas por pequenas paradas e operação em vazio, perdas por redução da velocidade de operação, perdas por defeitos de qualidades e retrabalhos e perdas de rendimento (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Setup é o tempo decorrente desde o momento em que a máquina interrompe sua produção anterior até o início da produção subsequente, com qualidade apropriada, incluindo o tempo necessário para ajustes durante a troca (GOLDACKER e OLIVEIRA, 2008).

Segundo Costa Junior (2008, p. 40) “falha é definida como efeito do ato de falhar e pode se caracterizar como uma interrupção do funcionamento normal, um defeito ou a ausência de um determinado item no processo produtivo”.

Segundo Slack; Chambers e Johnston (2009) nenhum processo é perfeito e falhas podem ocorrer e uma forma evidente de aprimorar o desempenho de operações é prevenir falhas. As organizações precisam discriminar as diferentes falhas e prestar atenção especial às que são críticas.

2.1.3.1 Eficiência Global do Equipamento

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009) a MPT utiliza três índices principais para avaliar o efeito das perdas. São eles: a taxa de disponibilidade, a taxa de velocidade e a taxa de qualidade.

Pereira (2009) cita que esses índices são integrados no OEE (*Overall Equipment Efficiency*) ou EGE (Eficiência Global do Equipamento).

“OEE = Disponibilidade X Desempenho X Qualidade X 100%” (PEREIRA, 2009, p. 77).

“A Disponibilidade mede a influência das perdas por manutenção e ajustes ou setups” (PEREIRA, 2009, p. 77).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo disponível} - \text{Tempo de paradas}}{\text{Tempo disponível}}$$

Considera-se:

Tempo disponível: tempo total dos turnos (h/mês) – tempos programados (h/mês)

Tempo de paradas (h/mês): os eventos não programados (PEREIRA, 2009).

“O Desempenho mede a influência das perdas por ociosidade ou pequenas interrupções e velocidade de trabalho reduzido (máquina operando abaixo da capacidade)” (PEREIRA, 2009, p. 77).

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Tempo de ciclo de máquina X Total de peças}}{\text{Tempo operacional}}$$

Considera-se:

Tempo de ciclo de máquina: em horas

Total de peças: peças produzidas mensalmente

Tempo operacional: tempo disponível (h) - tempo de paradas (h) (PEREIRA, 2009).

“A Qualidade mede a influência das perdas por peças fora de especificação e quedas de rendimento” (PEREIRA, 2009, p. 78).

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Total de peças} - \text{Total de peças com defeito}}{\text{Total de peças}}$$

Considera-se:

Peças com defeitos: peças produzidas com defeitos no mês (PEREIRA, 2009).

2.1.4 Educação e Treinamento

O objetivo deste pilar é a capacitação dos colaboradores envolvidos no projeto TPM para a obtenção de melhores resultados.

Segundo Rodrigues (2014) o pilar “educação e treinamento” consiste em capacitar todos os operadores e técnicos de manutenção em técnicas, liderança de equipes e modelo de gestão para melhor compreensão e melhor desempenho do projeto TPM

Conforme Pereira (2009) a necessidade de treinamento nas organizações deve ser encarada de forma ampla e estratégica. No projeto TPM tem-se a preocupação de facilitar o conhecimento para aumentar a produtividade, é necessário que os operadores saibam manusear ferramentas de montagem e operar os equipamentos, bem como executar ações de manutenção básica, os mantenedores devem conhecer tecnicamente um equipamento para executar ajustes e consertos necessários.

Todo o pessoal deve ser treinado em habilidades relevantes de manutenção de modo que tanto o pessoal de manutenção como de operação tenham todas as habilidades para desempenhar seus papéis (SLACK; CHAMBERS E JOHNSTON, 2009).

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009, p. 239) “[...] é fundamental que os técnicos de manutenção saibam orientar os operadores a respeito da melhor forma de operar e manter os equipamentos”.

2.1.4.1 Lição ponto a ponto

Segundo Oliveira; Martins e Xavier (2009) a Lição Ponto a Ponto (LPP) é umas das ferramentas da Manutenção Produtiva Total, utilizada como forma de instrução de trabalho, onde expõe de forma clara procedimentos de operação, funcionamento e manutenção de máquinas e equipamentos a serem seguidos como padrão.

Descreve procedimentos de uma forma mais prática, com vasta ilustração visual. É uma ferramenta poderosa para transmissão de conhecimento e auxilia na elaboração de procedimentos básicos de lubrificação, limpeza e inspeção autônoma (OLIVEIRA; MARTINS e XAVIER 2009).

A Figura 5 demonstra a elaboração de uma LPP.

Figura 5: Lição ponto a ponto

| LIÇÃO PONTO A PONTO | | | | | | |
|--|---|---|--------------------------|---|-----------------|-----------------|
| Tema | Inspeção do termómetro de temperatura da água | | | Número | LPP - 15 | |
| Célula: XXX | | | | Data | 29/10/2015 | |
| Preparado por: | | | | Máquina | M01 | |
| Classificação | <input checked="" type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos | <input type="checkbox"/> Casos de Melhorias | Assinatura da segurança? | Segurança | Líder da Célula | Facilitador TPM |
| | <input type="checkbox"/> Casos de Problemas | <input type="checkbox"/> Outros | | | | |
| <p>Durante o funcionamento o ponteiro do termómetro deve estar sempre na faixa verde de trabalho OBS: Qualquer anormalidade acionar a manutenção.</p> | | | | | | |
|  | | | | <p> <input checked="" type="checkbox"/> Verde Normal <input type="checkbox"/> Amarelo Atenção <input type="checkbox"/> Vermelho Perigo </p> | | |

2.1.5 Manutenção da Qualidade

O pilar de manutenção da qualidade proporciona ações que buscam estabelecer e manter as condições básicas do equipamento e evitar os efeitos da qualidade dos produtos processados (TONDATO, 2004).

Segundo Rodrigues (2014) refere-se à confiabilidade dos equipamentos com a qualidade dos produtos e a capacidade de produção.

De acordo com Takahashi (1993, citado por TONDATO, 2004, p. 62) “se as condições básicas dos equipamentos forem mantidas, a taxa de defeitos tende a se reduzir”.

2.1.6 Controle Inicial

Conforme Pereira (2009) ao iniciar um estudo para a aquisição de um determinado ativo deve-se haver a preocupação por parte das áreas envolvidas com a manutenção, sendo assim, o controle inicial é o conjunto de ações que visam a Prevenção da Manutenção (PM) que reduz futuros custos de manutenção e a deterioração de novos equipamentos.

“Durante a fase de projeto, devem-se levar em consideração alguns fatores que afetam o nível de produtividade do equipamento, como sua confiabilidade, manutenibilidade, segurança, operacionalidade e custos [...]” (TAKAHASHI, 1993, citado por TONDATO, 2004, p. 62).

Todo o ganho durante a fase de planejamento terá como consequência, a produtividade ideal do equipamento em um tempo menor (TAKAHASHI, 1993, citado por TONDATO, 2004).

2.1.7 TPM Administrativo

TPM Administrativo consiste em garantir o funcionamento, sem desperdício das áreas de apoio administrativo, minimizando ou eliminando sua interferência na produtividade dos equipamentos (RODRIGUES, 2014).

Segundo Pereira (2009) as áreas como Recursos Humanos, Segurança, Materiais, Finanças, entre outras podem colaborar para a perda zero a partir de seus processos, como por

exemplo, no caso de um acidente com um operador, entra em ação a área de Segurança do Trabalho para elaborar análises e ações para evitar novos acidentes.

2.1.8 TPM Segurança, Higiene e Meio Ambiente

Dentro da metodologia TPM devem coexistir o cuidado ambiental junto com máquinas operatrizes e produtos manufaturados, deve haver o respeito à integridade das pessoas e o meio onde vivem. (PEREIRA, 2009).

Segundo Rodrigues (2014), este pilar consiste na integração dos sete pilares anteriores com o objetivo de melhorar as condições de trabalho, minimizar riscos e aumentar a produtividade.

As atividades de segurança devem ser realizadas diariamente através de melhorias, sempre buscando a segurança nos equipamentos e processos e atividades de melhorias visando o meio ambiente, como por exemplo, programas de redução de ruídos e projetos de reciclagem. (SHINOTSUKA, 2001 citado por TONDATO, 2004).

2.2 Tipos de falhas

Existem fatores primordiais para a ocorrência de falhas, sendo interessante se detalhar os tipos de falhas mais frequentes como falhas relacionadas à idade do ativo e falhas aleatórias de componentes simples e complexos, detalhadas nos tópicos seguintes.

2.2.1 Falhas relacionadas à idade do ativo

Peças mecânicas possuem desgaste, componentes idênticos podem ter resistência variável em relação às cargas, enquanto peças eletrônicas tendem a falhar em razão de outros fatores, isso acontece naturalmente em razão do próprio processo operacional e a qualidade dos materiais utilizados, também tem grande influência (PEREIRA, 2009).

“A medida que o tempo passa, o ativo fica sujeito a falhas, justamente pelo processo natural de uso, desde que as condições de trabalho sejam mantidas dentro das especificações e limites definidos pelo fabricante” (PEREIRA, 2009, p. 188).

2.2.2 Falhas aleatórias de componentes simples e complexos

Falhas aleatórias segundo Rodrigues (2014) “são falhas ocorridas no período de operação plena do processo e estão relacionadas com diversas causas aleatórias, podendo ser de natureza técnica, operacional ou humana [...]”.

Ao contrário das falhas relacionadas à idade do ativo, as falhas aleatórias estão sujeitas às cargas externas, ou seja, tensão mecânica, forçando a peça até quebrar, ou tensão elétrica, carga externa como relâmpago, que ocasiona sobrecarga. Para se proteger destas falhas é preciso limitar o aumento anormal destas tensões (PEREIRA, 2009).

Outro exemplo, componentes com falhas de montagem que criam tensões que aceleram o processo de deterioração dificultando a descoberta da causa e efeito deste evento, uma das formas de se evitar é garantir que as peças sejam montadas por mantenedores capacitados (PEREIRA, 2009).

Segundo Pereira (2009) para os componentes complexos, a previsibilidade é mais difícil, a complexidade se deve à incorporação de novas tecnologias para melhorar o desempenho ou maior segurança operacional.

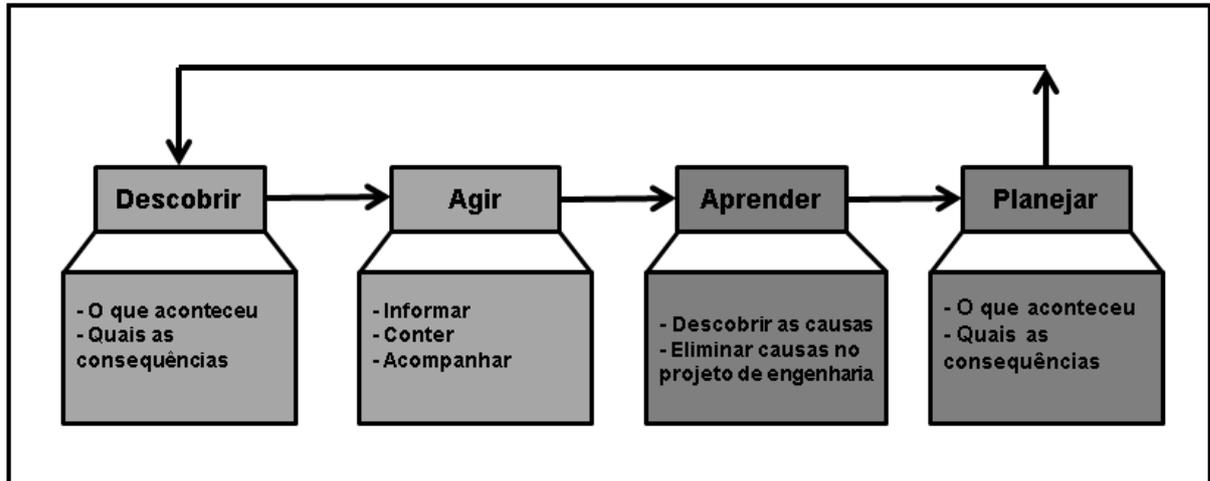
“Uma maior complexidade significa estabelecer ou reduzir dimensões, melhorar interfaces, durabilidade ou ainda aumentar a confiabilidade das informações, e isso, por sua vez, também aumenta a possibilidade de falhas” (PEREIRA, 2009, p. 190).

2.2.3 Planejamento de recuperação de falhas

“A atividade de planejamento dos procedimentos para a recuperação de falhas é chamada de recuperação de falhas” (SLACK; CHAMBERS e JOHNSTON, 2009, p. 618).

A Figura 6 demonstra as etapas do processo de planejamento de recuperação de falhas.

Figura 6: Etapas do processo de planejamento de recuperação de falhas.



Fonte: Adaptado Slack; Chambers e Johnston (2009).

2.2.4 Método para análise de falhas

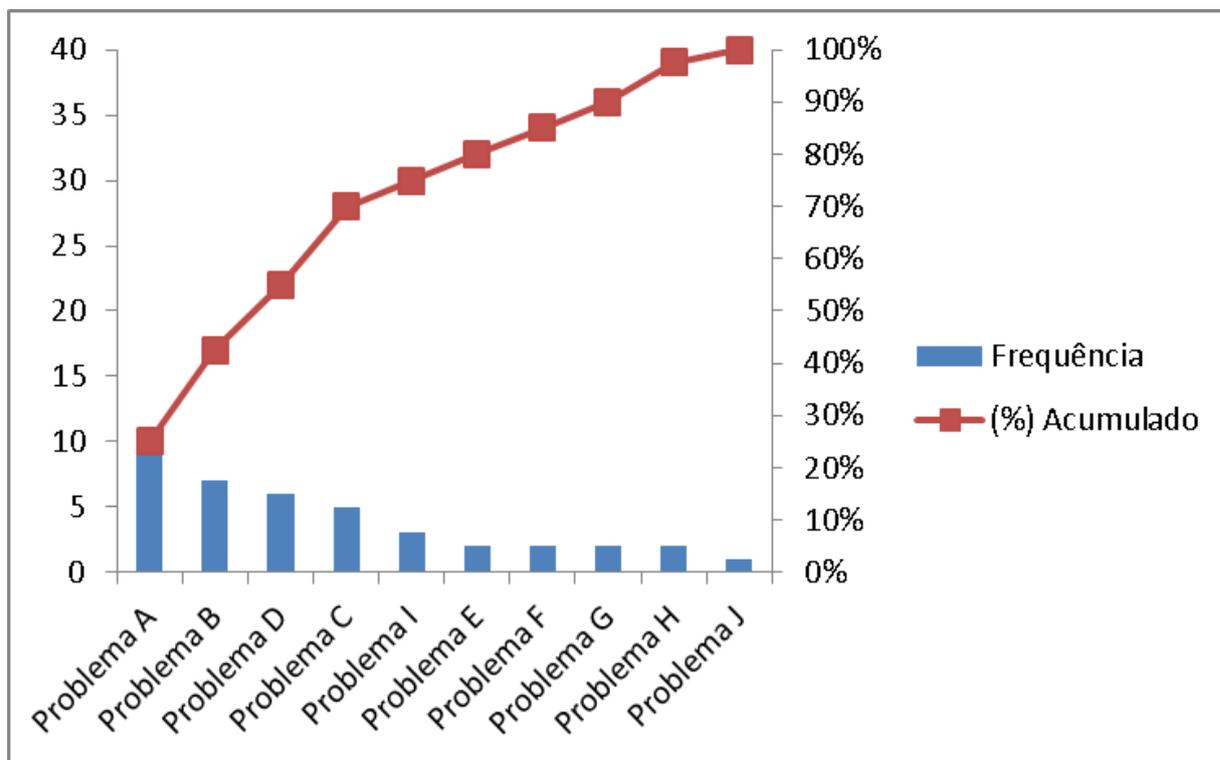
Principais formas de análise de falhas: Gráfico de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, método dos “5 Porquês”.

2.2.4.1 Gráfico de Pareto

A comparação do Gráfico de Pareto é construída a partir de dados coletados antes e após a adoção de soluções para determinado problema para avaliar se as ações foram efetivas. Na manutenção essa técnica é utilizada para a análise da comparação: “tipos de falhas X ocorrência” (PEREIRA, 2009).

A Figura 7 apresenta a estrutura de um Gráfico de Pareto.

Figura 7: Gráfico de Pareto



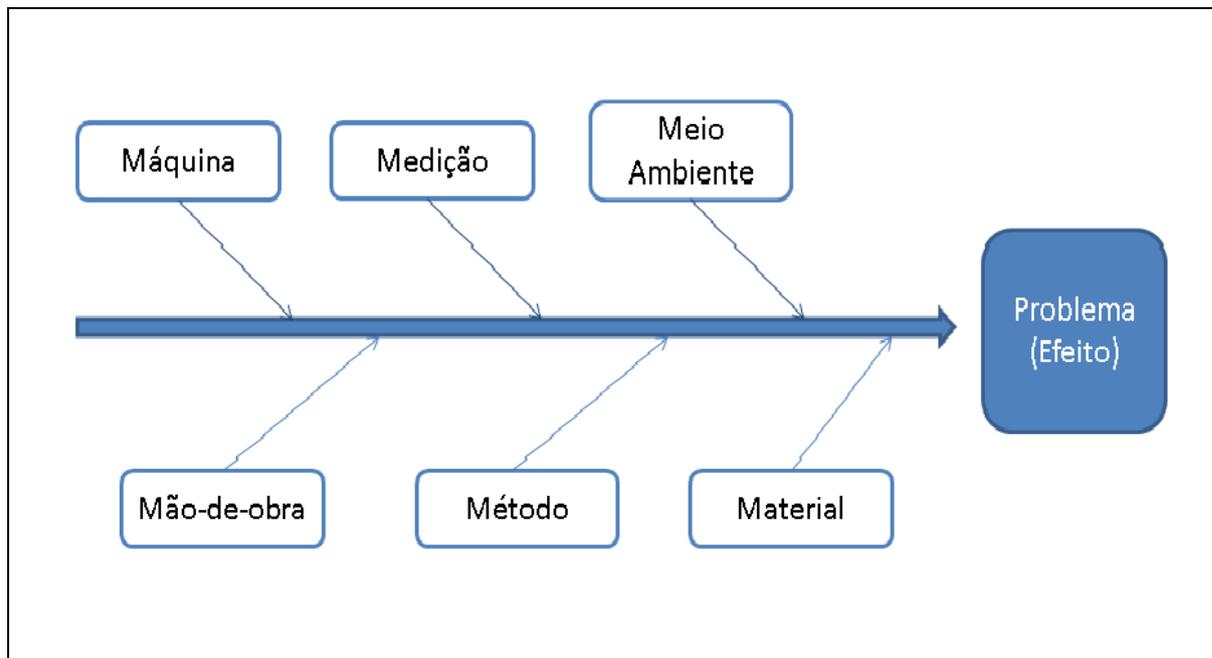
2.2.4.2 Diagrama de Causa e Efeito

Também conhecido como “diagrama de Espinha de Peixe” ou diagrama de Ishikawa, foi desenvolvido para representar a relação entre o efeito e todas as possíveis causas, o problema é colocado no lado direito do gráfico e as causas são agrupadas segundo categorias listadas à esquerda que são conhecidas como “6M”: Método, Mão-de- Obra, Material, Máquina (ativo), Medição, Meio Ambiente (PEREIRA, 2009).

O diagrama é elaborado a partir de levantamento de causas, obtidas em reuniões em que os participantes vão descrevendo as possíveis causas, com a coleta de dados é possível determinar a causa principal do problema ou falha e assim elaborar um plano de ação para eliminar os problemas encontrados (PEREIRA, 2009).

A Figura 8 apresenta um modelo do diagrama de causa e efeito.

Figura 8: Diagrama de causa e efeito



2.2.4.3 Método dos Cinco Porquês

“O método dos “5 Porquês” é aplicado quando são definidas previamente as causas potenciais do problema a ser analisado. Este método define uma das raízes possíveis do problema e tenta explica-la por meio das respostas dada aos porquês” (PEREIRA, 2009, p. 195).

Uma vez obtida as possíveis respostas para os porquês as pessoas envolvidas na análise devem avaliar se as respostas são consistentes a ponto de solucionar o problema, ou seja, se realmente chegaram a causa raiz do problema a fim de resolvê-lo (PEREIRA, 2009).

O Quadro 2 mostra um exemplo dos cinco porquês.

Quadro 2: Modelo conceitual dos cinco porquês

| Perguntas (porquês) | Respostas encontradas |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Por que o produto não foi entregue? | Porque não tinha embalagem. |
| Por que não tinha embalagem? | Porque a produção não entregou. |
| Por que a produção não entregou? | Porque não tinha a matéria-prima. |
| Por que não tinha a matéria-prima? | Porque o fornecedor não entregou. |
| Por que o fornecedor não entregou? | Porque houve atraso no pagamento. |

Fonte: Seleme e Stadler (2008).

2.2.5 Medição de falhas

De acordo com SLACK; CHAMBERS e JOHNSTON (2009) há três formas de medir falhas: taxa de falhas (com que frequência uma falha ocorre), confiabilidade (a probabilidade de uma falha ocorrer) e disponibilidade (o período de tempo útil disponível para a operação).

Sendo que “taxa de falhas” e “confiabilidade” são diferentes formas de medir a mesma coisa (SLACK; CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

2.2.5.1 Taxa de falhas

A taxa de falhas (TF) é calculada com o número de falhas em um período de tempo, também pode ser medida como uma porcentagem do número total de produtos testados (SLACK; CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

$$TF = \frac{\text{número de falhas}}{\text{número total de produtos testados}} \times 100$$

ou

$$TF = \frac{\text{número de falhas}}{\text{tempo de operação}}$$

2.2.5.2 Confiabilidade

Segundo Pereira (2009, p. 15) confiabilidade “é a probabilidade de um equipamento operar, sem falhas, durante um período de tempo predeterminado”. A determinação da confiabilidade está associada a um período de tempo, quanto maior o tempo de avaliação maior a chance de ocorrerem falhas, sendo assim, menor a confiabilidade do equipamento.

Slack; Chambers e Johnston (2009, p. 614) citam que “manutenção centrada em confiabilidade usa o padrão de falhas para cada tipo de modo de falha de uma peça ou sistema para ditar a abordagem de sua manutenção”.

Segundo Slack; Chambers e Johnston (2009, p. 602) “[...] se os componentes de um sistema forem todos interdependentes, uma falha em um componente individual pode causar a falha de todo o sistema [...]”.

De acordo com Slack; Chambers e Johnston (2009) um sistema com n componentes, cada qual com sua própria confiabilidade, a confiabilidade de todo o sistema é dada por:

$$R_t = R_1 \times R_2 \times R_3 \dots \times R_n$$

R_t = confiabilidade de todo o sistema

R_1 = confiabilidade do componente 1

R_2 = confiabilidade do componente 2

etc.

Quanto maior for o número de componentes interdependentes de um sistema menor será a confiabilidade (SLACK; CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

De acordo com Pereira (2009, p. 187) “para aumentar índices de confiabilidade e disponibilidade, os mantenedores implantam técnicas preventivas periódicas baseadas em frequências determinadas [...]”.

A substituição ou reforma de componentes ou subsistema dos equipamentos requer uma análise do tempo de vida útil, as características construtivas e aplicação influenciam bastante como, por exemplo, ferramentas de usinagem, componentes sujeitos a falhas por desgaste, em razão de ciclos, por fadiga, por corrosão etc. (PEREIRA, 2009).

2.2.5.3 Tempo médio entre falhas

Segundo Slack; Chambers e Johnston (2009, p. 602) “Uma medida alternativa (comum) de falhas é o tempo médio entre falhas (TMEF ou MTBF, do inglês *mean time between failures*) de um componente ou sistema”.

$$\text{TMEF} = \frac{\text{horas de operação}}{\text{número de falhas}}$$

2.2.5.4 Tempo médio de reparo

Tempo médio de reparo (TMDR ou MTTR, do inglês *mean time to repair*) é o tempo necessário para consertar a produção, do momento em que ocorre a falha até o momento em que começa a operar novamente (SLACK; CHAMBERS e JOHNSTON, 2009)

$$\text{TMDR} = \frac{\text{somatória dos tempos de reparo}}{\text{número de intervenções}}$$

2.2.5.5 Disponibilidade

De acordo com Slack; Chambers e Johnston (2009, p. 603) “Disponibilidade é o grau em que a operação está pronta para funcionar. Uma operação não está disponível se ela acabou de falhar ou está sendo consertada após uma falha”.

Segundo Slack; Chambers e Johnston (2009) há diferentes formas de se calcular a disponibilidade, quando calculamos para indicar o tempo de operação excluindo a consequência da falha, é calculada da seguinte forma:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMDR}}$$

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Foram utilizados para a realização deste trabalho os seguintes materiais:

- 01 Microcomputador para acessar o banco de dados
- 01 Máquina denominada “M01”

3.2 Métodos

Inicialmente o método utilizado foi a pesquisa bibliográfica, buscando informações do tema em questão. Foram coletadas informações no banco de dados da empresa para quantificar as falhas e através do Gráfico de Pareto foi realizada a análise de quais eram as falhas com maior frequência, o próximo passo foi analisar a causa raiz e para concluir foram definidas as ações para reduzir os problemas.

3.3 Estudo de Caso

O trabalho foi realizado em uma empresa metalúrgica, o estudo aplicou-se somente em uma das máquinas de uma determinada área de produção desta fábrica, esta máquina realiza o processo de rebitagem automática para união de peças metálicas de grande porte, seu cabeçote possui várias ferramentas que podem furar, escarear, lubrificar e conformar os rebites, sua

vantagem é a qualidade dos rebites instalados e a velocidade de cravação, a quantidade de rebites instalados por minuto em relação à cravação manual é bem superior.

Trabalhou-se com apenas 04 operadores, sendo 02 em cada turno e 02 técnicos de manutenção sendo 01 em cada turno, integrando assim o Grupo Autônomo (GA), contou-se também com a participação dos Pilares Melhoria Específica e Educação e Treinamento.

A empresa não autorizou sua identificação, sendo assim, será denominada apenas de empresa metalúrgica. As fontes das tabelas e figuras também permaneceram em sigilo neste estudo, para preservar o negócio da empresa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obter os resultados do trabalho, foi necessário acompanhar as atividades da Manutenção Produtiva Total desde sua implantação e o trabalho desenvolvido pelo Grupo Autônomo para reduzir o número de quebras e falhas da máquina.

4.1 Implantação do TPM na máquina

A implantação do TPM na máquina foi iniciada em julho de 2014, com a estruturação do Pilar Manutenção Autônoma e a limpeza inicial estabelecendo assim um ambiente limpo e organizado, condição essencial para o desenvolvimento deste pilar.

4.1.1 Limpeza Inicial

Os colaboradores do Pilar Educação e Treinamento ministraram treinamentos para a capacitação dos operadores e técnicos de manutenção, foi destacada a importância da implantação do TPM para a empresa, bem como as etapas para sua implantação, estabelecendo objetivos e metas.

Em seguida foi programada uma parada na produção da máquina durante três dias para realizar a Limpeza Inicial, a limpeza e inspeção do equipamento foram realizadas por uma equipe formada pelo grupo autônomo e líderes do TPM da empresa.

Foi realizada a limpeza de toda a máquina para remover a camada de sujeira acumulada, foram abertas tampas e interiores para a limpeza dos mecanismos.

Além da limpeza o objetivo foi também auxiliar os operadores a conhecer melhor o equipamento, detectar anomalias como vazamentos, parafusos soltos, pontos de ferrugem, etc., a fim de realizar a restauração do equipamento.

Cada anomalia encontrada foi identificada com uma etiqueta de anomalias que são utilizadas para facilitar a visualização do local e o tipo de problema encontrado, essas etiquetas possuem um número e são cadastradas em uma planilha para facilitar a gestão e assim garantir a solução do problema encontrado.

Há duas cores de etiquetas, azul e vermelha, a Etiqueta Azul é de responsabilidade da produção, o operador é capacitado para solucionar o problema e a Etiqueta Vermelha é de responsabilidade da manutenção, pois requer mais conhecimento ou ferramentas específicas para ser solucionada.

A Figura 9 demonstra como são as etiquetas de anomalias.

Figura 9: Etiquetas de anomalias

The figure displays two side-by-side templates for anomaly tags. The left template is for 'Produção' (Production) and is blue. The right template is for 'Manutenção' (Maintenance) and is red. Both templates have a header with 'EMPRESA' (Company) and 'TPM' (Total Productive Maintenance). The Production tag has a TPM number of 0150 and a 'Manutenção Autônoma' (Autonomous Maintenance) label. The Maintenance tag has a TPM number of 0310 and a 'Manutenção Autônoma' label. Both tags include a section for 'ANOMALIA DETECTADA' (Detected Anomaly) with fields for 'Equipamento' (Equipment), 'Encontrado por' (Found by), and 'Data' (Date). Below this is a section for 'Descrição da Anomalia' (Anomaly Description) with several lines for text entry, and a section for 'Local da Anomalia' (Anomaly Location) with several lines for text entry.

Fonte: Adaptado da Empresa

4.1.2 Rotinas de limpeza, inspeção e lubrificação.

Um dos objetivos da manutenção autônoma é estabelecer rotinas de limpeza, inspeção e lubrificação.

Foram mapeados os locais e componentes para desenvolver os roteiros de limpeza, inspeção e lubrificação e verificada a necessidade dessas atividades serem de frequência diária, semanal, quinzenal, mensal ou trimestral e desenvolvido o cronograma, onde todas as atividades são divididas entre os operadores.

As rotinas de limpeza do equipamento são muito importantes, por exemplo, um vazamento de óleo é mais difícil de ser visualizado em um ambiente sujo ao contrário de um ambiente limpo que facilitará sua detecção.

As fontes de sujeira e os locais de difícil acesso foram mapeados com o objetivo de buscar melhorias para eliminar essas fontes de sujeira e melhorar o acesso para realizar a limpeza ou inspeção.

As rotinas de inspeção são importantes para verificar a pressão de manômetros, reservatórios de água, óleos e graxas, termômetros, etc., facilitando a detecção de problemas e evitando paradas durante o funcionamento do equipamento, os operadores também buscam facilitar a inspeção com marcadores de quantidade mínima e máxima nos reservatórios e marcadores nos manômetros indicando a pressão adequada.

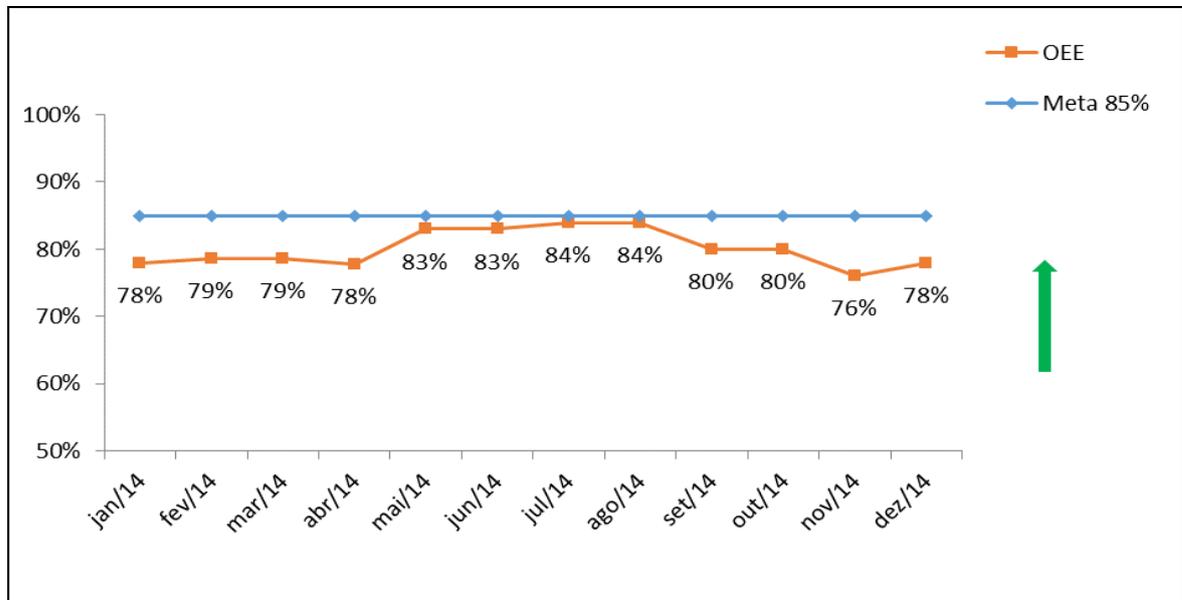
As rotinas de lubrificação são essenciais para o bom funcionamento do equipamento, e para evitar defeitos no produto e aumentar o tempo de vida útil de ferramentas.

4.2 Análise crítica dos indicadores

Os operadores já calculavam diariamente o OEE (Eficiência Global do Equipamento), porém não realizavam nenhuma análise com relação à baixa eficiência da máquina e não acompanhavam os indicadores MTBF (Tempo Médio entre Falhas) e MTTR (Tempo Médio de Reparo), após a implantação do TPM passaram a fazer uma análise crítica buscando melhorar a eficiência da máquina.

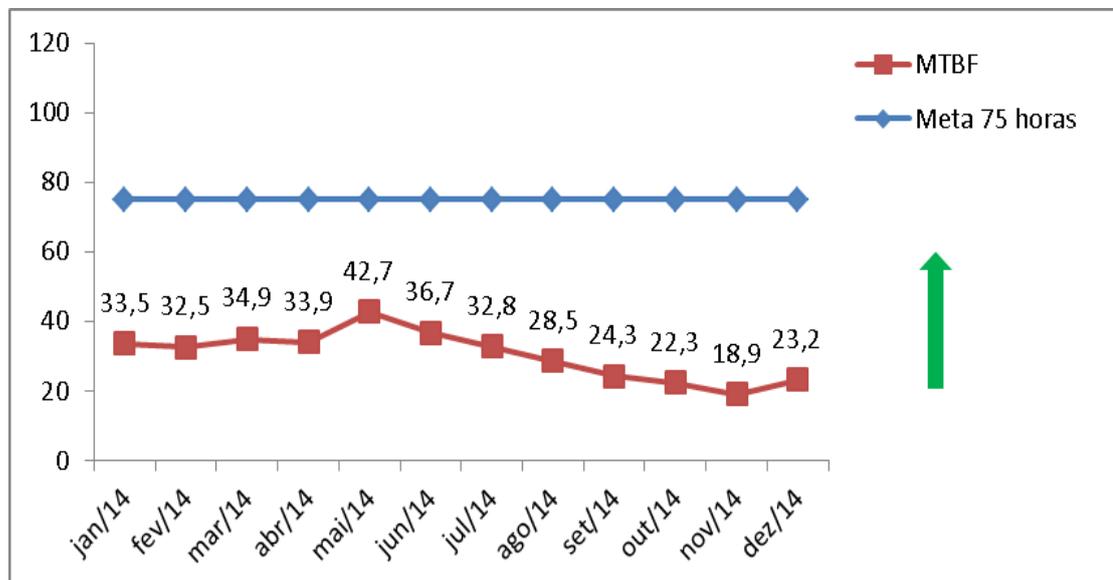
A Figura 10 apresenta a eficiência global do equipamento (OEE) em 2014, abaixo da meta estabelecida de 85%, na maioria dos meses, devido perdas por manutenção, *setup*, pequenas intervenções, etc.

Figura 10: Gráfico da Eficiência Global do Equipamento (OEE).



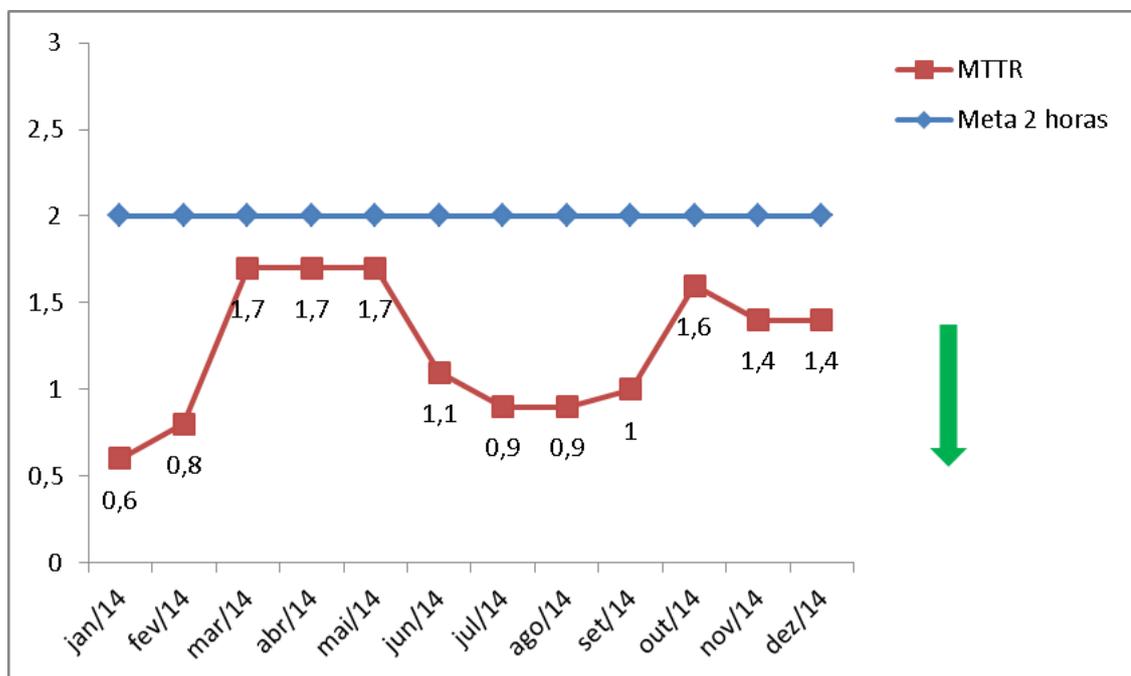
A Figura 11 apresenta o tempo médio entre falhas, onde nota-se que praticamente a cada trinta horas ocorria uma falha sendo que a meta estabelecida é de 75 horas. Observa-se no gráfico que a partir do mês de julho, com o início da implantação do TPM, há uma tendência negativa, o tempo entre as falhas diminuiu, pois houve um foco maior para solucionar os problemas. Identificou-se que não houve uma maior ocorrência de falhas, mas sim uma maior conscientização para o registro correto das mesmas.

Figura 11: Tempo médio entre falhas



A Figura 12 mostra o tempo médio de reparo, de aproximadamente 1,23 horas para efetuar o reparo, este indicador mesmo atendendo a meta estabelecida apresenta bastante variação devido a vários fatores como a disponibilidade de peças de reposição, a disponibilidade do técnico de manutenção para efetuar o reparo e o tipo de falha apresentada, uma falha simples pode ser solucionada em um tempo menor e no caso de uma falha mais complexa o tempo de reparo será maior.

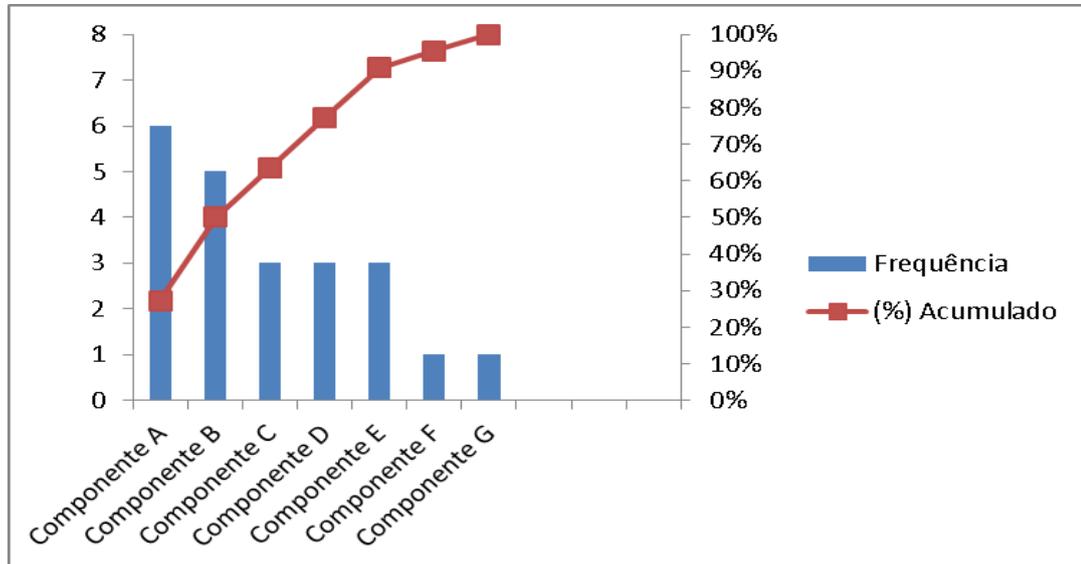
Figura 12: Tempo médio de reparo



4.2.1 Análise das Falhas

Buscando melhorar o indicador MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) foi elaborado um o Gráfico de Pareto e assim verificou-se quais eram os componentes que apresentavam a maior quantidade de falhas como mostra a Figura 13.

Figura 13: Gráfico de falhas por componentes



Foi utilizada a metodologia dos cinco porquês para se chegar à causa raiz do problema de cada componente.

Verificou-se que a falha no componente A ocorria devido ao projeto do componente, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3: Análise da falha do componente A

| PERGUNTAS (PORQUÊS) | RESPOSTAS ENCONTRADAS |
|---|--|
| Por que a máquina parou? | Porque apresentou falha na fibra óptica. |
| Por que apresentou falha na fibra óptica? | Porque estava suja. |
| Por que estava suja? | Porque o próprio funcionamento do componente é favorável a um pequeno acúmulo de poeira. |

A ação foi entrar em contato com o fabricante que orientou a proteger a fibra ótica com fita transparente, impedindo o acúmulo de poeira, ação esta que não eliminou o problema mas houve uma considerável redução nas paradas devido esta falha.

A causa raiz do problema de cada componente e as ações estão descritas no Quadro 4.

Quadro 4: Causa raiz dos problemas e ações.

| Componente | Causa Raiz | Ação |
|--------------|---|---|
| Componente A | Projeto do Componente. O funcionamento favorece o acúmulo de poeira. | Seguir orientação do fabricante, utilizar uma fita transparente para evitar o acúmulo de poeira no componente. |
| Componente B | Desgaste de peças e necessidade de ajustes. | Elaborar LPP (lição ponto a ponto) para orientar os operadores a detectar a necessidade de ajustes. Disponibilizar componentes reservas para não parar a máquina enquanto é realizada a manutenção. |
| Componente C | O componente faz a aplicação de um determinado produto. Ocorreu a troca do fornecedor deste produto, e após isto se verificou várias paradas por travar o componente. | Utilizar o produto do fornecedor anterior. |
| Componente D | O acúmulo de resíduos do processo provocava o bloqueio de uma mangueira ocasionando a falha no componente. | Incluir o componente no roteiro de inspeção diária e efetuar limpeza caso necessário. |

(cont.)

(cont.)

| | | |
|--------------|--|--|
| Componente E | Suporte de fixação do componente permite seu deslocamento durante o processo. | Trocar o suporte do componente. |
| Componente F | Defeito no componente devido colisão durante o processo. | Correção do programa CN para eliminar colisão. |
| Componente G | O desligamento da máquina devido a falta de energia elétrica causou a queima da tela da máquina porque o nobreak não estava funcionando. | Acionar assistência técnica do fabricante e incluir o nobreak no roteiro de inspeção diária. |

4.3 Principais resultados

As atividades desenvolvidas com a implantação do TPM em sua fase inicial proporcionaram mudanças positivas.

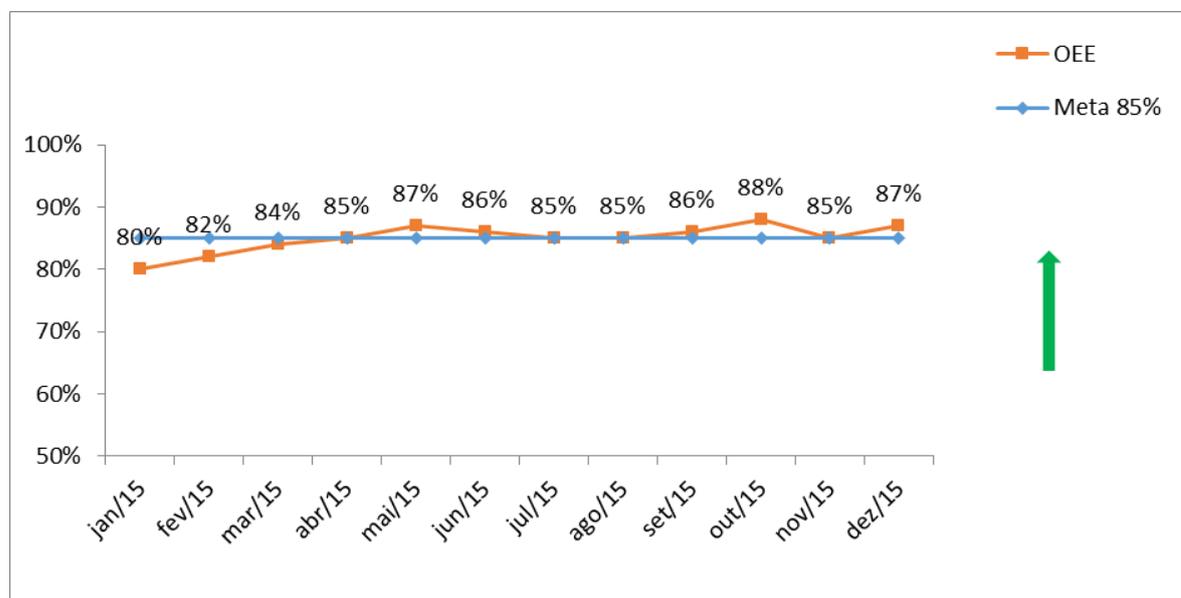
Com as reuniões semanais a comunicação entre operadores e técnicos de manutenção melhorou, contribuindo para a análise das falhas e o plano de ação para reduzir os problemas.

A elaboração de lições ponto a ponto (LPP) proporcionou a padronização de atividades, transferência de conhecimento entre os operadores sobre o equipamento ou como evitar a ocorrência de problemas ou não conformidades no produto.

As rotinas de limpeza, inspeção e lubrificação contribuíram para um ambiente de trabalho limpo e organizado, detecção de anomalias antes da ocorrência da falha, melhoria na qualidade dos produtos, redução de retrabalhos e conseqüentemente a entrega do produto ao cliente no prazo estabelecido.

A melhoria nos resultados com a implantação do TPM não é imediata, podemos verificar que a meta estabelecida para a Eficiência Global do Equipamento (OEE) foi alcançada em abril de 2015 como mostra a Figura 14.

Figura 14: Melhoria na eficiência global do equipamento (OEE)



O plano de ação para a redução de falhas apresentou bons resultados, houve uma evolução no indicador em maio de 2015 com a simples ação recomendada pelo fabricante de proteger a fibra óptica para eliminar o acúmulo de sujeira.

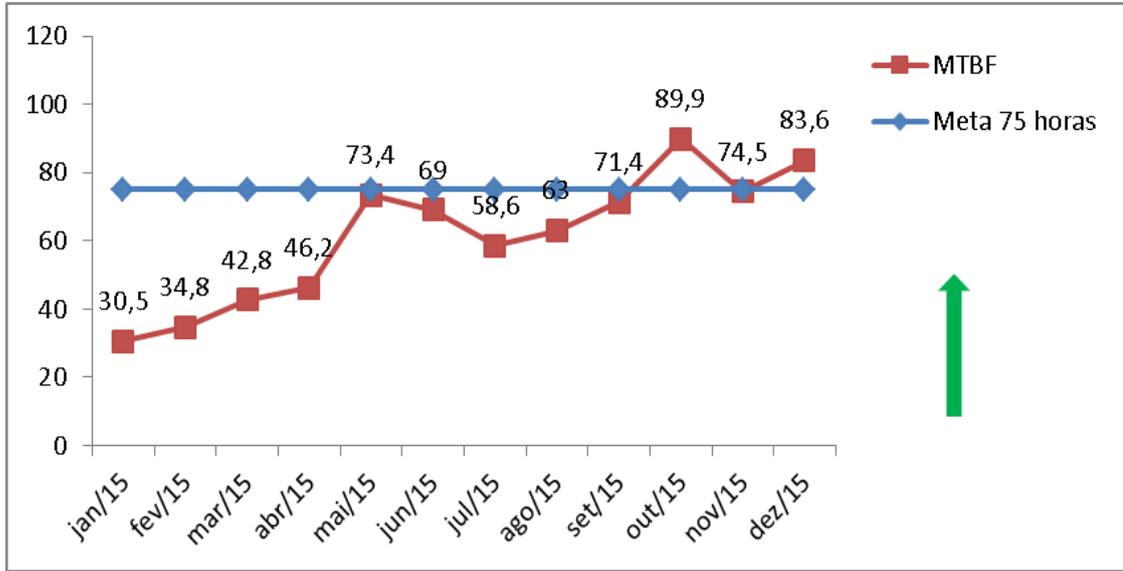
Porém nos meses de junho e julho o indicador apresentou uma tendência negativa devido à falhas no componente B que é responsável pelo envio de rebites, as peças do componente estavam desgastadas dificultando a regulagem, ocorreram várias paradas durante o processo para tentar solucionar o problema por não haver componentes reservas disponíveis.

Houve uma significativa melhora com relação a este problema após serem disponibilizados componentes reservas para evitar a parada da máquina para efetuar os reparos, criou-se então um procedimento para que o próprio operador efetue a troca do componente quando necessário e encaminhe-o para a manutenção, logo que efetuado o reparo o componente retorna para a máquina sem que esta fique parada, a partir de outubro de 2015 nota-se uma melhoria no indicador devido esta ação.

Assim observa-se que mesmo havendo uma variação, o tempo entre uma falha e outra aumentou, de trinta horas para uma média de 60,6 horas.

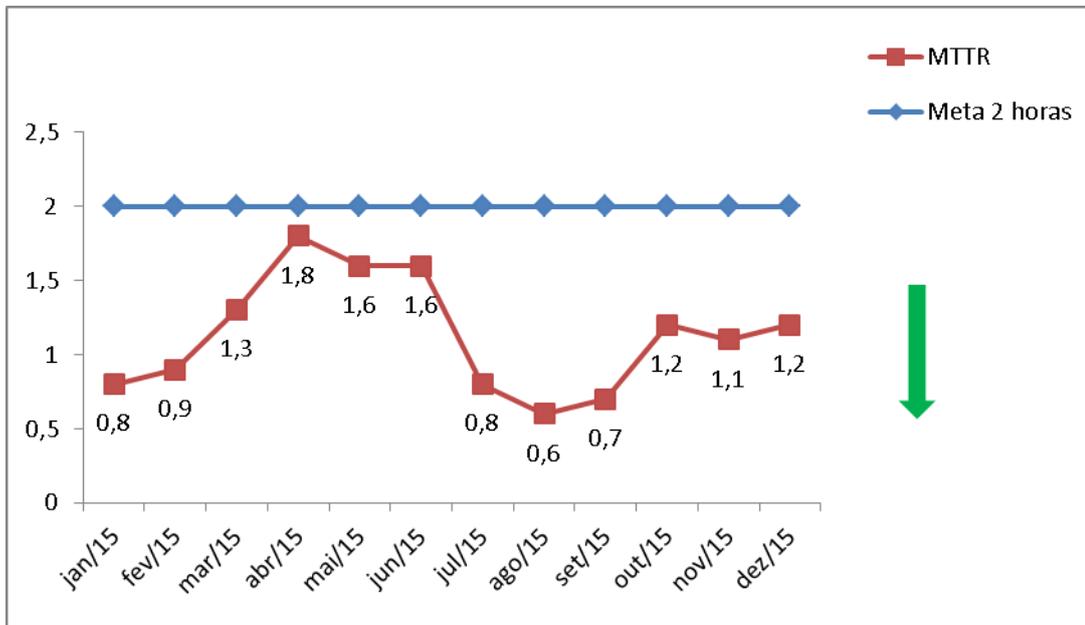
A Figura 15 demonstra as observações e melhorias citadas anteriormente.

Figura 15: Melhoria do tempo médio entre falha (MTBF).



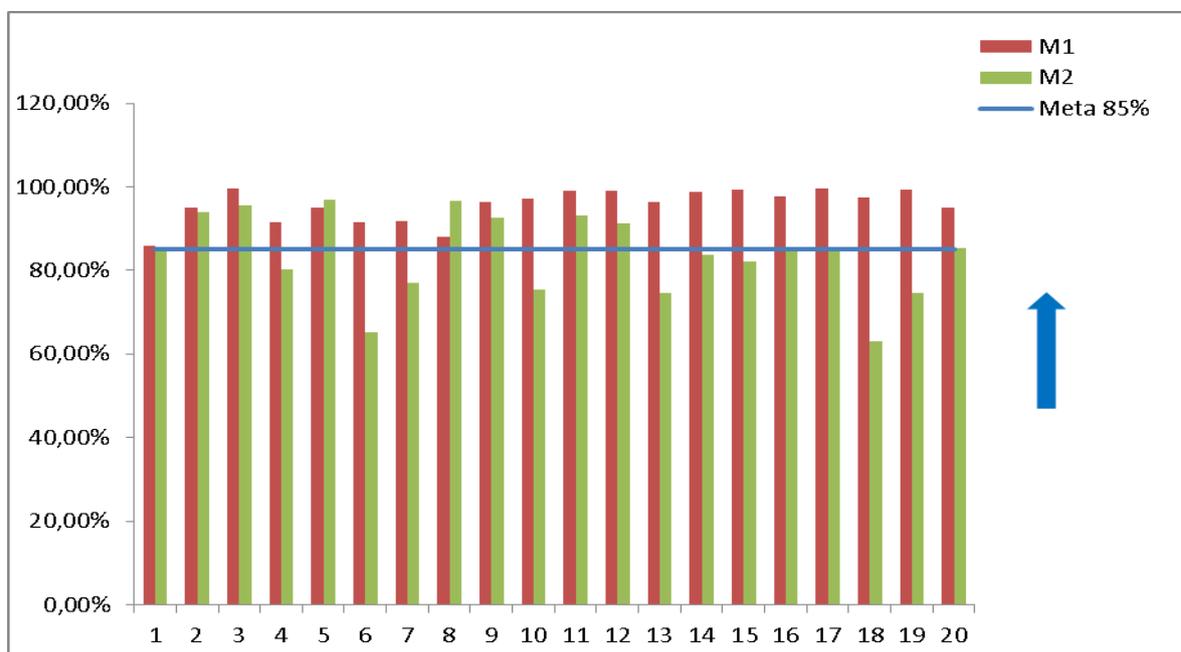
O tempo médio de reparo se manteve, em média 1,13 horas, a variação no indicador permaneceu em razão dos fatores já citados anteriormente (comentário da Figura 12), porém atendendo a meta estabelecida, como mostra a Figura 16.

Figura 16: Tempo médio de reparo (MTTR)



A Figura 17 apresenta a Eficiência Global do Equipamento (OEE) de duas máquinas no mês de janeiro de 2016. A máquina M1 com a implantação do TPM e a máquina M2 que ainda aguarda a implantação.

Figura 17: Eficiência global do equipamento das máquinas M1 e M2

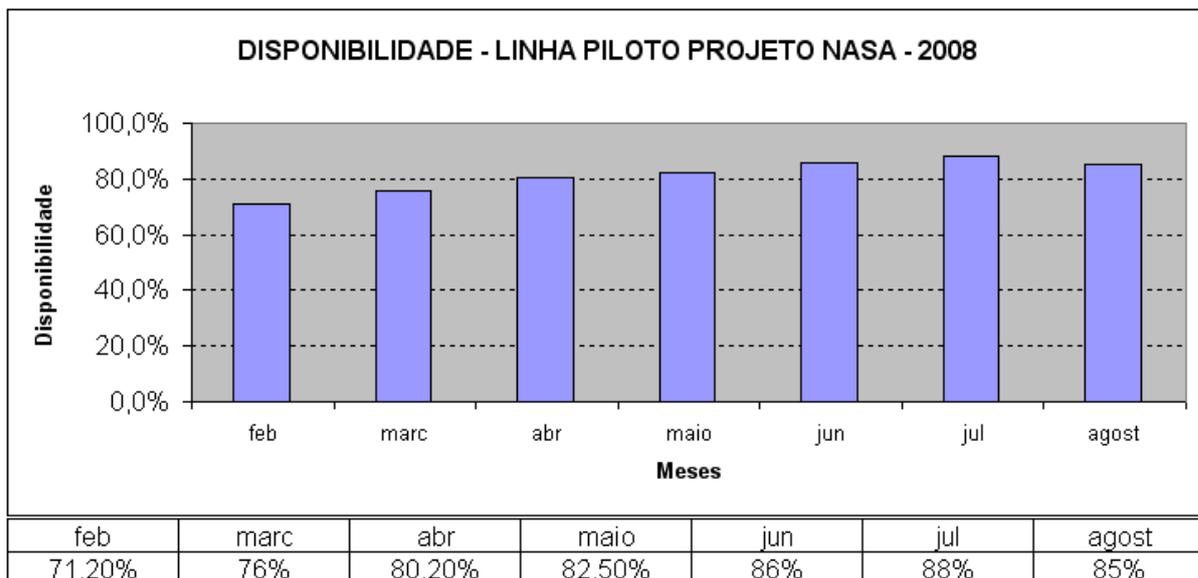


Pode-se observar que a máquina M2 apresenta bastante variação em sua eficiência enquanto a máquina M1 apresenta-se mais estável, isto se deve às análises diárias dos indicadores e a melhoria contínua promovida por diversas atividades desenvolvidas com a metodologia da Manutenção Produtiva Total que demonstra ser uma importante ferramenta no alcance de metas.

Em outros estudos de casos utilizando a Metodologia da Manutenção Produtiva Total os resultados obtidos também foram satisfatórios.

Um artigo publicado por Oliveira, Martins e Xavier (2009) no XVI SIMPEP apresentou as fases de implantação da TPM em uma indústria alimentícia, na Linha de bombons de chocolate com *waffer* e os resultados obtidos entre outros foram a diminuição do número de peças refugadas e o aumento da disponibilidade do equipamento como mostra a Figura 18.

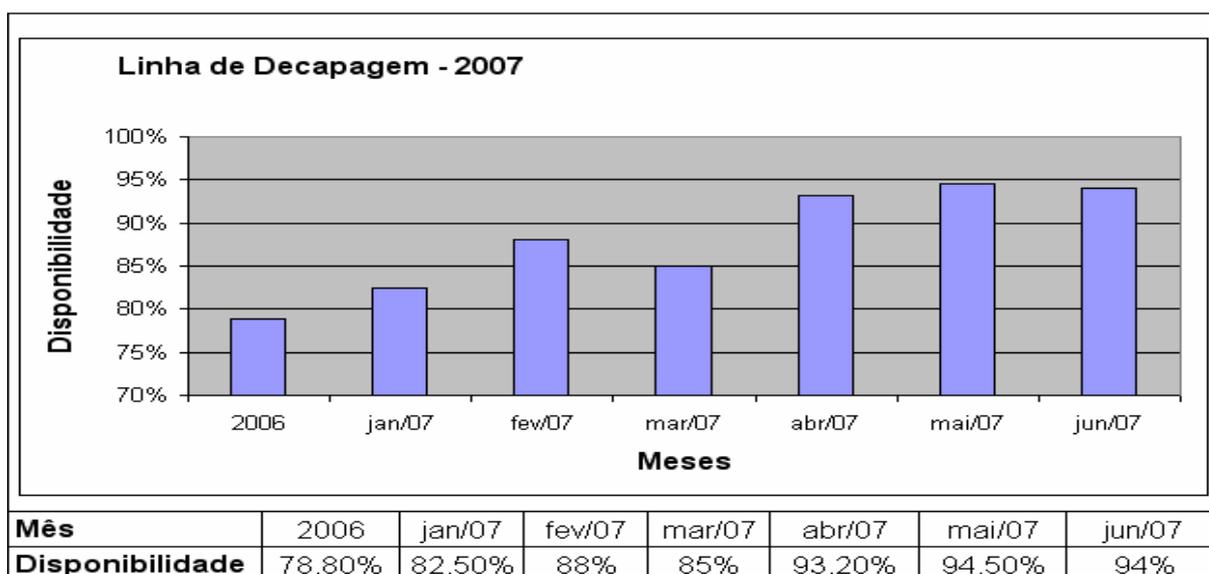
Figura 18: Melhoria da disponibilidade do equipamento (indústria alimentícia)



Fonte: Oliveira; Martins e Xavier (2009)

Outro artigo publicado no XVI SIMPEP por Belinelli, Pilatti e Frasson (2009) apresentou um estudo de caso em uma indústria do ramo Siderúrgico utilizando a Manutenção Produtiva Total como ferramenta para aumentar a disponibilidade de máquina e um dos resultados obtidos entre outros foram uma evolução no controle, detecção e combate contra as avarias e o aumento da disponibilidade do equipamento como mostra a Figura 19.

Figura 19: Melhoria da disponibilidade do equipamento (indústria siderúrgica)



Fonte: Belinelli, Pilatti e Frasson (2009).

Os resultados obtidos neste caso estudado e nos artigos relacionados acima demonstram a importância da utilização da metodologia da Manutenção Produtiva Total na busca de melhores resultados, foi possível melhorar a disponibilidade dos equipamentos contribuindo com as organizações para que possam manter-se competitivas no mercado.

5 CONCLUSÃO

Após a realização do trabalho e a análise dos indicadores verificaram-se importantes melhorias na Eficiência Global do Equipamento e no Tempo Médio entre Falhas.

Conclui-se então, que a metodologia da Manutenção Produtiva Total, no caso estudado, é uma importante ferramenta para elevar ganhos de produtividade, que mesmo não sendo imediatos, foi possível alcançar bons resultados. O objetivo de reduzir paradas por quebras e falhas de máquina foi alcançado, aumentando assim a capacidade de produção da máquina.

As atividades desenvolvidas no TPM promovem o trabalho em equipe e alcance de metas, proporcionam um ambiente de trabalho limpo e organizado, detecção de problemas antes da ocorrência da falha e melhoria na qualidade dos produtos, com isso é possível aumentar a lucratividade da empresa e atender a alta demanda entregando o produto para o cliente no prazo estabelecido, contribuindo para a empresa manter-se competitiva no mercado.

REFERÊNCIAS

- BELINALLI, M.; PILATTI, L.A.; FRASSON, A. C. A manutenção produtiva total (tpm) como ferramenta para aumento de disponibilidade de máquina: estudo de caso em uma indústria do ramo Siderúrgico. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16, 2009, Bauru. **Ensino de engenharia de produção: desafios, tendências e perspectivas**. Disponível em: <http://pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/ebook/2009/CONGRESSOS/Nacionais/2009%20-%20SIMPEP/XVI_SIMPEP_Art_7_a.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2016
- CUIGNET, R. **Gestão da Manutenção**. Lisboa : Lidel, 2006.
- CRUZ, L. C. R. Implementação da manutenção autônoma: em busca do aumento da produtividade. **Techoje uma revista de opinião**, Belo Horizonte, out. 2012. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1465#>. Acesso em: 07 nov. 2015.
- FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- GOLDACKER, F.; OLIVEIRA, H. J. Set-up: ferramenta para a produção enxuta. **Revista da FAE**, Curitiba, v. 11, n. 02, p. 127-139, 2008. Disponível em: <http://www.fae.edu/publicacoes/fae_v11_2/12_fabiano_helio.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2015.
- COSTA JUNIOR, E. L. **Gestão do processo produtivo**. Curitiba: Ibepe, 2008. p. 133. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=-WLRJ6VEAJMC&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s>. Acesso em: 07 nov. 2015.
- OLIVEIRA, C. C; MARTINS, R. F; XAVIER, A. A. P. Aplicação da manutenção produtiva total (tpm): estudo de caso em uma indústria alimentícia. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16, 2009, Bauru. **Ensino de engenharia de produção: desafios, tendências e perspectivas**. Disponível em: <http://pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/ebook/2009/CONGRESSOS/Nacionais/2009%20-%20SIMPEP/XVI_SIMPEP_Art_8_a.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2015.
- PEREIRA, M. J. **Engenharia de Manutenção – Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.

RODRIGUES, M. V. **Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas de Produção Lean Manufacturing**. Rio De Janeiro: Elsevier, 2014. 160p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=RVjcAwAAQBAJ&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s>. Acesso em: 08 nov. 2015.

RODRIGUES, M. V. **Ações para a qualidade**. 5ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 392p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=HdKsCQAAQBAJ&dq=o+que+s%C3%A3o+falhas+aleat%C3%B3rias&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s>. Acesso em: 31 nov. 2015.

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. Curitiba: Ibplex, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TONDATO, R. **Manutenção Produtiva Total: Estudo de caso na Indústria Gráfica**. 2004. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5167/000466112.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2015.

Botucatu, ____ de _____ de 2016

Lucinéia Maria da Silva

De Acordo:

Prof. Me. Vitor de Campos Leite
Orientador

Prof. Adolfo Alexandre Vernini
Coordenador do Curso de Produção Industrial