

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ORGANIZACIONAL
ATRAVÉS DA IMPLANTAÇÃO DA
MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Teonas Bartz

**Santa Maria, RS, Brasil
2011**

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ORGANIZACIONAL ATRAVÉS DA IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

Teonas Bartz

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mairesse Siluk

**Santa Maria, RS, Brasil
2011**

FICHA CATALOGRÁFICA

©2011

Todos os direitos reservados a Teonas Bartz. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Avenida dos Estados, 115/201, Estados, CEP 95.880-000.

Estrela, RS, Brasil. End. Eletrônico: efficacy.consultoria@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ORGANIZACIONAL ATRAVÉS DA
IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL**

elaborada por
Teonas Bartz

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

Comissão Examinadora

Julio Cezar Mairesse Siluk, Dr.
(Presidente/Orientador)

João Hélio Righi de Oliveira, Dr. (UFSM)

Leonardo Nabaes Romano, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS, 25 de outubro de 2011

Aos meus pais, pela educação e estímulo em sempre buscar novos conhecimentos.

À minha esposa Ana Paula, pela compreensão, apoio e contribuições para este trabalho.

AGRADECIMENTO

Ao professor Julio Cezar Mairesse Siluk; que acompanhou, orientou e colaborou no desenvolvimento deste trabalho, disponibilizando seu tempo para leitura, interação do processo produtivo estudado e considerações que tornaram o resultado desta pesquisa tão relevante; meus sinceros e principais agradecimentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria.

Aos professores que participaram desta etapa importante em minha formação: Rolando Juan Soliz Estrada, Leandro Cantorski da Rosa, Janis Elisa Ruppenthal. Em especial, ao professor João Hélio Righi de Oliveira, pelo incentivo em ingressar no curso.

Ao Professor Leonardo Nabaes Romano pela disponibilidade de participação na banca de avaliação deste trabalho.

À empresa que disponibilizou a implantação do modelo de gestão de manutenção e a coleta de todos os dados apresentados neste trabalho.

Aos colegas do Núcleo de Inovação e Competitividade.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria

AValiação DO DESEMPENHO ORGANIZACIONAL ATRAVÉS DA IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

AUTOR: TEONAS BARTZ

ORIENTADOR: JULIO CEZAR MAIRESSE SILUK

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 25 de outubro de 2011.

Este trabalho foi realizado em uma empresa metal-mecânica, fabricante de produtos que apresentam um processo de produção com equipamentos de alta precisão e que necessitam de manutenção eficaz para manter a qualidade do processo produtivo. O objetivo foi a implantação de um modelo de gestão da manutenção baseado na Manutenção Produtiva Total – TPM em uma linha de produção da empresa. Para atingir o objetivo proposto, foi realizada uma pesquisa aplicada, de natureza quantitativa com a utilização da técnica de estudo de caso. Foi proposto um modelo de condução das atividades, salientando as atividades de capacitação das equipes envolvidas na implantação, a coleta e análise dos indicadores de desempenho industrial de um ano antes do início da implantação da TPM. O desenvolvimento das atividades seguiu o cronograma e após a aplicação do modelo de gestão da manutenção, os resultados dos mesmos indicadores de desempenho foram coletados novamente. Observou-se que após a implantação da TPM, os indicadores de desempenho industrial analisados apresentaram melhoria e tendências positivas para os períodos seguintes. Assim, conclui-se que a TPM auxilia na melhoria do desempenho industrial e da competitividade da linha de produção estudada.

Palavras-chave: Gestão da manutenção. Competitividade. Indicadores de Desempenho. Avaliação de desempenho. Manutenção Produtiva Total.

ABSTRACT

Master's Degree Dissertation
Master's Degree Program in Production Engineering
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

EVALUATION OF ORGANIZATIONAL PERFORMANCE THROUGH THE IMPLEMENTATION OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

AUTHOR: Teonas Bartz

COACH: Julio Cezar Mairesse Siluk

Date and Local of Defense: Santa Maria, October, 25th, 2011.

This study was conducted in a metallurgical company, a manufacturer of products with a production process with high precision equipment requiring effective maintenance to maintain the quality of the production process. The aim was the implementation of a maintenance management model based on Total Productive Maintenance - TPM in a production line of the company. To reach the proposed objective, we conducted an applied research, quantitative technique with the use of case study. Has been proposed the model for conducting the activities, emphasizing the training activities of the teams involved in the implementation, collection and analysis of indicators of industrial performance a year before the implementation of TPM. The development followed the timetable of activities and after application of the model of maintenance management, the results of these performance indicators were collected again. We observed that after the implementation of TPM, the indicators of industrial performance improvement and discussed incorporated positive trends for the following periods. Thus, it is concluded that the TPM assists in improving industrial performance and competitiveness of the production line studied.

Keywords: Maintenance management. Competitiveness. Performance Indicators. Performance evaluation. Total Productive Maintenance.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferenças entre sistemas Ford e Toyota.....	22
Quadro 2 – Número de funcionários no setor de manutenção.....	42
Quadro 3 – Rotatividade do pessoal de manutenção.....	42
Quadro 4 – Custo da manutenção em relação ao faturamento bruto.....	43
Quadro 5 – Composição dos custos de manutenção.....	43
Quadro 6 – Tendência na contratação de serviços externos.....	44
Quadro 7 – Aplicação dos recursos na manutenção.....	44
Quadro 8 – Indicadores de manutenção.....	45
Quadro 9 – Índices relacionados a estoques.....	45
Quadro 10 – Indicadores de disponibilidade operacional.....	46
Quadro 11 – Horas de treinamento para a manutenção.....	46
Quadro 12 – Idade média dos equipamentos.....	47
Quadro 13 – Cronograma para implantação da TPM.....	57
Quadro 14 – Percentual de participação nas atividades por tempo de empresa.....	61
Quadro 15 – Índice de eficiência.....	67
Quadro 16 – Índice de sucata.....	67
Quadro 17 – Índice de retrabalho.....	68
Quadro 18 – Índices de sucata, retrabalho e eficiência.....	69
Quadro 19 – Descrição dos valores de correlação.....	71
Quadro 20 – Estratificação do índice de sucata por processo.....	73
Quadro 21 – Porcentagem dos defeitos causadores do retrabalho.....	74
Quadro 22 – Tipos e número de manutenções na linha de produção.....	76
Quadro 23 – Índice de eficiência após melhorias.....	78
Quadro 24 – Índice de sucata após melhorias.....	78
Quadro 25 – Índice de retrabalho após melhorias.....	79
Quadro 26 – Fases do processo e critérios de qualidade.....	83
Quadro 27 – Priorização da manutenção em relação aos requisitos de qualidade sem telhado.....	85
Quadro 28 – Priorização da manutenção em relação aos requisitos de qualidade com telhado.....	85
Quadro 29 – <i>Check-list</i> para avaliação do desempenho de manutenção.....	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da manutenção.....	27
Figura 2 – Implantação da TPM.....	34
Figura 3 – Modelo de gestão da manutenção.....	39
Figura 4 – Indicadores de desempenho da manutenção na métrica do OEE.....	41
Figura 5 – Etapas da pesquisa.....	52
Figura 6 – Porcentagem de participante no treinamento básico de TPM.....	58
Figura 7 – Tempo de empresa dos convocados para o treinamento.....	59
Figura 8 – Índice de participação por tempo de empresa.....	60
Figura 9 – Porcentagem de participantes por percentual de presença.....	60
Figura 10 – Fluxograma da linha de produção estudada.....	62
Figura 11 – Porcentagem de atendimento do plano de manutenções em comparação com a meta.....	63
Figura 12 – Porcentagem de manutenções preventivas e corretivas.....	64
Figura 13 – Porcentagem do índice de sucata em comparação com a meta.....	69
Figura 14 – Porcentagem do índice de retrabalho em comparação com a meta.....	70
Figura 15 – Porcentagem do índice de eficiência em comparação com a meta.....	70
Figura 16 – Gráficos de correlação entre sucata, retrabalho e eficiência.....	72
Figura 17 – Porcentagem anual de estrago em cada processo da linha de produção.....	73
Figura 18 – Tendência de melhoria na eficiência de produção.....	80
Figura 19 – Tendência de redução de sucata.....	81
Figura 20 – Tendência de redução de retrabalho.....	81
Figura 21 – Relação entre os processos de gestão da manutenção e satisfação dos clientes.....	82
Figura 22 – Prioridades da manutenção usando o QFD.....	84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Objetivos.....	17
1.3 Limitação.....	17
1.4 Estrutura do trabalho.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Sistema Toyota de produção.....	19
2.2 Cultura e mudança organizacional.....	22
2.3 Manutenção.....	26
2.3.1 Evolução histórica da manutenção.....	27
2.3.2 Tipos de manutenção.....	28
2.3.2.1 Manutenção corretiva.....	29
2.3.2.2 Manutenção de rotina.....	29
2.3.2.3 Manutenção preventiva.....	30
2.3.2.4 Manutenção preditiva.....	30
2.3.2.5 Engenharia de manutenção.....	31
2.3.2.6 Manutenção detectiva.....	31
2.3.2.7 Manutenção autônoma.....	31
2.3.2.8 Manutenção de melhoria.....	32
2.3.2.9 Manutenção Produtiva Total – TPM.....	32
2.3.2.9.1 Dificuldades na implementação da Manutenção Produtiva Total – TPM.....	35
2.3.2.9.2 Fatores de sucesso obtidos pela TPM.....	36
2.3.2.10 Manutenção centrada na confiabilidade.....	37
2.4 Gestão da manutenção como fator para melhoria no desempenho dos processos.	37
2.4.1 Sistemas de medição e avaliação de desempenho.....	39
2.4.2 Indicadores de manutenção.....	40
2.5 Situação da manutenção no Brasil.....	41
2.5.1 Número de empregados no setor de manutenção.....	42
2.5.2 Investimentos em manutenção.....	42
2.5.3 Tipos de manutenção adotados.....	44
2.5.4 Indicadores de manutenção utilizados.....	45

2.5.5 Disponibilidade operacional.....	46
2.5.6 Treinamento para pessoal de manutenção.....	46
2.5.7 Idade média dos equipamentos.....	47
2.6 Desdobramento da Função Qualidade – QFD.....	47
2.6.1 QFD na gestão da manutenção.....	48
3 METODOLOGIA.....	50
3.1 Delimitação da pesquisa.....	50
3.2 Escolha da linha de produção a ser implantado o modelo de gestão.....	51
3.3 Etapas para realização da pesquisa.....	51
3.4 Métricas de determinação dos indicadores de desempenho industrial.....	55
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	57
4.1 Cronograma de implantação e análise dos dados de treinamento para implantação da TPM – pilar “Educação, treinamento e capacitação em novas habilidades”.....	57
4.2 Fluxograma do processo produtivo da linha de produção estudada.....	61
4.3 Indicadores de desempenho da manutenção atuais e comparação com os dados da ABRAMAN – 2009.....	62
4.4 Análise dos indicadores de desempenho industrial.....	67
4.5 Correlação entre os indicadores de desempenho industrial.....	68
4.6 Análise dos indicadores de desempenho industrial após a aplicação do modelo de gestão da manutenção.....	77
4.7 Proposta de inovação no planejamento da manutenção usando o QFD.....	82
4.8 Proposta de medição de desempenho da satisfação dos clientes da manutenção...	86
5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
5.1 Conclusões.....	88
5.2 Considerações finais e recomendações.....	91
REFERÊNCIAS.....	93

1 INTRODUÇÃO

A competitividade entre as organizações está cada vez maior. Alguns fatores considerados como prioridades para se obter a competitividade, segundo Phusavat e Kanchana (2008) são: qualidade, confiabilidade, flexibilidade, capacidade de atender a demanda e prazo de entrega. Todos estes fatores dependem da forma como cada organização controla seus processos. Além disso, envolvem o planejamento e o controle da produção, a gestão das pessoas, a aquisição de materiais, além da gestão da manutenção.

Lollar; Beheshti e Whitlow (2010) salientam que a competitividade pode ser alcançada através de dois métodos distintos: se a organização possuir vantagem competitiva em custo ou pela diferenciação, seja esta de produto, serviço ou de ambos. Além disso, salientam que além de avaliar o desempenho organizacional, a eficiência e eficácia das atividades, cada organização deve, ainda, trabalhar para aumentar o valor das atividades envolvidas no processo.

Man et al. (2002) e Vargas e Rangel (2007) apud Singh; Garg e Deshmukh (2008), apontam que o desempenho das organizações está diretamente relacionado com o desenvolvimento de pesquisas e melhorias nos métodos e processos, na aquisição de ativos, e na aplicação de políticas de melhoria contínua, inovação e mudança organizacional. Buscando esta melhoria contínua, Yang et al. (2010) apontam que modelos para alcançá-las, como por exemplo o gerenciamento da qualidade total e o *just-in-time*, aliadas com a colaboração de fornecedores podem favorecer o desenvolvimento destas melhorias.

A manufatura industrial passou por muitas mudanças desde o *just-in-time*, desenvolvido pelo Sistema Toyota de Produção. Todo o sucesso alcançado no Japão trouxe ao ocidente o modelo de gestão japonês, porém muitas empresas enfrentam problemas durante a implantação e abandonam o programa sem obter os resultados esperados. Esse insucesso pode estar relacionado ao fator cultural, fato observado porque o oriente está melhor preparado para a mudança organizacional proposta pelo sistema *just-in-time*. Além disso, percebe-se uma grande resistência a novas tecnologias, mas principalmente na adoção de novos modelos de gestão. Assim, para se obter sucesso na implantação de ideias, inovações e outras melhorias, que vão desde a qualidade, passando pela redução de custos, até mudanças em modelos de gestão; é necessária uma mudança de comportamento e atitude em todos os níveis organizacionais. Estas mudanças estão ligadas, ainda, ao comprometimento e envolvimento dos membros das equipes envolvidas no processo de mudança.

A busca incessante por estas melhorias e pela implantação de novos modelos de gestão se fez crescente nos últimos anos devido ao aumento da competitividade e da entrada de empresas estrangeiras no mercado brasileiro. Assim, a exigência de melhor qualidade, maior produtividade, custos mais baixos, aumento de capacidade produtiva e maior flexibilidade na produção; fez com que um setor das empresas antes esquecido se tornasse um altamente estratégico. Este é o caso da manutenção, que cada vez mais evolui em termos de conceito, bem como em tecnologias.

O setor de manutenção passa por uma mudança de conceito pelos empresários. Antes visto como setor de apoio, já é tratado como estratégico, pois para atender aos resultados esperados, as máquinas e equipamentos devem corresponder às expectativas e planejamentos realizados. A manutenção, com visão estratégica para um ambiente competitivo, passa a buscar além da recuperação das avarias, a qualidade e a produtividade; interferindo nos resultados organizacionais (OTANI e MACHADO, 2008). Estes componentes estão relacionados a uma moderna gestão e a um sistema de produção eficaz, econômico e lucrativo (KHAN e DARRAB, 2010).

Para um sistema produtivo atuar sem desperdícios e ser lucrativo, o sistema de manutenção deve atuar de maneira eficaz. Isso se faz necessário porque os altos investimentos realizados nas organizações devem gerar lucros. E, a melhor maneira de manter o funcionamento dos equipamentos é gerenciando sua manutenção. Tratando-se a Manutenção Produtiva Total – TPM – como um modelo de gestão estratégica da manutenção, todas as áreas da empresa trabalharão seguindo este modelo, que integra ações, transformando os modelos tradicionais de gestão através da busca contínua de: eliminação de desperdícios; aperfeiçoamento das pessoas; melhoria dos processos de produção, da qualidade, dos serviços. Com isso haverá uma evolução da empresa em busca de maior competitividade.

Todos os indicadores mensuráveis em um processo produtivo podem ser relacionados com a gestão da manutenção. Por isso, utilizando a aproximação dirigida por dados, apresentada por Verron; Li e Tiplica (2010), pode se verificar a importância da gestão da manutenção no alcance das metas organizacionais. Arcuri Filho (2005) apud Peres e Lima (2008) aponta que é necessário, ainda, ter visão sistêmica da empresa para que a tomada de decisão seja rápida e acertada.

O desempenho da manutenção dos equipamentos de produção é uma das principais formas das empresas obterem o maior retorno possível de seus investimentos. Para tanto são utilizadas técnicas e estratégias de manutenção, focadas na prevenção das falhas dos equipamentos, aumentando a disponibilidade para operação e a confiabilidade dos mesmos,

quando em uso. Dentre estas estratégias e técnicas destacam-se a manutenção preventiva, a preditiva, a manutenção produtiva total e mais recentemente, a manutenção centrada na confiabilidade. Para Khalil; Saad e Gingy (2009), é interessante para todas as empresas desenvolver uma estratégia de manutenção preventiva, principalmente para eliminar a indisponibilidade não planejada dos equipamentos.

Mas mesmo assim, o desempenho da manutenção não é avaliado em boa parte das organizações e a pouca utilização de indicadores de desempenho, deixa clara esta deficiência. Alguns indicadores de desempenho diretos para essa avaliação são a disponibilidade dos equipamentos, o número de quebras, tempo entre reparos e confiabilidade. Entre indicadores de desempenho indiretos, pode-se citar a eficiência, sucata do processo, retrabalho e segurança. Assim, o gerenciamento da manutenção tem como resultados a maximização desses índices e a melhoria na competitividade organizacional.

Os métodos tradicionais de planejamento de manutenção suprem parcialmente as necessidades das empresas. A manutenção corretiva deve ser empregada em casos onde as manutenções preventivas e preditivas tornam-se onerosas. Mas com isso vem o risco de uma quebra inesperada e a paralisação da produção. Para Karim; Candell e Söderholm (2009) este risco fez com que se desenvolvessem diferentes metodologias de manutenção nos últimos anos, a fim de gerenciar a complexidade da manutenção gerada pela evolução tecnológica dos equipamentos. Atualmente um dos métodos mais aceitos é a manutenção centrada na confiabilidade, meio usado para garantir a confiança no equipamento (KHANLARI; MOHAMMADI e SOHRABI, 2008). Outro modelo de gerir a manutenção é a manutenção produtiva total.

Muitas ferramentas e metodologias de manutenção já foram usadas e testadas na gestão da manutenção. Söderholm; Holmgren e Klefsjö (2007) apresentam algumas: padronização, Análise de Modo e Efeito de Falhas – FMEA, *Overall Equipment Effectiveness* – OEE, diagrama de decisão, análise de riscos, manutenção produtiva total, manutenção baseada na confiabilidade, e outros. Para Pun e Nurse (2010) as estratégias de manutenção podem dividir-se em duas classes: as estratégias que seguem uma lógica, com planejamento e um plano de ação prévio e as estratégias sem planejamento. Quando há o planejamento, as atividades são planejadas, de forma que sigam uma abordagem científica para a manutenção, que é organizada e realizada com planejamento, controle e análise do desempenho.

Nesse sentido, a adoção de um modelo de gestão estratégico da manutenção, como a TPM, tem tido cada vez mais aceitação nas organizações industriais. Apesar de essa adoção ser crescente, percebe-se que muitas empresas ainda não implantam esse modelo da forma

correta, pois para tanto, estima-se que o prazo para a correta aplicação do modelo de gestão de manutenção e obtenção dos resultados seja cinco anos. O que se observa é que as empresas tentam aplicar a TPM e abandonam o programa, pois não vêem resultados imediatos.

Além disso, a maioria das empresas não controla o desempenho de seu setor de manutenção. Muitas não conseguem quantificar o custo de manutenção em cada equipamento e não planejam as atividades do setor.

Diante disso, o trabalho realizado na empresa “Alfa”¹ possui como tema a competitividade da linha de produção abordada. Como problema encontrado havia a falta de competitividade encontrada pelos produtos fabricados nesta linha de produção, em função dos índices de desempenho não atenderem às metas da empresa. Essa competitividade está relacionada com a concorrência nacional e internacional, principalmente de produtos importados da Argentina, enfrentada pela empresa “Alfa”. O desempenho industrial mede como está o andamento do processo produtivo em relação às metas traçadas para cada indicador de desempenho. Como questão chave a ser respondida por este estudo está: “A implantação do modelo de gestão da manutenção utilizando a Manutenção Produtiva Total – TPM poderá auxiliar na melhoria do desempenho industrial e da competitividade da empresa ‘Alfa’?”

1.1 Justificativa

No ambiente industrial moderno, muitas mudanças vêm ocorrendo dentro das organizações. Na área de manutenção, muitos conceitos são tratados de maneira diferenciada dentro das empresas e atuar de maneira eficaz e competitiva é considerado questão de sobrevivência. Durante muito tempo, e ainda hoje, muitas indústrias adotam o sistema de manutenção corretiva. Com isso, ocorrem desperdícios, retrabalhos, baixa eficiência nos processos produtivos, perda de tempo e de esforço humano, além de prejuízos financeiros. Toda organização que possui uma visão bem definida para o futuro, necessita estar aberta a novas metodologias de trabalho.

A TPM não é apenas um meio de controle de manutenção, mas um novo modelo de gestão proposto às organizações, abrangente, que transforma os modelos de administração tradicionais e busca a eliminação contínua das perdas, obtendo assim a evolução permanente

¹ Nome fictício dado à empresa estudada, do ramo metal-mecânico. A empresa é a única fabricante, na região Sul do Brasil, do produto manufaturado na linha de produção onde foi implantado a TPM, tendo solicitado que não fosse divulgado o produto e seu nome.

da estrutura empresarial, pelo constante aperfeiçoamento das pessoas, dos meios de produção e da qualidade dos produtos e serviços. A TPM tem como uma das principais características a melhoria da estrutura da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima e produtos) e em termos humanos (aprimorar e nivelar o conhecimento, habilidades e atitudes de todos os colaboradores).

Tornar a empresa competitiva, com visibilidade, processos bem ajustados é quase uma certeza, pois, das inúmeras empresas que possuem a TPM inserida nos seus processos, o sucesso sempre verificado. Alcançar estes objetivos se torna um desafio no início do trabalho e somente com muito treinamento, disciplina e envolvimento de todos no programa poderá atingir o seu objetivo.

Os resultados obtidos com a TPM interessam a qualquer organização que pense em evolução contínua. Estes resultados podem ser verificados nas publicações de vários autores, especialistas em TPM, como Nakajima (1989), Shingo (1996), Takahashi e Osada (2010), que afirmam e citam nas bibliografias, os exemplos de organizações que adotaram o programa com sucesso. Acabar ou reduzir significativamente as manutenções corretivas é um fato consumado, quando a TPM é aplicada de maneira planejada, organizada, seguindo à risca o cronograma de implantação universal. Muitos outros ganhos concretos são percebidos, por exemplo: a partir da análise de um problema, passa-se a dar ênfase na manutenção preventiva.

A implantação da TPM é um sonho antigo e muito almejado por toda a diretoria da empresa “Alfa”. Após a realização de um mapeamento de processos das linhas de produção da empresa, verificou-se que este modelo de gestão poderia trazer resultados significativos na melhoria dos processos da empresa, que busca a inovação em todos os níveis de seu processo. Sabe-se que a TPM, quando bem fundamentada e trabalhada, se torna um programa perene e com resultados fantásticos; que trazem melhorias na flexibilidade do processo produtivo, no aumento da capacidade de produção e na confiabilidade dos equipamentos.

Além disso, com as novas exigências do mercado, cada vez mais competitivo, a empresa visualiza diversificar o *mix* de produtos e ter uma maior flexibilidade para atender o mercado. Porém, os sistemas de manufatura tradicionais não proporcionam eficiência e eficácia às áreas operacionais, ou seja, não tem flexibilidade necessária para a gestão do processo e desempenho das atividades em um ambiente de tecnologias avançadas de produção. Logo com a implantação da TPM, espera-se uma melhor adaptação dos métodos de produção existentes à nova realidade do mercado, integrados aos princípios de produção

enxuta, utilizando os recursos para produzir produtos mais competitivos em custo, qualidade, prazos e função.

Por tudo isso, justifica-se o estudo, pois a TPM aumenta a flexibilidade do processo produtivo, auxilia e facilita as decisões gerenciais e contribui para a eliminação de desperdícios. Com o exposto há melhoria no desempenho industrial e em consequência na competitividade da empresa no mercado atual.

1.2 Objetivos

A partir do apresentado, este estudo tem como objetivo geral:

Implantar o modelo de gestão da manutenção, baseado na TPM, em uma linha de produção, para melhorar o desempenho e a competitividade da empresa “Alfa”.

Para que este objetivo seja alcançado, devem-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Definir cronograma de implantação adequado à realidade da empresa;
- Identificar qual grupo de colaboradores mais apóia a implantação do modelo proposto para a gestão da manutenção;
- Analisar a situação atual do setor de manutenção da empresa e compará-la com a situação da manutenção no Brasil;
- Avaliar a melhoria no desempenho industrial da empresa, após a implantação do modelo de gestão baseado na Manutenção Produtiva Total – TPM;
- Sugerir um modelo de priorização de manutenção para facilitar o planejamento das paradas por subconjunto dos equipamentos.

1.3 Limitação da pesquisa

Devido à grande diversidade de produtos fabricados na empresa, cada qual em uma linha de produção específica, seria inviável aplicar o modelo de gestão a todas as linhas de montagem e avaliar a melhoria no desempenho simultaneamente. Por isso foi escolhida uma linha de produção, visto que desde novembro de 2009 a mesma trabalha em três turnos de produção, e apresentava, no início desta pesquisa, alguns índices de desempenho industrial em desacordo com as metas estabelecidas pela empresa. Logo pela facilidade de acesso aos dados, as principais limitações deste trabalho são a aplicação do método em apenas uma linha de produção e não poder citar o nome da empresa pesquisada.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma introdução ao tema, contextualizando a pesquisa, apresentando o problema, a justificativa, bem como os objetivos geral e específicos e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, fazendo uma introdução ao Sistema Toyota de Produção; tratando de alguns fatores culturais para adotar mudanças nos modelos de gestão; aborda conceitos e tipos de manutenção, focando a TPM; aborda indicadores de desempenho de processos e de manutenção e trata sobre o Desdobramento da Função Qualidade – QFD, técnica sugerida para priorizar o planejamento da manutenção.

A metodologia utilizada é apresentada no capítulo 3. Nela, se apresenta a delimitação da pesquisa, porque foi escolhida a linha de produção estudada, as etapas adotadas para sua condução, e interpretação desses e a métrica para determinação dos índices analisados.

O capítulo 4 traz os resultados obtidos com o desenvolvimento do trabalho e uma discussão sobre esses, seguindo os passos para atender aos objetivos específicos desta pesquisa.

O quinto capítulo apresenta a conclusão, dividida em duas partes: conclusões e recomendações para a continuidade do trabalho na empresa. Por fim, apresentam-se as referências.

Este capítulo apresentou uma introdução ao tema da pesquisa, bem como o problema e os objetivos a alcançar. O capítulo seguinte tratará da revisão bibliográfica que fundamenta a análise a ser realizada; tratando inicialmente do sistema Toyota de produção, pois das necessidades encontradas por este sistema é que surgiu a TPM; após são apresentados os tipos de manutenção, aprofundando-se na manutenção produtiva total, nos seus pilares e na sequência de implantação; e, por fim é realizado um estudo sobre os sistemas de avaliação de desempenho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta um estudo teórico sobre os temas mais relevantes relacionados ao bom andamento e ao resultado pretendido para esta pesquisa. Tratará sobre o sistema Toyota de produção, tipos e métodos de manutenção, a situação da manutenção no Brasil e sistemas de avaliação e medição de desempenho.

2.1 Sistema Toyota de produção

O sistema Toyota de produção começou a ser modelado após o final da segunda guerra mundial, quando o presidente da Toyota Motor Company percebeu a necessidade da indústria automobilística japonesa alcançar os níveis de produtividade da indústria norte-americana, um dos setores mais desenvolvidos nos Estados Unidos, na época. Em 1950 Eiji Toyoda foi à fábrica da Ford. “Ao retornar ao Japão, Eiji e seu gênio de produção, Taiichi Ohno, chegaram à conclusão que a produção em massa não funcionaria no Japão” (DENNIS, 2008, p. 25). A partir desta ideia muitos estudos e experiências foram desenvolvidos e um dos dados mais importantes obtidos nestes estudos foi o de que o trabalho realizado por um trabalhador norte-americano necessitava, em média, de nove japoneses. Com este número, concluiu-se que os japoneses estavam mal utilizando sua mão-de-obra em algum ponto do processo produtivo e, que este desperdício deveria ser eliminado para que a sua produtividade fosse aumentada. Esta ideia – eliminar desperdícios – marcou o início do sistema Toyota de produção.

Segundo Ohno (1997), um dos objetivos do sistema Toyota de produção é a redução dos custos e isto é alcançado através da eliminação dos desperdícios, fazendo com que as empresas aumentem sua eficiência e em consequência, seus lucros, já que no competitivo mercado atual o lucro é resultado da diferença entre o preço de venda, em grande parte das negociações colocado pelos clientes, e os custos de fabricação; sendo a redução destes a única maneira de aumentar os lucros. Para que esta redução nos custos seja alcançada, deve-se buscar a colaboração e o envolvimento das pessoas participantes do processo produtivo para aumentar a capacidade de produção, otimizando-se os tempos de trabalho e reduzindo-se os desperdícios. Para se obter estes resultados e chegar à total eliminação dos desperdícios, o sistema Toyota de produção opera com base no just-in-time e na automação.

O *just-in-time* em um processo produtivo significa ter as peças certas, no local certo, na hora certa e na quantidade necessária, para que possam ser eliminados todos os

desperdícios relativos a estoques, movimentação dos operadores, falta de material e outros menos perceptíveis. Porém, operar *just-in-time* com o sistema tradicional de produção tornava-se complicado, pois o método de fabricação baseado totalmente em planos de produção, ou seja “empurrar” materiais para os processos seguintes, poderia fornecer peças desnecessárias no momento, gerando estoques ou até mesmo fornecer peças defeituosas, não garantindo que as peças certas estivessem no local certo, na hora certa e na quantidade certa (DENNIS, 2008).

Com a necessidade de utilização do just-in-time, desenvolveu-se o sistema *kanban* de manufatura, que passou a ser o meio de informação visual que os processos iniciais devem produzir para atender às necessidades dos processos finais. Esta ferramenta, que opera o *just-in-time*, nasceu do princípio de operação dos supermercados, onde os clientes buscam o que precisam, na hora em que necessitam e na quantidade exata. E o fornecedor (processo inicial) produz apenas a quantidade necessária para repor o que foi retirado (OHNO, 1997).

A autonomia ou automação com toque humano foi uma forma encontrada para eliminar desperdícios de superprodução ou de produção de peças defeituosas, obtidas quando se utiliza no processo, a automação pura. Com o desenvolvimento da autonomia pode-se fazer com que um operador cuide de várias máquinas, pois estas são preparadas para parar quando completam uma operação ou sempre que condições anormais se apresentam. A invenção do tear automático feita por Toyoda Sakichi rompeu “...o princípio proposto por Taylor de ‘um homem/um ponto/uma tarefa’, e torna-se possível que uma mesma operária seja capaz de operar mais de dez teares ao mesmo tempo” (ANTUNES et al., 2008, p. 71). Utilizando-se a autonomia, a atenção de todos fica voltada para a resolução de problemas quando as máquinas param de produzir. Para que a autonomia seja colocada em prática (um operador cuidar de várias máquinas), o primeiro passo é estabelecer um fluxo de produção, onde operações similares ou seqüenciais possam ser operadas em leiaute dos tipos “L” ou “U”.

Podem-se obter grandes vantagens quando uma equipe trabalha em uma célula. Para início de conversa, é fácil para as pessoas se comunicarem umas com as outras – e ajudar uns aos outros. Em segundo lugar, há um *feedback* de qualidade instantâneo de seu colega de equipe, no processo que segue. ‘Olha, esse negócio não cabe’. Em terceiro lugar, como células são compactas, temos que reduzir nosso produto em processo – o que proporcionalmente significa *lead times* e custos de operação menores. Por último, uma equipe trabalhando lado a lado em uma célula inevitavelmente começa a se treinar mutuamente. Com o tempo, todos os membros da equipe passam a conhecer todas as funções da célula – o que melhora a qualidade e torna o local de trabalho mais humano (DENNIS, 2008, p. 80).

Após, deve-se buscar a sincronização da produção, interna e externamente, ou seja, nivelar-se a produção para que, ao final de um período, os pedidos sejam atendidos sem gerar desperdícios. Ohno (1997) salienta que uma linha de produção ou empresa que implementar a automação e o *just-in-time* será melhor do que as outras.

Como o sistema Toyota de produção nasceu de uma necessidade e como as organizações buscam a evolução e a melhoria contínua, a automação é um método importante e eficiente, pois sempre que uma máquina apresentar condições anormais, ela para. Para descobrir a verdadeira causa do problema e atacá-la na raiz, evitando que o problema seja resolvido superficialmente, utiliza-se o método dos “cinco por quês”, que auxilia na descoberta da causa real, diminuindo as chances do problema reaparecer. Este método é uma abordagem científica que foi, também, utilizado para o desenvolvimento do sistema Toyota de produção, quando se procurou entender por que as pessoas operavam apenas uma máquina, por que havia estoques, por que havia superprodução, ou simplesmente por que havia desperdícios, que aumentavam os custos e diminuían a eficiência.

“A verdadeira melhoria na eficiência surge quando produzimos zero desperdício e levamos a porcentagem de trabalho para 100%. Uma vez que, no sistema Toyota de produção deve-se produzir apenas a quantidade necessária a força de trabalho deve ser reduzida para cortar o excesso de capacidade e corresponder à quantidade necessária” (OHNO, 1997, p.39).

Para que isto seja alcançado, deve-se trabalhar para buscar a total eliminação dos desperdícios, que segundo Ohno (1997) são sete: superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, movimento e produtos defeituosos. Operando com técnica pode-se eliminar estes desperdícios. O *kanban* auxilia o controle visual das quantidades produzidas e evita a superprodução; o *just-in-time* evita paradas da mão-de-obra por falta ou espera de material; a sincronia e o nivelamento da produção evitam os problemas de transporte e geração de estoques de peças; a automação objetiva não produzir defeitos e não superproduzir e a otimização dos processos evita que os operadores tenham que realizar movimentos que não agreguem valor ao trabalho.

Se isto for conseguido tem-se 100% do trabalho com valor agregado, ou seja, maior eficiência. Considerando-se que, muitas atividades ainda não fazem parte dos procedimentos padrões, tem-se uma taxa de trabalho com valor agregado muito abaixo da ideal. Para Dennis (2008), o sistema Toyota de produção representa fazer mais com menos – menos tempo, menos espaço, menos equipamentos, menos material, menor esforço das pessoas.

Um dos pontos chave para otimizar-se o trabalho e diminuir paradas é estimular o trabalho em equipe, pois sempre que um operador terminar o seu trabalho deve auxiliar o

colega que está com maiores dificuldades ou auxiliar a resolver um problema ocorrido na linha em que trabalha, não se fixando a um único posto de trabalho.

Atualmente, em um mercado competitivo, flexível e globalizado o sistema Toyota adapta-se perfeitamente, pois as informações são lançadas na hora certa, fazendo com que os setores produtivos produzam na hora correta, não gerando estoques, que são a principal fonte de desperdícios e aumentando a flexibilidade de produção para atender ao mercado consumidor.

O sistema Toyota de produção prima pela produção de pequenos lotes de grandes variedades a custos baixos. Esse sistema fez com que a Toyota obtivesse melhores resultados que as empresas que utilizavam o sistema tradicional de produção em massa, em momentos de crescimento econômico pequeno ou nulo. O Quadro 1 apresenta, sinteticamente, as diferenças entre os sistemas Toyota e Ford, descritas por Shingo (1996, p. 128).

Característica	Ford	Toyota	Benefícios
1. Fluxo de peças Unitárias	Somente na montagem	Interligação do processo e montagem	Ciclos curtos, inventários de produtos acabados reduzidos, estoque intermediário pequeno
2. Tamanho do lote	Grande	Pequeno	Redução do estoque intermediário, produção contra pedido
3. Fluxo do produto	Produto único (poucos modelos)	Fluxo misto (muitos modelos)	Redução do estoque intermediário, ajustes para mudanças, promove equilíbrio da carga

Quadro 1 – Diferenças entre sistemas Ford e Toyota. Fonte: Shingo (1996, p. 128)

2.2 Cultura e mudança organizacional

O estudo da cultura organizacional tem como objetivo ampliar os conhecimentos sobre o processo de gestão, porém uma das dificuldades que existe no estudo desse tema está no fato de que a cultura de uma empresa não está ligada apenas à determinação dos modelos de gestão, objetivos e metas organizacionais por parte da alta direção, mas pelos costumes e personalidade do grupo que nela trabalha. Assim, as mudanças ou sistemas implantados com sucesso em uma organização, podem acabar frustrados ou com resultados inferiores ao esperado em outras.

É essencial para qualquer organização uma cultura organizacional flexível, que forme equipes que compreendam a importância da mudança e que desenvolvam o planejamento, monitoramento e implantação das mudanças organizacionais de forma cuidadosa, fazendo

com que as mudanças alcancem os objetivos estipulados ajudando na sobrevivência e crescimento organizacional.

As organizações são compostas por pessoas de diferentes opiniões, diferentes valores e modos de se comportar, de pensar e de agir. Ao atuar, essas pessoas precisam adotar um padrão comportamental, como mencionam Machado e Carvalho (2008, p. 3): “O indivíduo deve ter um padrão comportamental propício para o local de trabalho, e a organização, como um grupo social, tem uma maneira própria de atuar na sociedade”. Entretanto, segundo Hilal; Wetzel e Ferreira (2009), apesar de ter uma natureza superficial, é difícil administrar os hábitos coletivos; para isso é de suma importância uma estratégia da alta administração, que leve em consideração a situação organizacional visto que não há nenhuma fórmula de sucesso que pode ser adotada na implantação de uma cultura organizacional. Esta cultura é formada e é única em cada organização.

Bryson (2008) aponta que definições antigas de cultura organizacional tratavam apenas do ambiente interno (gerentes e pessoas da organização), e que mais recentemente passaram a ter uma visão sistêmica, pois todas as organizações causam impactos à sociedade. Uma função importante da cultura organizacional é distinguir uma organização das outras e de seu ambiente externo, proporcionando a esta uma identidade organizacional. Esta identidade será reconhecida tanto pelos membros, como pela sociedade onde esta empresa está inserida.

Eti; Ogaji e Probert (2006) apresentam a cultura como uma simbiose de idéias herdadas, convicções, valores e conhecimentos que juntos constituem a base para as ações das empresas. Linn (2008) expõe que uma definição geral e totalmente aceita para cultura organizacional torna-se evasiva porque não é algo físico, cobre uma grande área de atuação, que vai do pensamento ao comportamento, e ainda varia de um grupo para outro. Na maioria das definições encontram-se termos em comum. Lacey (2010) diz que a cultura organizacional pode ser vista como as atitudes, valores, convicções, normas e costumes de uma organização.

De uma forma geral, a cultura organizacional pode ser definida como a representação que a direção da empresa tem em relação aos valores, convicções e suposições. Zu; Robbins e Fredendall (2010) apresentam a cultura como dois eixos combinados que refletem quatro tipos de cultura, representando diferentes valores sobre motivação, liderança e orientação estratégica nas empresas. Os quatro tipos podem ser classificados como: cultura de grupo, cultura de desenvolvimento, cultura hierárquica e cultura racional.

Porém, a cultura não é implantada ou alterada facilmente, pois para analisá-la é necessário um amplo estudo, relacionando as estruturas sociais, históricas e experiências vividas. Assim, pode-se afirmar que cada organização adquire, de certa forma, uma personalidade organizacional manifestada pelo comportamento dos seus membros, os quais são influenciados pelos acontecimentos do meio ambiente externo e por outras culturas, como as culturas regionais, estaduais e nacionais. Portanto, uma organização, embora apresente sua própria cultura organizacional, está sempre sofrendo influências das culturas existentes ao seu entorno.

Toda esta diversidade de fatores contribui para a construção de uma cultura organizacional diferente em cada organização. Assim, para analisar e intervir na cultura de uma organização é necessário ver todo este sistema de forma interligada e ter uma especial atenção aos comportamentos e atitudes desempenhados internamente na empresa, como: a filosofia que guia a empresa, as políticas adotadas, o perfil dos líderes e clientes internos, os conflitos organizacionais, os ritos e símbolos presentes nas relações, os tipos de comunicação adotados, o clima organizacional, a coerência entre a missão e visão da organização e as atitudes e comportamentos dos membros.

A cultura organizacional traz vantagem quando as crenças compartilhadas facilitam e poupam comunicação contribuindo na tomada de decisão, onde os valores compartilhados facilitam a motivação, cooperação e o sentimento de compromisso que levam a maior eficácia da organização. Em muitos casos para obter-se estas vantagens há a necessidade de estabelecer mudanças nas organizações, tema bastante atual, porém de grande desafio às empresas.

A mudança organizacional não é um tema novo, mas à medida que o mercado se dinamiza, a importância da mudança cresce na mesma rapidez da necessidade de adaptação das organizações. O mercado proporciona riscos e oportunidades para as organizações, forçando a busca por melhoria contínua, a qual é necessária tanto para competir como para sobreviver.

Para Obadia; Vidal e Melo (2007) muitas tentativas de mudanças organizacionais tratam a instituição como uma máquina, ou seja, como um sistema fechado. Assim, a preocupação com a mudança organizacional desenvolve-se com mais força quando os administradores começam a ter dificuldades de estabelecer objetivos e planos futuros, devido à rapidez das mudanças do mercado, obrigando uma constante análise e reformulação das estratégias de acordo com os desafios e oportunidades identificadas; criando a necessidade de entender a organização como um sistema aberto. Então, à medida que nossa sociedade evolui

e exige das empresas maior qualidade, diferenciação, tecnologia e inovação, a mudança se torna parte do processo organizacional.

O enfoque convencional mecanicista se fundamenta em pressupostos básicos sobre as organizações e o processo de mudanças, os quais se tornam freqüentemente inválidos para os sistemas abertos e complexos do ambiente organizacional atual, não conseguindo representar, portanto, a verdadeira natureza complexa de funcionamento do processo de mudanças. (OBADIA; VIDAL e MELO, 2007 p. 126).

Wood Jr. (2000) afirma que mudança organizacional é qualquer transformação de natureza estrutural, estratégica, cultural, tecnológica, humana ou de outro componente, capaz de gerar impacto em partes ou no conjunto da organização. Já Montana e Charnov (2003) conceituam mudança organizacional como algo novo para a empresa, algo que está direcionado para o desconhecido, para o futuro. Independente de qual conceito de mudança organizacional utilizar, todos eles levam a um único ponto, ela é caracterizada basicamente por modificações na forma de fazer as coisas dentro de uma organização.

Todas as organizações se vêem na necessidade de conciliar dois processos antagônicos, porém imprescindíveis para a sua sobrevivência, que são as forças que impulsionam um processo de mudança. Segundo Montana e Charnov (2003), as mudanças podem ocorrer como resultado de forças internas ou externas à organização.

As forças internas são os processos, normas, regras e comportamentos que levam a manutenção do *status-quo*. Esta força pode ser dividida em dois tipos, a mais importante está relacionada com a estrutura do poder da empresa onde ocorrem as ações estratégicas da organização impostas pelos dirigentes, como por exemplo as alterações dos objetivos da empresa, mudança de tecnologia, estrutura e processos. Mas também existem outras forças internas, as quais também influenciam fortemente no processo de mudança organizacional que são os recursos humanos. Os membros da organização, os quais compõem este recurso, possuem a capacidade de promover qualquer tipo de mudança, quando estes a apóiam e se comprometem no desenvolvimento das atividades, como possuem a capacidade de evitar ou frustrar qualquer tentativa de mudança, quando estes resistem à mudança e não apóiam as atividades ou comportamentos necessários.

Já as forças externas estão relacionadas a tudo o que acontece fora da empresa, como as oscilações de mercado, concorrência, às mudanças constantes nas necessidades e desejos dos consumidores que exigem das empresas a criação de diferentes bens e serviços, a reformulações de políticas governamentais, criação de novas tecnologias, entre outros. A

análise e entendimento correto destas forças externas são imprescindíveis para a construção de uma estratégia adequada e ao ajustamento aos padrões requeridos por este mercado que está em constante evolução.

2.3 Manutenção

A manutenção dos equipamentos industriais tem sido um tema crescente na discussão no ambiente empresarial, visto que a compra de novos equipamentos vem tornando-se inviável, principalmente, devido ao alto custo das novas tecnologias. Por isso, cuidar do equipamento que se tem torna-se muito importante. No princípio, manutenção, simplesmente, consistia no ato de manter o equipamento em condições de funcionamento. Atualmente, manutenção consiste em envolver a pessoa que trabalha no equipamento, com o intuito de prever quando este pode sofrer uma parada e promover as melhorias necessárias para o melhor andamento do trabalho.

A manutenção pode ser vista como um mal necessário por parte integrante do planejamento estratégico de produtividade das empresas e também como fundamental para a disponibilidade dos equipamentos. Desde o simples atendimento à produção até a peça essencial na garantia do atendimento ao cliente por meio da melhoria da confiabilidade dos equipamentos e processos. Essas são algumas formas de como se via a manutenção e como ainda se vê.

Para Verri (2007), a manutenção dos equipamentos de produção está diretamente envolvida na disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, fazendo com que as empresas, principalmente de processo contínuo, seja de elevada importância para o desempenho industrial. Outros autores dão diferentes ênfases ao termo e à amplitude da manutenção. Para Xenos (2004, p.18), “as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causada pelo seu desgaste natural e pelo uso”.

Segundo Xenos (2004) e Verri (2007) alguns fatores podem ser apontados como responsáveis para que as empresas estejam mudando a visão sobre o papel da manutenção. Entre estes fatores podem ser apontados os altos custos de manutenção, que giram entre 2 e 8% do faturamento bruto; maiores exigências de qualidade e produtividade; busca de melhoria contínua dos equipamentos; maior competitividade; eliminação do círculo vicioso da manutenção – equipamentos quebrando com frequência *versus* falta de tempo e de recursos devido aos problemas diários x inexistência de gerenciamento adequado.

Com a globalização dos mercados, a concorrência tornou-se mais acirrada, exigindo das empresas um desempenho de classe mundial, o qual deve ser dedicado a atender ao cliente. Em decorrência, as grandes companhias tiveram de adequar sua qualidade à altura dos novos e exigentes padrões mundiais.

Na atualidade, diante do fenômeno da globalização, a manutenção passa a ser enfocada sob visão da Gestão da Qualidade e da Produtividade. O departamento de manutenção tem importância vital no funcionamento de uma indústria. Pouco adianta o administrador de produção procurar ganho de produtividade se os equipamentos não dispõem de manutenção adequada.

2.3.1 Evolução histórica da manutenção

A necessidade de realizar manutenção é tão antiga como os equipamentos de produção. Porém, a evolução é notada sempre em épocas históricas, onde os principais marcos podem ser apresentados como a revolução industrial, a primeira guerra mundial, a fase da mudança proporcionada pela segunda guerra mundial e, mais recentemente, a introdução de modelos de produção japoneses. Moraes (2004, p. 25) apresenta esta evolução, dividida em três gerações como mostra a Figura 1:

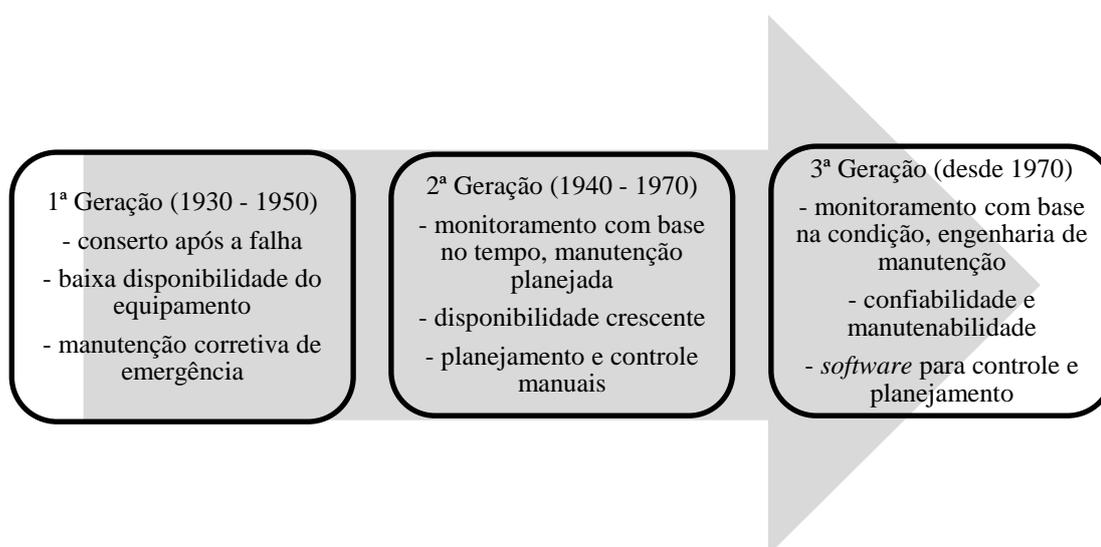


Figura 1 – Evolução da manutenção. Fonte: adaptado de Moraes (2004, p. 25)

A gestão da manutenção passou por mudanças significativas, da metade do século XX aos dias de hoje. Ahuja e Khamba (2008), atribuem boa parte na evolução das operações produtivas às modernas técnicas de produção como o *just-in-time*. Com a evolução dos

modelos produtivos, a gestão da manutenção também evoluiu. De acordo com Tonaco (2008), a manutenção evoluiu em três gerações. A primeira geração baseava-se em um sistema reativo a quebras, e perdurou até a década de 1940. A segunda geração, a partir de 1951, iniciou com a manutenção corretiva e evoluiu para a manutenção preventiva baseada em tempo, 1957. Também durante a segunda geração, por volta de 1960, teve início o conceito de manutenção preditiva (baseada na condição), sendo que em 1968 o conceito de manutenção centrada na confiabilidade passou a ser adotado pelas empresas. A partir da década de 1970, tem início a terceira geração, na qual nasce TPM, que teve início em 1971.

Moubray (1996), Riis et al. (1997), Romero (2001) e Arcuri Filho (2005) citados por Peres e Lima (2008) apresentam uma evolução um pouco diferente. Para estes a primeira geração, de 1940 a 1950 contempla a manutenção corretiva. A segunda geração, 1950 a 1980 trabalha basicamente com a manutenção preventiva. A terceira geração, de 1980 a 2000, contém a TPM, a manutenção centrada na confiabilidade e a manutenção preditiva. Para estes autores, estamos na quarta geração desde 2000, trabalhando com a manutenção proativa, que busca adequar-se aos objetivos estratégicos das empresas.

Assim, para Otani e Machado (2008) a manutenção vista como estratégica para obter a visão sistêmica passa a interferir nos resultados organizacionais. Ela busca, mais que simplesmente realizar a manutenção corretiva, busca a qualidade e a produtividade. Para Khan e Darrab (2010) são estes elementos, aliados à gestão da manutenção, que formam um sistema produtivo eficaz. Para Takahashi e Osada (2010) a crescente competitividade e o desenvolvimento constante de tecnologia fazem com que as empresas busquem mudanças na gestão da manutenção e uma maior participação de todas as pessoas envolvidas no processo de produção.

2.3.2 Tipos de manutenção

A manutenção pode ser dividida em vários tipos, sendo as mais conhecidas as manutenções corretivas e preventivas. Para Sachdeva; Kumar e Kumar (2008), as atividades de manutenção corretiva se caracterizam quando a ação principal é restabelecer as capacidades funcionais básicas ou uma falha que o equipamento sofreu; também sendo chamada de manutenção de reação. Já a manutenção preventiva pode ser, segundo Meselhy; ElMaraghy e ElMaraghy (2010) dividida em dois grupos, a manutenção baseada em tempo e a manutenção baseada na condição. No contexto atual, onde a flexibilidade e a confiabilidade surgem como diferenciais, surgem os novos métodos de administrar a manutenção, como a

manutenção centrada na confiabilidade, uma metodologia utilizada para determinar que a manutenção preventiva é requerida para maximizar a confiança nos equipamentos e no sistema (KHANLARI; MOHAMMADI e SOHRABI, 2008).

2.3.2.1 Manutenção corretiva

Este tipo de manutenção ocorre quando há a correção de uma falha ou de baixo desempenho do equipamento. “Do ponto de vista da manutenção, a manutenção corretiva é mais barata do que prevenir as falhas nos equipamentos” (XENOS, 2004). O problema, porém é que somente com este tipo de manutenção é difícil prever o momento das paradas dos equipamentos por quebra.

Por isso, a manutenção corretiva pode ser dividida em planejada e não-planejada. A manutenção corretiva planejada é a execução da intervenção após o fato detectado, mas sem parar a produção, programando uma parada antes que ocorra a quebra do equipamento. Um trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido e mais seguro do que um trabalho não-planejado. E será sempre de melhor qualidade. A manutenção corretiva não-planejada implica em altos custos, pela quebra inesperada que pode causar perdas na qualidade do produto e altos custos indiretos de manutenção. Além disso, as quebras podem ocasionar prejuízos graves para o equipamento, isto é, o aumento dos danos pode ser maior. Se a empresa tem maior parte de manutenção corretiva não planejada, a manutenção é comandada pelos equipamentos e o desempenho empresarial não está adequado às necessidades de competitividade atuais.

2.3.2.2 Manutenção de rotina

A manutenção de rotina consiste na inspeção de máquinas e equipamentos em uma frequência pré-determinada. Takahashi e Osada (2010) chamam este método de manutenção por iniciativa própria, sendo que a sua execução auxiliará na eliminação de três tipos principais de problemas: excesso de sujeira, falta de lubrificação e vazamento de óleo, e folga das peças. Algumas atividades incluídas neste tipo de manutenção são: lubrificação; verificação de aperto; inspeção de rotina; monitoração com base na visão, audição, olfato e tato; limpeza; execução de regulagens simples.

2.3.2.3 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva realiza a verificação das peças e dos equipamentos em intervalos definidos de tempo, independente de seu estado de conservação. Este tipo de manutenção deve ser, segundo Xenos (2004, p. 24), “o coração das atividades de manutenção”.

As principais vantagens deste tipo de manutenção são que: assegura a continuidade do funcionamento das máquinas, só parando para consertos em horas programadas; e, a empresa terá maior facilidade para cumprir seus programas de produção. Porém, como qualquer tipo de manutenção, também apresenta algumas desvantagens, como: requer um programa bem montado; requer uma equipe de mecânicos eficazes e treinados; requer um plano de manutenção.

2.3.2.4 Manutenção preditiva

Com a introdução dos modelos de produção japoneses, as máquinas passaram a trabalhar com o mínimo de intervenção humana. Para isso, criou-se a sistemática de verificação ou avaliação periódica dos sintomas apresentados pelo equipamento, suas possíveis falhas e intervenção quando necessário. A isto se chama manutenção preditiva.

Acompanha-se a vida útil das máquinas efetuando-se inspeções periódicas, medições, leituras, sondagens, e outras atividades de prevenção. O comportamento dos equipamentos é verificado através da análise das falhas ou detectando-se mudanças nas condições físicas, podendo-se prever com precisão o risco de quebra, permitindo assim a manutenção programada. Assim, a manutenção preditiva pode substituir, na maioria dos casos, a manutenção preventiva. “A manutenção preditiva permite otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção, pois permite prever quando a peça ou componente estarão próximos do seu limite de vida” (XENOS, 2004, p. 25).

As principais vantagens deste tipo de manutenção são: aproveita-se ao máximo a vida útil dos elementos da máquina, podendo-se programar a reforma e substituição somente das peças comprometidas; os consertos programados custam menos e evitam queda de produção; incentiva e fornece dados para a procura de peças e equipamentos de melhor qualidade; oferece dados seguros sobre as falhas e as partes envolvidas.

Já as principais desvantagens que podem ser apresentadas são: requer acompanhamentos e inspeções periódicas, através de instrumentos específicos de monitoração; requer profissional especializado.

2.3.2.5 Engenharia de manutenção

Este tipo também é chamado por alguns autores de Prevenção da Manutenção. Significa deixar de ficar consertando continuamente, para identificar as causas básicas dos problemas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar *feed-back* ao projeto, interferir tecnicamente nas compras

Outro princípio da Prevenção da Manutenção “é a minimização do custo do ciclo de vida dos equipamentos ainda durante a fase do projeto, pois esse custo do ciclo de vida é praticamente imutável após o término do projeto.” (NAKAJIMA, 1989, p. 80-81).

O conceito do custo do ciclo de vida dos equipamentos engloba os custos de aquisição; custos de operação; custos de manutenção planejada e não-planejada e os custos de conversão e descarte (XENOS, 2004). Para que seja apontado corretamente o custo do ciclo de vida de um equipamento, é fundamental parceria e troca de informações entre fabricante e usuário. Essa parceria permite também identificar em equipamentos iguais ou similares as oportunidades de melhoria da confiabilidade e manutenibilidade.

2.3.2.6 Manutenção detectiva

Manutenção detectiva é a manutenção que se aplica em equipamentos em que as manutenções corretiva, preventiva e preditiva não se adéquam, geralmente tratando de máquinas e equipamentos onde não existem meios de prever a falha, ou seja a falha só pode ser vista com o equipamento em uso. Para se detectar as falhas ocultas desses equipamentos, são empregados dispositivos como lâmpadas de sinalização e alarmes de painel (MORAES, 2004).

2.3.2.7 Manutenção autônoma

A manutenção autônoma envolve os operadores na manutenção de seus próprios equipamentos, independentemente da interferência do departamento de manutenção. A

filosofia da manutenção autônoma consiste na quebra de barreiras entre as funções de operação e manutenção.

A expressão “da minha máquina cuidado eu” é a tônica da deste tipo de manutenção. A capacitação e principalmente o convencimento dos operadores de que a saúde dos equipamentos depende diretamente deles é essencial para o sucesso da manutenção autônoma. Esta classificação da manutenção é um dos pilares de sustentação da TPM.

2.3.2.8 Manutenção de melhoria

Takahashi e Osada (2010) apresentam que a manutenção de melhoria consiste no reparo programado das avarias detectadas durante a inspeção preditiva. Estão dentro dessa manutenção os reparos que visam tornar o equipamento mais confiável e mais fácil para inspecionar e reparar. Para os autores, a melhoria na confiabilidade e na manutenibilidade dos equipamentos trará maior disponibilidade operacional para as empresas.

2.3.2.9 Manutenção Produtiva Total – TPM

A TPM nasceu junto com o crescimento do *just-in-time*, modelo de produção japonês que busca a redução de desperdícios. Para Rodrigues e Hatakeyama (2006), a TPM foi concebida como resposta às demandas de um mercado competitivo, que obrigou as empresas a mudar algumas atividades, eliminando os desperdícios, reduzindo as paradas de máquinas e implantando metas definidas para a manutenção. Para tanto, foram necessários criar meios para alcançar estes objetivos. Uma das formas utilizadas foi a implantação da TPM, que integra todas as pessoas na busca pela eliminação das perdas.

Alguns autores definem TPM como:

“Falha zero ou quebra zero das máquinas ao lado do zero defeito nos produtos e perda zero no processo” (NAKAJIMA, 1989, prefácio).

“Campanha que abrange a empresa inteira, com a participação de todo o corpo de empregados, para conseguir a utilização máxima do equipamento existente, utilizando a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento” (TAKAHASHI e OSADA, 2010, pg. 7).

Resumidamente, pode-se fundamentar que a TPM deve envolver a todas as pessoas de uma empresa, com a gestão baseada em alcançar as metas de perda zero, através do envolvimento e de mudança de cultura organizacional.

O objetivo da TPM é melhorar a estrutura da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima e produtos) e em termos humanos (aprimoramento das capacitações pessoais envolvendo conhecimento, habilidades e atitudes).

Segundo Mehdi; Nidhal e Anis (2010), para se alcançar as condições exigidas de qualidade e flexibilidade, a condição dos equipamentos assume papel crucial, controlando inclusive o momento de produzir, a geração de estoques e o tamanho do lote de produção. Além disso, a manutenção garantirá a qualidade dos produtos e a segurança das pessoas que ali trabalham. Porém, além da escolha da estratégia correta, deve-se tomar cuidado com o limite de trabalho para o qual o equipamento foi projetado e com os erros operacionais (MUCHIRI et al., 2010). A estratégia da manutenção se faz necessária para escolher o tipo de manutenção, quando e como realizá-la (PINJALA, 2008 apud MUCHIRI et al., 2010).

Para Khanlari; Mohammadi e Sohrabi (2008), a TPM maximiza a efetividade do equipamento por envolvimento das pessoas e corporações, através do uso de manutenção autônoma e pequenas atividades em grupo para melhorar a confiança de equipamento, manutenibilidade e produtividade. Ahuja e Khamba (2008) afirmam que a TPM é uma metodologia de melhoria contínua que busca o aperfeiçoamento da confiança do equipamento, incrementando a eficiência da administração através do envolvimento das pessoas, buscando a integração das atividades de produção, manutenção e de engenharia. Além da busca da melhoria nos equipamentos, a TPM busca algo mais. Ahuja e Kumar (2009) salientam a importância da TPM em aumentar a moral e a satisfação das pessoas de todos os níveis organizacionais. Ahuja e Khamba (2008), também apontam a TPM como fator chave na busca de zero-defeitos, zero-acidentes e melhorias nos processos produtivos; também sendo fundamental para buscar os níveis de organização de classe mundial.

Arca e Prado (2008) salientam a importância da TPM não ser implantada isoladamente na organização, mas sim junto a outros processos de melhoria contínua. Isso se faz necessário, pois a TPM ultrapassa o limite de classificação como um tipo de manutenção e passa a ser conhecida como um novo modelo de gestão.

A TPM é baseada em oito pilares de sustentação: manutenção autônoma; manutenção da qualidade; manutenção preventiva; controle administrativo; melhorias individuais no equipamento; meio ambiente, saúde e segurança; projetos de manutenção preventiva e custo do ciclo de vida; e treinamento, educação e capacitação de novas habilidades. Com base em Fuentes (2006), pode-se apresentar o significado de cada um destes pilares. Educação, treinamento e capacitação de novas habilidades significa avaliar as capacidades dos recursos humanos envolvidos, determinando quais as necessidades de treinamento e a avaliação destes

após a implementação. No pilar de manutenção preventiva são definidos os tipos de manutenção, os critérios a adotar no planejamento da manutenção e no controle de estoques e demais planos. A manutenção autônoma trabalha a conscientização de todos os envolvidos no sentido que o operador do equipamento cuide dele como sendo “seu”. A manutenção da qualidade avalia o efeito do equipamento na qualidade produzida e define parâmetros de controle. O controle administrativo envolve todas as áreas distintas da manutenção e que são envolvidas no processo produtivo, como compras, qualidade, etc. As melhorias individuais dos equipamentos buscam eliminar, basicamente, as seis grandes perdas do processo produtivo. O pilar de meio ambiente, segurança e higiene trata de políticas de prevenção e avaliação de riscos e custos provenientes destas áreas. A análise da viabilidade de investimento em substituição de equipamentos é realizada pelo pilar de projetos de manutenção preventiva e custo do ciclo de vida. A Figura 2 mostra o relacionamento entre os oito pilares fundamentais da TPM.

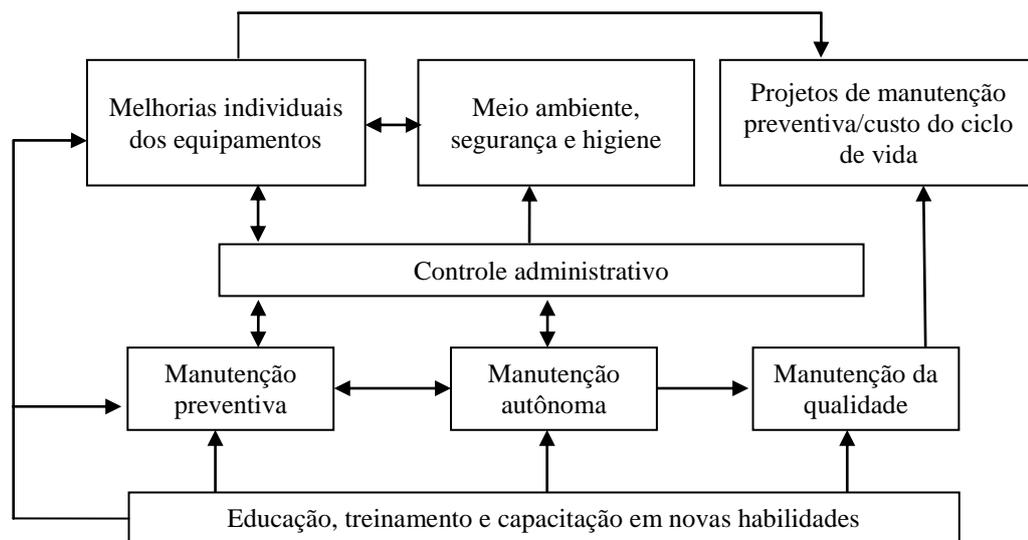


Figura 2 – Implantação da TPM. Fonte: Adaptado de Fuentes (2006)

Observa-se, que para implantar a TPM com sucesso é necessário ter todos os pilares interligados, fazendo um trabalho contínuo, de forma ordenada, passo a passo. Está inserido na cultura da maioria das empresas ocidentais implantarem as partes que lhe interessam dos sistemas escolhidos, não tomando o cuidado de embasar a decisão, que forma a base sustentadora do modelo adotado.

2.3.2.9.1 Dificuldades na implementação da Manutenção Produtiva Total – TPM

A implantação de um programa de manutenção produtiva total não é fácil. Parte da atitude da alta administração da organização, de muito planejamento e de controle das atividades planejadas. A TPM é um programa que, basicamente, trata de mudança de atitudes e de visão das necessidades e da metodologia em gerenciamento da manutenção. Porém, para que isso ocorra é necessário mudar a cultura da empresa, fato extremamente complicado porque existe a tendência de comodismo nas organizações, que muitas vezes não aceitam a mudança, ou acham que o ganho obtido através da manutenção produtiva total é pequeno, pois analisam apenas o aspecto tangível, não mensurando o ganho que os benefícios intangíveis podem trazer para a organização.

Segundo Ahuja e Khamba (2008), o número de empresas que obteve sucesso total na implementação do programa é relativamente pequeno em comparação às que tentaram, cerca de 10%. A TPM não só exige compromisso, mas também estrutura e direção. Alguns dos problemas proeminentes na implementação da TPM incluem a resistência cultural para mudar, implementação parcial de TPM, expectativas muito otimistas, falta de uma rotina bem definida para atingir os objetivos de implementação (efetividade de equipamento), falta de treinamento e educação, falta de comunicação organizacional, e implementação de TPM para conformar a sociedade, ao invés de buscar a manufatura de classe mundial (BECKER, 1993).

Os casos de fracasso mostram, que o insucesso vem da negligência das organizações em etapas de implementação, a falta de conhecimento do verdadeiro potencial do modelo de gestão, falta de consenso da administração, falta de apoio dos operadores e, também, a resistência para mudar. McAdam e Duffner (1996) apontam que um dos fatores de fracasso é a falta de entendimento por parte dos operadores, que em muitos casos pensam que a TPM é implantada apenas para melhorar a eficiência e diminuir o ritmo de trabalho; sendo que não aceitam o aumento de responsabilidade que devem assumir, sendo que alguns ainda pensam que as atividades de manutenção autônoma podem ameaçar o emprego de colegas de trabalho.

Davis (1997), Lawrence (1997) e Mora (2002), citados por Ahuja e Khamba (2008), atribuem que os maiores fatores de fracasso da implantação da TPM são: a falta de habilidade das organizações em tratar seus recursos humanos, a cultura das empresas e das pessoas e a dificuldade em implementar as mudanças necessárias. Também Arca e Prado (2008) reforçam a teoria da dificuldade em obter comprometimento e envolvimento dos participantes do programa.

Para Rodrigues e Hatakeyama (2006), alguns fatores de fracasso da TPM são: falta de tempo para a manutenção autônoma; operadores com cultura de produzir e de não realizar a manutenção; implementação da TPM de forma apressada, omitindo etapas; falta de treinamento pessoal; falta de compromisso dos administradores; corte nos investimentos em manutenção; dentre outros. A TPM é um modelo de gestão que provém das necessidades de mudança, forças externas, além de ser uma mudança organizacional. Para ela ocorrer existe a necessidade de trabalho conjunto entre todos os níveis hierárquicos de forma que todos compreendam a importância desta para a sobrevivência da organização e automaticamente o bem estar de todos os funcionários.

Pode-se afirmar que os principais aspectos que atuam como desencadeadores de mudança nas organizações são a natureza da força de trabalho, a tecnologia, os choques econômicos, a concorrência, as tendências sociais e a política mundial. Em 1997 a *American Productivity Quality Center* (APCQ) pesquisou os processos de mudança organizacional e identificou alguns fatores responsáveis pelo sucesso neste meio. Como a TPM envolve diretamente a mudança de cultura e a quebra de paradigmas é importante salientar que o comprometimento, a participação e atitude dos líderes, a mudança na organização, o envolvimento das pessoas, a autonomia nas ações, a comunicação e o alinhamento das metas para a mudança; são fatores primordiais na obtenção dos resultados esperados quando da implementação da TPM.

2.3.2.9.2 Fatores de sucesso obtidos pela TPM

Ahuja e Khamba (2008) mostram que os principais resultados obtidos com a TPM são a melhoria da produção; aumento na disponibilidade de equipamento, melhoria no desempenho e na qualidade; aumento da confiança no equipamento, e segurança.

A TPM, através do pilar de manutenção preventiva dos equipamentos, auxilia a manter as condições do equipamento. Por isso, um bom programa de manutenção visando à condição, se for aplicado de maneira eficaz, de acordo com Safari e Sadjadi (2010) diminuirá o número de manutenções preventivas desnecessárias, o que aumentará a efetividade das manutenções, aumentando a produtividade do equipamento e diminui as paradas para manutenção por quebras. Para Sachdeva; Kumar e Kumar (2008), o sucesso da TPM é a combinação entre a manutenção preventiva e o envolvimento das pessoas baseado na qualidade total, eliminando as atividades sem valor agregado da manutenção, tendo como principal consequência, a redução dos custos da manutenção.

As contribuições da TPM vão além da manutenção de máquinas e equipamentos. Por se tratar de um modelo de gestão, a TPM planeja estrategicamente as ações de todos os setores envolvidos no processo da empresa, englobando compras, controle de qualidade, manufatura, recursos humanos, contabilidade e outros. Assim, segundo Ahuja e Khamba (2008) as contribuições da TPM são percebidas em seis categorias: produtividade, qualidade, entrega, moral, segurança e custos. Além disso, Ahuja e Kumar (2009) exaltam que a TPM pode trazer benefícios intangíveis para as organizações que obtenham sucesso na implantação, como a melhoria contínua das habilidades e conhecimento das pessoas, aumentando a satisfação e a motivação das pessoas, que tem maior responsabilidade e autoridade sobre os processos sobre seu controle; onde se percebe a melhoria na qualidade de vida, redução de absenteísmo e maior comunicação no ambiente de trabalho. Também, Ahuja e Khamba (2008) salientam contribuições intangíveis atribuídas à TPM, como a mudança de atitude dos operadores, além do compartilhamento de conhecimentos e experiências.

2.3.2.10 Manutenção centrada na confiabilidade

Um dos métodos de manutenção mais reconhecidos atualmente pela eficiência no tratamento das questões de manutenção é a manutenção centrada na confiabilidade. Este programa reúne diferentes técnicas de manutenção para garantir a função específica de cada equipamento. A eficácia do método baseia-se em alguns pilares, como a ampla participação dos engenheiros, técnicos e operadores; análise das falhas e suas consequências; busca de proatividade e combate às falhas escondidas (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

2.4 Gestão da manutenção como fator para melhoria no desempenho dos processos

Para o desenvolvimento de uma estratégia de manutenção Eti; Ogaji e Probert (2006) apontam três passos básicos: formular um plano do que necessita ser realizado para cada componente; adquirir os recursos humanos e materiais; e, por fim, implementar a estratégia.

Moayed e Shell (2009) mostram a relação entre todos os setores de um processo de manufatura, identificando os seus limites de atuação. Dividem este limite em três: suporte à produção, negócios e ambiente. O setor de manutenção é classificado como sendo de suporte à produção. Silva; Cabrita e Matias (2008) enfatizam a importância da manutenção na obtenção de bons resultados de eficiência na manufatura. Para esses autores a motivação

inerente para práticas de novas técnicas e modelos de gerenciamento da manutenção está no uso de *Key Performance Indicators* – KPIs para o setor de manutenção.

Segundo Ahrén e Parida (2009), medir o desempenho da manutenção é fator estratégico para as empresas. Só se alcançam as melhorias desejadas a partir do processo de controle. Como em todas as áreas das empresas, a medição de desempenho tem por objetivo a busca da melhoria contínua. Na manutenção este objetivo não pode ser diferente.

Ahrén e Parida (2009) salientam que os indicadores de manutenção são importantes para verificar onde se encontram as fragilidades da manutenção. Também salientam que estes indicadores são internos à organização e que deve estar bem definidos, divulgados e padronizados, para que todos os envolvidos interpretem com a mesma objetividade.

Os indicadores de desempenho da manutenção são utilizados quando se quer avaliar a influência do processo manutenção no desempenho da manufatura. Na avaliação do desempenho da manufatura relacionam-se a produtividade, a disponibilidade, a qualidade e o uso da capacidade. A identificação de quais serão os indicadores de manutenção a adotar será tomada com base na estratégia da organização, alinhando-se aos objetivos e metas propostos em seu planejamento (PARIDA, 2007).

Para Parida e Kumar (2006), medir o desempenho da manutenção possui alguns objetivos básicos, como: medir o valor criado pela manutenção, justificar o investimento da empresa em manutenção, planejar investimento em melhorias, realizar as melhorias relacionadas à saúde, segurança e meio-ambiente no trabalho. Além destes objetivos básicos, é através da medição do desempenho da manutenção que será levantada a necessidade de mudança do modelo ou estratégia de manutenção utilizada pelas organizações.

Como modelo para gestão da manutenção, pode-se apresentar o modelo proposto por Márquez et al. (2009) e apresentado na Figura 3. É um modelo composto por oito blocos sequenciais. Os três primeiros blocos avaliam a efetividade da manutenção, o quarto e quinto asseguram a eficiência da manutenção; enquanto que o sexto e sétimo blocos tratam do ciclo de vida dos equipamentos e o oitavo bloco busca a melhoria contínua.

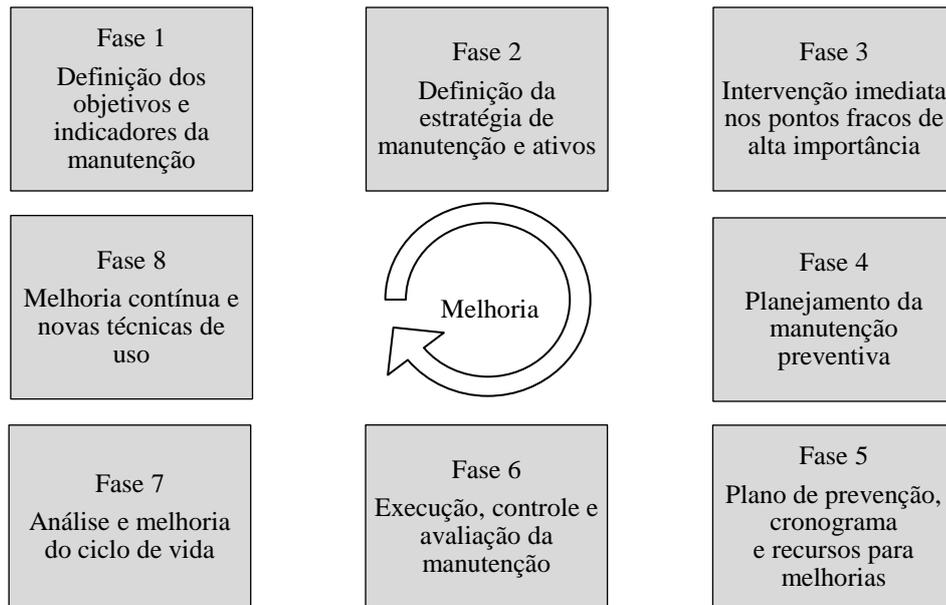


Figura 3 – Modelo de gestão da manutenção. Fonte: Márquez et al. (2009)

2.4.1 Sistemas de medição e avaliação de desempenho

Com a crescente integração das ações de manufatura nas empresas, as organizações necessitam gerenciar os processos de forma ampla, baseando-se em indicadores e metas. Para tanto, existem vários meios de avaliar o desempenho de uma organização. Para Müller *apud* Sellitto e Walter (2006), os sistemas de medição de desempenho mais conhecidos estão divididos em quatro classes: modelos com ênfase financeira; modelos clássicos, tais como os propostos pela Gestão da Qualidade Total – TQM; modelos estruturados, tais como os modelos propostos pelo *Balanced Scorecard* – BSC; e modelos específicos.

As atividades industriais estão cada vez mais integradas, assim métodos de medição tradicionais devem ser adotados em paralelo a métodos que avaliem a utilização total da capacidade produtiva e de custos da empresa. Para Moraes e Mariano (2010), dentre os sistemas de avaliação de desempenho adotados pelas empresas, um que tem obtido destaque é o *Balanced Scorecard* – BSC, que deve ser tratado, não apenas como um sistema de medição, mas também, como um modelo de aprendizado e melhoria.

Com isso, pode-se dizer que há diversos métodos de medição do desempenho de manufatura. Para Anvari; Edwards e Starr (2010), um dos métodos mais eficazes para realizar esta medição é o *Overall Equipment Effectiveness* – OEE, método que atende as necessidades da manutenção produtiva total e do *lean manufacturing*. Em relação aos sistemas de medição de desempenho da manutenção, Reis; Costa e Almeida (2009) apontam diversos aspectos que

podem ser considerados, tais como: manutenção preventiva e preditiva; estratégias de manutenção; e o desempenho de manutenção.

Cada vez mais a competitividade toma conta do ambiente organizacional. Seja na disputa de mercados já existentes, com guerra de preços e redução de prazos de entrega; seja na facilidade de acesso à aquisição de novas tecnologias. Os indicadores do desempenho baseiam-se em um dos tipos de modelo de gestão, que segundo Müller apud Sellitto e Walter (2006) possui quatro classes: modelos financeiros; modelos clássicos, como o gerenciamento total da qualidade; modelos específicos; e, modelos estruturados, sendo um dos mais utilizado o *Balanced Scorecard*. Moraes e Mariano (2010) destacam que o *Balanced Scorecard* – BSC deve ser tratado como um sistema de aprendizado e melhoria, e não simplesmente como um sistema de controle.

Avaliar o desempenho dos processos organizacionais tem sido uma importante ferramenta para controle, melhoria e avaliação do atendimento às necessidades dos clientes, sejam estes internos ou externos. Ahrén e Parida (2009) salientam que o gerenciamento de processos busca a integração de todos os setores da empresa, trabalhando para garantir a flexibilidade necessária para alcançar o resultado planejado. Assim, pode-se relacionar a importância da manutenção para garantir a competitividade produtiva necessária para as organizações. Essa importância também existe porque a manutenção é um serviço de apoio ao setor de manufatura, responsável por todo o suporte baseado em condições e confiabilidade que os equipamentos necessitam para responder às expectativas e planos de fabricação (MOAYED e SHELL, 2009).

2.4.2 Indicadores de manutenção

Os indicadores da manutenção podem ser divididos em dois tipos: indicadores do processo principal de manutenção e indicadores do resultado da manutenção (MUCHIRI et al., 2010). Para esses autores, o primeiro tipo – indicadores do processo principal de manutenção – avalia se as tarefas estão sendo realizadas adequadamente e, se os resultados posteriores são obtidos. Para se verificar estes objetivos se avaliam a identificação do trabalho, o planejamento das atividades de manutenção, a programação e a execução das tarefas. O segundo tipo – indicadores do resultado – trata basicamente da disponibilidade do equipamento para produção, da confiabilidade e das condições de operação dos mesmos.

Um dos métodos de medição mais eficazes é o OEE, alguns indicadores de manutenção apontados por Muchiri et al. (2010), alinhados com a métrica do OEE são apresentados na Figura 4.

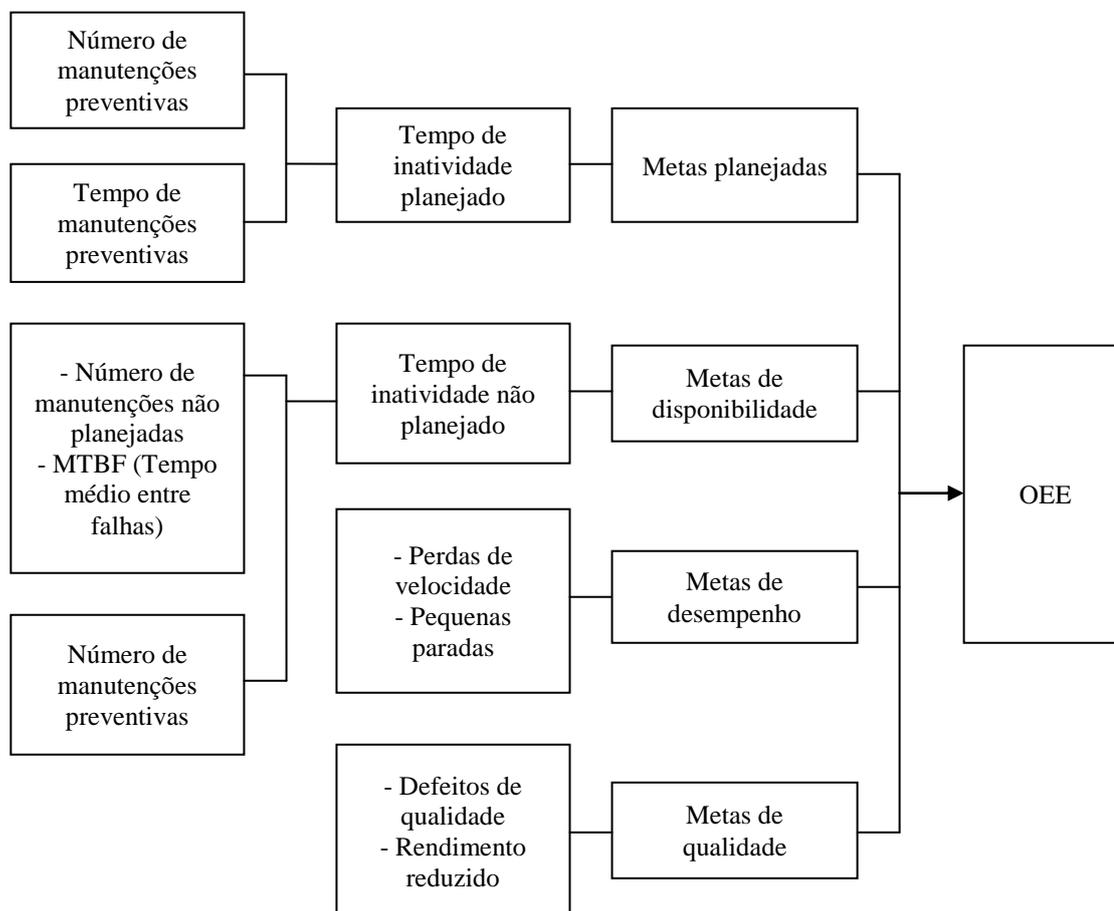


Figura 4 – Indicadores de desempenho da manutenção na métrica do OEE. Fonte: Muchiri et al. (2010)

2.5 Situação da manutenção no Brasil

Bienalmente, a Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN divulga os dados da pesquisa que realiza em empresas de todos os setores de atuação. Nessa pesquisa são avaliados número de pessoas e escolaridade dos envolvidos na manutenção; os indicadores mais utilizados; a contratação de serviços terceirizados e outros dados importantes para avaliar o nível da gestão da manutenção no Brasil. A última edição da pesquisa foi divulgada em 2009, de onde os dados apresentados a seguir foram retirados.

2.5.1 Número de empregados no setor de manutenção

O Quadro 2 mostra a porcentagem de trabalhadores próprios no setor de manutenção das empresas pesquisadas. No ano de 2009 este percentual chegou a 26,31% do total de funcionários das empresas alocados no setor de manutenção.

Ano	Número de funcionários nas empresas		
	Total – T	Manutenção - M	M/T
2009	111591	29355	26,31%
2007	163146	37921	23,24%
2005	108784	23651	21,74%
2003	109794	31504	28,69%
2001	159454	33015	20,71%
1999	133650	26257	19,65%
1997	154250	30750	19,94%
1995	320650	67375	21,01%

Quadro 2 – Número de funcionários no setor de manutenção. Fonte: ABRAMAN (2009)

Este aumento no percentual pode ser explicado pela maior necessidade de melhorar a ocupação dos equipamentos de produção e pela crescente exigência do mercado em atendimento aos prazos pelos clientes. Além disso a falta de profissionais no mercado trouxe uma maior valorização dos profissionais desse setor, o que elevou a rotatividade de profissionais, em busca de melhores oportunidades salariais e de crescimento. Essa rotatividade é apresentada no Quadro 3.

Rotatividade anual na manutenção	
Ano	% média
2009	3,70
2007	2,39
2005	1,98
2003	2,32
2001	2,46
1999	2,45
1997	2,22
1995	2,75

Quadro 3 – Rotatividade do pessoal de manutenção. Fonte: ABRAMAN (2009)

2.5.2 Investimentos em manutenção

Em relação aos custos de manutenção, as empresas têm mantido um percentual regular no decorrer dos anos pesquisados, sendo que em 2009 houve um maior investimento em relação ao faturamento bruto, com um índice de 4,14%. Isso é mostrado no Quadro 4.

Ano	Custo da manutenção / Faturamento Bruto (%)
2009	4,14
2007	3,89
2005	4,10
2003	4,27
2001	4,47
1999	3,56
1997	4,39
1995	4,26

Quadro 4 – Custo da manutenção em relação ao faturamento bruto. Fonte: ABRAMAN (2009)

O aumento no investimento em manutenção pode ser avaliado pelo fato de as empresas terem sua ocupação produtiva aumentadas ao final de 2009, mas também devido ao primeiro semestre do ano ter apresentado uma produção abaixo da capacidade, influência da crise financeira iniciada no final do ano de 2008. Assim, a relação entre os gastos na manutenção e faturamento aumenta, pois se aproveita o período de baixa produção para se realizar as manutenções e melhorias necessárias ao processo. Estes percentuais são os valores médios, visto que determinadas atividades da indústria exigem investimentos maiores em manutenção em relação ao faturamento, como por exemplo as empresas de transporte.

Também, em relação à composição dos custos da manutenção, existe uma regularidade nos gastos. Os principais custos do setor são os gastos com pessoal, com materiais necessários para a realização das intervenções de manutenção e com terceirização de serviços. Estes dados são apresentados no Quadro 5.

Ano	Composição dos custos de manutenção (%)			
	Pessoal	Material	Terceirização	Outros
2009	31,09	33,43	27,27	8,21
2007	32,35	30,52	27,20	9,93
2005	32,53	33,13	24,84	9,50
2003	33,97	31,86	25,31	8,86
2001	34,41	29,36	26,57	9,66
1999	36,07	31,44	23,68	8,81
1997	38,13	31,10	20,28	10,49
1995	35,46	33,92	21,57	9,05

Quadro 5 – Composição dos custos de manutenção. Fonte: ABRAMAN (2009)

Observa-se que o indicador de gastos com materiais é o que apresentou uma variação mais significativa, crescendo de 30,52% em 2007 para 33,43% em 2009. Os demais indicadores mantêm-se estáveis, mostrando uma tendência na redução dos gastos com pessoal, indicadores que apresenta decréscimo desde o ano de 1997.

Um indicador que apresenta uma tendência de crescimento é a contratação de serviços terceirizados. Este dado pode ser verificado no Quadro 6, que mostra a tendência de contratação destes serviços pelas empresas.

Ano	Tendência na contratação de serviços externos (%)		
	Aumentar	Manter	Diminuir
2009	41,46	37,40	21,14
2007	34,81	50,63	14,56
2005	42,37	45,77	11,86
2003	44,44	49,21	6,35
2001	51,77	41,14	7,09
1999	46,43	45,53	8,04
1997	64,10	28,21	7,69
1995	66,49	27,32	6,19

Quadro 6 – Tendência na contratação de serviços externos. Fonte: ABRAMAN (2009)

Uma das possíveis leituras deste fato é a dificuldade em contratação de mão-de-obra especializada para determinadas atividades da manutenção. Assim, as organizações buscam a contratação de serviços necessários em empresas especializadas.

2.5.3 Tipos de manutenção adotados

Em relação ao método de manutenção utilizado, ainda pode-se observar que a manutenção corretiva e a preventiva ocupam a maior parte das empresas. A aplicação de recursos na manutenção, em horas de serviços de manutenção em relação ao tempo total de trabalho é apresentada no Quadro 7.

Ano	Aplicação dos recursos na manutenção (%)			
	Corretiva	Preventiva	Preditiva	Outros
2009	29,85	38,73	13,74	17,68
2007	25,61	38,78	17,09	18,51
2005	32,11	39,03	16,48	12,38
2003	29,98	35,49	17,76	16,77
2001	28,05	35,67	18,87	17,41
1999	27,85	35,84	17,17	19,14
1997	25,53	28,75	18,54	27,18
1995	32,80	35,00	18,64	13,56

Quadro 7 – Aplicação dos recursos na manutenção. Fonte: ABRAMAN (2009)

Um dado preocupante é o aumento da porcentagem da manutenção corretiva e a redução da participação da manutenção preventiva e preditiva. Este tipo de manutenção é o de maior custo para as empresas e pode estar relacionado, também, ao fato de haver maior custo da manutenção em relação ao faturamento, mostrado no Quadro 3.

2.5.4 Indicadores de manutenção utilizados

Os principais indicadores adotados são mostrados no Quadro 8. Dentre os indicadores reconhecidos internacionalmente, os mais citados são disponibilidade, Tempo Médio Entre Falhas – TMEF, Tempo Médio Para Reparos – PMPR e custos. Outros indicadores também são medidos, como: retrabalho, satisfação do cliente, *backlog* – que segundo Branco Filho (2006) é o tempo necessário para realizar todas as manutenções pendentes, se não houver maior demanda de manutenções.

Dentre os principais indicadores de desempenho adotados pelas empresas pesquisadas, pode-se verificar que atualmente o mais importante é a disponibilidade operacional, que em 2009 ultrapassou o tradicional “líder” destes indicadores – custos – muito pela necessidade das empresas em atender a seus clientes nos prazos determinados.

Principais indicadores de desempenho utilizados (Grau de Importância – GI)									GI
Tipo	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2009
Custos	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96	20,33	18,98	2
Frequência de falhas	17,54	12,20	14,24	16,22	11,66	12,17	9,75	9,81	6
Satisfação do cliente	13,91	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11	8,93	9,38	7
Disponibilidade	25,20	24,70	22,60	23,24	19,58	19,81	18,51	20,68	1
Retrabalho	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68	3,97	5,33	8
Backlog	8,07	6,55	8,98	10,41	9,32	6,92	11,57	10,02	5
Não usam	-	2,09	2,79	1,22	1,63	0,72	0,33	1,07	9
TMEF	-	-	-	-	11,89	11,69	14,21	12,79	3
TMPR	-	-	-	-	9,56	11,46	11,74	11,94	4
Outros indicadores	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48	0,66	0,00	10

Quadro 8 – Indicadores de manutenção. Fonte: ABRAMAN (2009)

Além destes indicadores, alguns apontados em literaturas especializadas como sendo os mais importantes para avaliar o desempenho da manutenção; outros dois indicadores também são bastante adotados nas empresas pesquisadas pela ABRAMAN. Um deles é a análise do valor do estoque em relação ao custo total da manutenção e o segundo é a rotatividade do estoque da manutenção. Estes dados são apresentados no Quadro 9.

Estoque							
Índices	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009
Valor do estoque / Custo total da manutenção (%)	16,00	13,00	11,95	11,48	14,02	13,11	13,11
Rotatividade do estoque (meses)	5	4	4	4	4	5	5

Quadro 9 – Índices relacionados a estoques. Fonte: ABRAMAN (2009)

Este indicador manteve-se estável nas duas últimas pesquisas realizadas. Vê-se uma redução no valor do estoque, em parte pela parceria que as empresas estão desenvolvendo com seus fornecedores e pela programação das entregas de peças baseadas nas datas das manutenções preventivas.

2.5.5 Disponibilidade operacional

Os dados da disponibilidade operacional e da indisponibilidade para a realização de manutenções são apresentados no Quadro 10.

Indicadores de disponibilidade operacional (%)							
Índices	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009
Disponibilidade operacional	85,82	89,30	91,36	89,48	88,20	90,82	90,27
Indisponibilidade devido à manutenção	4,74	5,63	5,15	5,82	5,80	5,30	5,43

Quadro 10 – Indicadores de disponibilidade operacional. Fonte: ABRAMAN (2009)

Percebe-se uma melhoria no índice da disponibilidade operacional, reflexo da maior atenção dispensada à manutenção e à necessidade de manter os equipamentos disponíveis a maior parte do tempo, devido à flexibilidade da demanda e a crescente exigência por cumprimento de prazos de entrega, cada vez mais curtos.

2.5.6 Treinamento para pessoal de manutenção

Buscando a melhoria contínua de seus processos, inclusive na manutenção, um dos indicadores bastante analisados atualmente é a qualificação da mão-de-obra. O indicador de horas de treinamento em relação às horas disponíveis para manutenção é apresentado no Quadro 11.

Horas treinamento / horas disponíveis para manutenção (%)	
Ano	%
2009	3,10
2007	3,43
2005	3,35
2003	2,89
2001	3,30
1999	2,94
1997	3,50
1995	3,04

Quadro 11 – Horas de treinamento para a manutenção. Fonte: ABRAMAN (2009)

O indicador mantém-se estável, nas últimas três pesquisas. Este índice é bastante importante, pois mede o investimento em qualificação, fator que pode ser importante para a melhoria na qualidade dos serviços e na redução da rotatividade do pessoal de manutenção.

2.5.7 Idade média dos equipamentos

A idade média dos equipamentos em uso nas empresas pesquisadas é apresentada no Quadro 12. Para realizar o levantamento, foram especificadas cinco faixas-etárias, onde se observa uma concentração nas faixas centrais, entre seis e quarenta anos.

Nas faixas extremas, onde estão os equipamentos novos e os mais velhos, há uma redução no índice, mas observa-se um aumento no número de equipamentos novos, evidenciando a modernização do parque de máquinas da indústria brasileira.

Ano	Idade média dos equipamentos (%)					Idade média em anos
	0 a 5 anos	6 a 10 anos	11 a 20 anos	21 a 40 anos	Acima de 40 anos	
2009	10,65	27,05	34,43	22,95	4,92	16,73
2007	10,32	23,87	33,55	31,61	0,65	17,27
2005	4,50	26,13	45,05	20,72	3,60	16,95
2003	13,49	21,43	37,30	26,98	0,79	16,38
2001	7,75	16,90	45,07	28,17	2,11	17,97
1999	6,90	21,55	50,86	20,69	0,00	15,96
1997	6,96	22,61	53,04	17,39	0,00	15,51
1995	6,77	21,88	50,52	19,79	1,04	16,20

Quadro 12 – Idade média dos equipamentos. Fonte: ABRAMAN (2009)

Pelos dados apresentados, pode-se verificar uma pequena variação na idade média dos equipamentos e instalações industriais, fato que pode ser avaliado pelo aumento nos equipamentos com idade acima de 40 anos, de 0,65% para 4,92%.

2.6 Desdobramento da Função Qualidade – QFD

O QFD é uma técnica de desenvolvimento de produto e uma comprovada metodologia para alcançar a satisfação do cliente. Pode ser aplicada para o desenvolvimento de educação e de formação (ERMER, 1995; ZAIRI, 1995 apud CHAN; TAYLOR e IP, 2009). A ideia central do QFD é estabelecer o controle necessário antes do início de produção para que a qualidade do produto possa ser assegurada na fase de planejamento (CHAN;

TAYLOR e IP, 2009). Utne (2009) descreve o processo de construção do QFD, como envolvendo a construção de uma ou mais matrizes interligando as prioridades da organização e as necessidades dos clientes. Estas matrizes são chamadas de “casa da qualidade”.

Algumas pesquisas utilizando o QFD em atividades diferentes dos tradicionais desenvolvimentos de produtos estão sendo apresentadas. Melo Filho; Brunelli e Cheng (2010) destacam os trabalhos de Chakraborty e Dey (2007) e de Almannai et al. (2008).

O QFD pode trazer vários benefícios para as organizações. Mehrjerdi (2010) aponta alguns: ajuda na tomada de decisões entre as demandas de clientes e o que o fornecedor pode oferecer; auxilia a melhoria do trabalho em equipe entre engenheiros e o restante do departamento; pode aumentar a satisfação do cliente; pode reduzir o tempo de resposta ao cliente.

2.6.1 QFD na gestão da manutenção

Macchi e Garetti (2006) apontam diferenças significativas na seleção da política de manutenção ideal. Estas diferenças se fazem em função do tipo de decisão tomada: com base no nível do equipamento ou pela análise sistêmica do processo produtivo. Para Carnero e Delgado (2008), se forem obtidos resultados ineficientes para a manutenção realizada, deve-se realizar uma lista de possíveis melhorias que poderão ser aplicadas pela organização para obter a eficiência desejada. Em qualquer caso, é necessário definir uma nova forma de acompanhamento do desempenho da manutenção. Muchiri et al. (2010) salienta a importância da escolha da estratégia de manutenção. Também, a estratégia deve considerar as condições de projeto do equipamento, as quais não podem ser excedidas, com pena de geração de problemas operacionais. Com estes cuidados, segundo Mehdi; Nidhal e Anis (2010), as condições de qualidade de produto e flexibilidade de produção serão alcançadas. Esturillo e Esturilio (2010) apontam que, devido à necessidade de competitividade, as prioridades das organizações são a flexibilidade, qualidade de produtos e serviços, o tempo para desenvolver novos produtos, preço e a inovação.

A principal meta de uma organização é aumentar o lucro de suas atividades. Segundo Khanlari; Mohammadi e Sohrabi (2008), a gestão e as estratégias de manutenção podem aumentar os lucros de duas maneiras: diminuindo os custos operacionais e aumentando a capacidade produtiva e a disponibilidade operacional. O custo total de manutenção deve ser controlado e depende da qualidade dos equipamentos, a forma como são utilizados e da maneira como a manutenção é gerenciada.

Para que a satisfação seja alcançada é necessário que as organizações sobrevivam gerando lucros para remunerar adequadamente seus funcionários e acionistas, beneficiando socialmente comunidades no entorno da empresa e garantindo que o cliente possa comprar um produto ou serviço com confiança e usufruí-lo satisfatoriamente por um longo período de tempo (CHENG e MELO FILHO, 2007, p. 38).

Considerando a manutenção como um serviço, interno ou externo à organização, o QFD pode ser usado no planejamento das atividades do setor de manutenção, como a limpeza, a lubrificação e as revisões periódicas dos equipamentos. Para Andronikidis et al. (2009) o QFD fornece uma estrutura que auxilia a garantia da qualidade do serviço e a satisfação do cliente

Este capítulo trouxe uma revisão teórica sobre os principais temas necessários para a aplicação prática deste trabalho, abordando o sistema Toyota de produção, os tipos de manutenção, mais especificamente a TPM, a situação da manutenção no Brasil e uma introdução ao QFD. O capítulo seguinte apresentará a metodologia adotada para a condução da pesquisa.

3 METODOLOGIA

O presente capítulo apresenta a metodologia adotada para alcançar os objetivos propostos por este trabalho. Para tanto foi utilizado um processo formal de pesquisa. A metodologia busca identificar e analisar características de vários métodos de pesquisa, para após selecionar a mais adequada para a pesquisa, aplicá-la e facilitar a utilização da mesma em aplicações futuras.

Assim, apresentam-se a delimitação da pesquisa; o método de trabalho seguido, descrevendo as atividades realizadas em cada etapa e as métricas utilizadas para a determinação dos indicadores de desempenho industrial.

3.1 Delimitação da pesquisa

Esse estudo é classificado como um estudo de caso, pois busca realizar uma análise detalhada dos indicadores de desempenho industrial de uma linha de produção na empresa metal-mecânica “Alfa”. O estudo de caso envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de estudo, de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento. Yin (2005) apresenta cinco importantes características de um estudo de caso: as questões do estudo; suas proposições, quando houver; sua unidade de análise; a lógica que une os dados às proposições e os critérios de interpretação das constatações.

O estudo de caso foi, por muito tempo, considerado como procedimento pouco rigoroso e que servia apenas para estudos exploratórios. Atualmente, segundo Yin (2005) é considerado como o meio mais adequado para investigar o comportamento de um fenômeno, onde os limites entre o fenômeno e seu contexto não são claramente percebidos.

A formulação e caracterização correta do problema facilitam a condução da pesquisa, por isso um problema deve ser bem delimitado para que a condução da investigação seja realizada de forma simplificada; caso contrário, um problema abrangente tornará a pesquisa complexa (LAKATOS e MARCONI, 2009). A partir do problema formulado foi utilizada uma pesquisa quantitativa, pois os dados coletados serão os indicadores de desempenho industrial, antes da aplicação do modelo de gestão de manutenção proposto e após a implantação deste modelo. Esse tipo de pesquisa caracteriza-se pela utilização da quantificação tanto na coleta de dados quanto na análise desses por meio de técnicas estatísticas. Ainda, segundo Richardson (1999, p.70), tem “a intenção de garantir a precisão

dos resultados, evitar distorções de análise e interpretação, possibilitando, conseqüentemente, uma margem de segurança quanto às inferências”. Serão avaliados os índices de doze meses antes e oito meses depois, para compará-los e traçar tendências de melhorias dos índices em comparação com as metas propostas pela empresa.

Como a aplicação prática foi realizada em uma das linhas de produção da empresa classifica-se esta pesquisa como indutiva, pois está avaliando a melhoria da competitividade desta, para após as conclusões, generalizar o modelo de gestão da manutenção para todas as linhas de produção da empresa em estudo. O método indutivo parte de dados ou observações particulares para conceber proposições gerais. Ou seja, o método parte de premissas que orientam um raciocínio, para se obter uma conclusão (CERVO, BERVIAN e SILVA, 2007).

3.2 Escolha da linha de produção a ser implantado o modelo de gestão

A empresa estudada possui quatro unidades fabris, estrategicamente instaladas no Brasil. Na unidade escolhida para implantar um projeto piloto sobre gestão da manutenção, possui dezesseis linhas de produção.

Devido à grande diversidade de produtos fabricados na empresa, cada qual em uma linha de produção específica, seria inviável conseguir aplicar o modelo de gestão a todas e avaliar a melhoria no desempenho simultaneamente. A escolha da linha de produção utilizada nesta pesquisa foi realizada pelo método de amostragem dirigida, visto a necessidade de melhoria competitividade desta linha, a partir dos indicadores de desempenho industrial, em função do produto fabricado e da participação deste no mercado; e pela facilidade de acesso aos dados pelo pesquisador.

3.3 Etapas para realização da pesquisa

Para a condução deste trabalho, as etapas foram divididas para facilitar a análise e a aplicação prática das ações propostas, totalizando nove etapas. Isso porque o estudo de caso possibilita flexibilidade no desenvolvimento. Além disso, como se tratou de mudança no modelo de gestão, muitas atividades foram realizadas em diferentes níveis da organização, desde gestores até os operadores dos equipamentos. Para facilitar a visualização das etapas da pesquisa, apresenta-se a Figura 5.

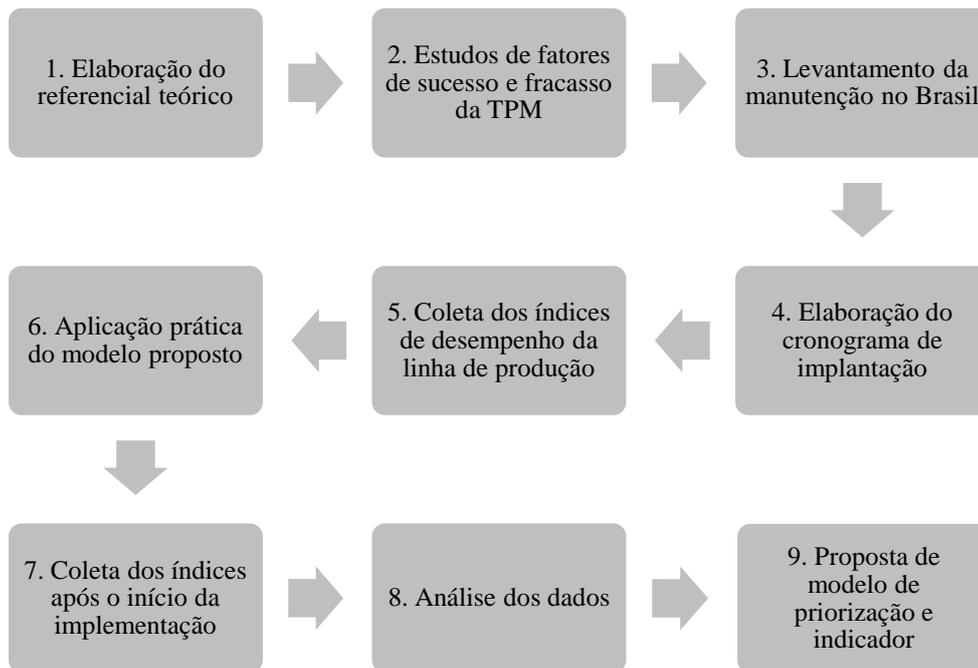


Figura 5 – Etapas da pesquisa

A primeira etapa foi a elaboração do referencial teórico. Geralmente todos os estudos se utilizam da pesquisa bibliográfica, em algum momento, para ilustrar o estágio atual de conhecimento sobre o tema estudado. Este tipo de pesquisa é executado com base em materiais publicados, sejam estes arquivos impressos ou digitalizados (GIL, 2010). Para Cervo, Bervian e Silva (2007), este tipo de pesquisa busca explicar um problema a partir de referencial teórico já publicado, podendo ser realizada como parte ou independente de pesquisas descritivas ou experimentais.

Neste estudo foram priorizados os temas relativos à manutenção, gestão da manutenção e a situação da manutenção no Brasil. Além desses assuntos foi tratado sobre o sistema Toyota de produção, cultura organizacional e QFD.

Com o desenvolvimento do referencial teórico, verificou-se que muitas empresas abandonavam o uso da TPM. Por isso, notou-se a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre casos de sucesso e fatores de fracasso na aplicação deste modelo de gestão da manutenção. A pesquisa sobre esses fatores constituiu a segunda etapa desta pesquisa.

A terceira etapa da pesquisa foi o levantamento da situação da manutenção no Brasil e realizou-se para identificar o comportamento da empresa em relação à gestão da manutenção, comparando investimento, mão-de-obra e outros indicadores utilizados pela ABRAMAN, em pesquisa com empresas de todo o Brasil e divulgadas em 2009.

Como a TPM é uma técnica de gestão criada para aumentar os resultados da empresa, criou-se um cronograma que pode ser aplicado em qualquer linha de produção em todos os setores da empresa, que se constituiu na quarta etapa da pesquisa. O cronograma conta com etapas que iniciam com a criação de um comitê de implementação, passa por treinamentos, trata as etapas da metodologia de Fuentes (2006) e mostrada na Figura 2.

Segundo Silva e Menezes (2001), o instrumento de coleta de dados escolhido deve proporcionar uma interação efetiva entre pesquisador, pesquisado e a pesquisa que está sendo realizada. Para facilitar o processo de tabulação de dados por meio de suportes computacionais, as questões e suas respostas devem ser previamente codificadas. Com esta intenção, desenvolveu-se a quinta etapa da pesquisa, coleta de dados de desempenho industrial. A coleta de dados deve estar relacionada com o problema, a hipótese ou os pressupostos da pesquisa e objetiva obter elementos para que os objetivos propostos na pesquisa possam ser alcançados. Neste estágio se escolhe também as possíveis formas de tabulação e apresentação de dados e os meios (os métodos estatísticos, os instrumentos manuais ou computacionais) que serão usados para facilitar a interpretação e análise dos dados.

A coleta de dados desta pesquisa foi realizada através de fontes de dados disponibilizados pela empresa em forma de formulários de indicadores de desempenho industrial (sucata, retrabalho e eficiência). Os dados coletados referem-se ao período de junho de 2009 a maio de 2010.

Após a elaboração do cronograma e das metas a serem obtidas pelo comitê, foi iniciada a aplicação prática do modelo proposto, sexta etapa da pesquisa. Todos os envolvidos passaram por treinamento e foram informados das ações que estariam sendo tomadas para a melhoria do desempenho da linha de produção. O comitê reuniu-se uma hora, uma vez por semana, para acompanhar as etapas do cronograma e levar a conhecimento de todos, o andamento das atividades e novas ações de melhoria a serem tomadas para que as condições dos equipamentos fossem melhoradas.

Esta prática iniciou em junho de 2010 e permanece até o momento, sendo que a empresa busca, a partir desta metodologia, expandir a aplicação da TPM em outras linhas de produção.

As primeiras ações de melhoria começaram a ser tomadas em junho de 2010. Mesmo sendo um período curto de tempo, quando se trata de manutenção, a coleta de dados após a adoção da TPM foi iniciada em julho de 2010. Para fins deste trabalho, estendeu-se durante oito meses, até fevereiro de 2011. Este período caracteriza a sétima etapa.

Após a coleta de dados, é necessário que esses sejam analisados e interpretados. A análise tem como objetivo sumarizar a apresentação dos dados, fornecendo respostas ao problema da pesquisa. Já a interpretação busca uma maior fundamentação das respostas, relacionando os dados a conhecimentos prévios (GIL, 2010).

A análise dos dados, oitava etapa da pesquisa, foi realizada por comparativos estatísticos do período de doze meses anteriores à aplicação do modelo e de oito meses posteriores ao início da utilização do modelo de gestão. Para tanto foi utilizado o Microsoft Excel®.

Após a análise sobre os resultados da TPM, verificou-se o que poderia ser melhorado no processo de manutenção da empresa. Assim, a nona etapa da pesquisa foi propor um modelo de priorização da manutenção e de novo indicador de desempenho para o setor. Para tanto, aplicou-se uma ferramenta para melhorar a priorização de quais componentes e equipamentos deveriam ser programados para manutenção. A ferramenta escolhida foi o QFD, reconhecida ferramenta em projeto de produto, adaptada para a manutenção, com o auxílio do *software* Casa da Qualidade® versão 1.3.

Para utilizar esta ferramenta na priorização de manutenção, foram colocadas como necessidades do consumidor, todas as características de *output* do processo de produção. Nos itens que relacionam os requisitos de qualidade, foram inseridos os dados relacionados aos subconjuntos de cada equipamento. Com estes dois dados foram avaliados os graus de relacionamento entre as necessidades do cliente e os requisitos de qualidade.

Para realizar a quantificação deste relacionamento, a atribuição de valores para a construção da “casa da qualidade” utilizou os valores apresentados. Para a relação de “o quês x comos”, se adotou como valor 5 para relacionamento forte, 3 para médio e 1 para fraco. Em relação ao relacionamento de “comos x comos”, os valores adotados foram: 5 para relacionamento fortemente positivo, 1 para positivo, -1 para negativo e -5 para fortemente negativo.

Além desses dados, ainda se classificou o “valor do consumidor” do serviço, valor entre zero e noventa e nove, de acordo com a importância que cada requisito de *output* tem para o processo produtivo. Para definir qual o subconjunto deve ser priorizado, usou-se a Equação (1) no cálculo sem o uso do telhado da casa da qualidade.

$$\sum_{i=1}^n vc * gr \quad (1)$$

Onde: vc é o valor do consumidor; e gr é o valor atribuído ao grau de relacionamento entre as necessidades do cliente e os requisitos de qualidade. Com fundamento na análise realizada durante a elaboração do referencial teórico, fica evidente a importância da utilização de uma técnica eficaz para o planejamento da manutenção, para que os itens a serem verificados sejam exatamente os que mais influenciam as características essenciais dos produtos que estão sendo fabricados na linha de produção.

Considerando a reclassificação dos requisitos considerando o telhado da casa da qualidade, usa-se a Equação (2), baseada em Hames et al. (1990) apud Ogliari (1999).

$$\sum_{j=1}^n \frac{p_i * p_j}{p_i + p_j} * gr_{ij} \quad (2)$$

Onde: n = número de requisitos de projeto; j = j -ésimo requisito relacionado com o i -ésimo requisito; p_i = peso do i -ésimo requisito obtido pelo método tradicional; p_j = peso do j -ésimo requisito obtido pelo método tradicional; gr_{ij} = grau de relacionamento entre o i -ésimo requisito e j -ésimo requisito.

Além desse método foi sugerido novo método para avaliar a satisfação dos serviços de manutenção pelos clientes internos.

3.4 Métricas de determinação dos indicadores de desempenho industrial

Os indicadores de desempenho foram analisados utilizando-se as métricas adotadas pela empresa “Alfa”. O primeiro indicador analisado foi a eficiência produtiva. A fórmula para calcular este indicador é mostrada na Equação 3. O indicador é avaliado a cada turno, dia e mensalmente.

$$Eficiência (\%) = \frac{Número\ de\ peças\ fabricadas}{Capacidade\ de\ produção} * 100 \quad (3)$$

Outro indicador de desempenho industrial analisado foi a sucata é calculada a partir da Equação 4.

$$Sucata (\%) = \frac{\Sigma (Peças sucateadas * peso padrão) em cada operação}{Número de peças fabricadas * peso padrão do produto} * 100 \quad (4)$$

O terceiro indicador de desempenho industrial analisado foi o retrabalho, sendo que o cálculo do índice é realizado pela Equação 5.

$$Retrabalho (\%) = \frac{Número de peças retrabalhadas}{Número de peças fabricadas} * 100 \quad (5)$$

Este capítulo trouxe conhecimento teórico sobre a metodologia científica das pesquisas. Além disso detalhou com qual corrente o trabalho enquadra-se; qual o seu alcance; classifica-o em relação à utilização da pesquisa, quanto à natureza, objetivos e técnicas; apresenta o problema e como foi escolhida a linha de produção onde os dados foram coletados.

O capítulo seguinte apresentará as condições iniciais de desempenho industrial da linha de produção estudada e os resultados e discussões obtidos após a implantação do modelo de gestão da manutenção proposto.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os principais dados elaborados e coletados durante a realização deste trabalho, bem como a análise e discussão dos mesmos

4.1 Cronograma de implantação e análise dos dados de treinamento para implantação da TPM – pilar “Educação, treinamento e capacitação em novas habilidades”

Conhecendo-se as dificuldades de implantar a TPM como modelo de gestão, tomou-se o cuidado de iniciar a implantação pelo pilar “Educação, treinamento e capacitação em novas habilidades”. Para contemplar este pilar, uma das primeiras atividades após a decisão de implantar este modelo de gestão foi a realização de treinamento básico inicial para todos os envolvidos na implantação. Além disso, durante toda a implantação do modelo de gestão foram realizados treinamentos para o grupo multidisciplinar e operadores, com o objetivo de reciclar os conhecimentos e ampliar a participação e envolvimento de todas as pessoas. O cronograma de implantação disposto no Quadro 13 deve ser seguido, com momentos de atividades exclusivas e em outros, atividades em paralelo dificultando a execução, sendo necessário o gerenciamento do plano para obtenção dos resultados esperados.

ETAPAS	MÊS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Constituição do Comitê de Implantação	x														
Elaboração do Plano de Ações	x														
Melhorias específicas	x	x													
Treinamento básico para a TPM	x	x	x												
Estabelecimento de método de acompanhamento		x													
Mapeamento das melhorias específicas		x													
Adoção do programa 5 S		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x	X
Preparação de padrões de manutenção autônoma			x	x											
Limpeza inicial			x	x	x										
Implementação das melhorias				x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x	X
Tomada de ações contra recorrência				x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x	X
Medidas contra deteriorações forçadas					x										
Confirmação dos resultados					x										
Treinamento para inspeção e manutenção autônoma					x	x	x								
Inspeção autônoma					x	x	x	x	x	x	x	x	X	x	X
Aplicação do controle autônomo pleno					x	x	x	x	x	x	x	x	X	x	X
Avaliação inicial do sistema											x				
Ações corretivas no sistema												x			
Acompanhamento dos planos de ação													X	x	
Auditoria do sistema completo															X

Quadro 13 – Cronograma para implantação da TPM

A empresa analisada preveniu-se em relação aos fatores de fracasso apontados pela literatura. Possui sistema de administração participativo desde a década de 1990; o programa de treinamento é amplo, onde cada colaborador necessita ser capacitado durante 40 horas/ano, no mínimo; as precauções para a implantação do programa foram tomadas, com escolha da linha de produção piloto, onde a direção da empresa reuniu os componentes da equipe para salientar a importância da participação, comprometimento e envolvimento de todos na implantação da TPM. Ainda assim muitas dificuldades foram encontradas nos primeiros meses da implantação, impedindo o alcance dos indicadores de desempenho do processo.

Mesmo com um sistema de treinamento desenvolvido e conhecido pelas pessoas, após a composição do grupo responsável pela implantação da TPM, o qual planejou as atividades, o passo seguinte ocorreu com a realização de treinamento básico para que todos os envolvidos no programa estivessem familiarizados e soubessem do que se trata, quais os objetivos, benefícios e que mudanças a TPM traz para quem a aplica com eficácia.

Por isso, os dados de participação no treinamento foram tão importantes, e analisados com a finalidade de identificar resistência interna dos participantes, que segundo Arca e Prado (2008) que é um dos principais fatores de insucesso.

Do setor tomado como projeto piloto para a implantação do programa TPM foram convocados a participar do treinamento básico no sistema TPM, noventa e um colaboradores, dos quais apenas setenta e três se fizeram presentes. O percentual de participantes e ausentes é mostrado na Figura 6.

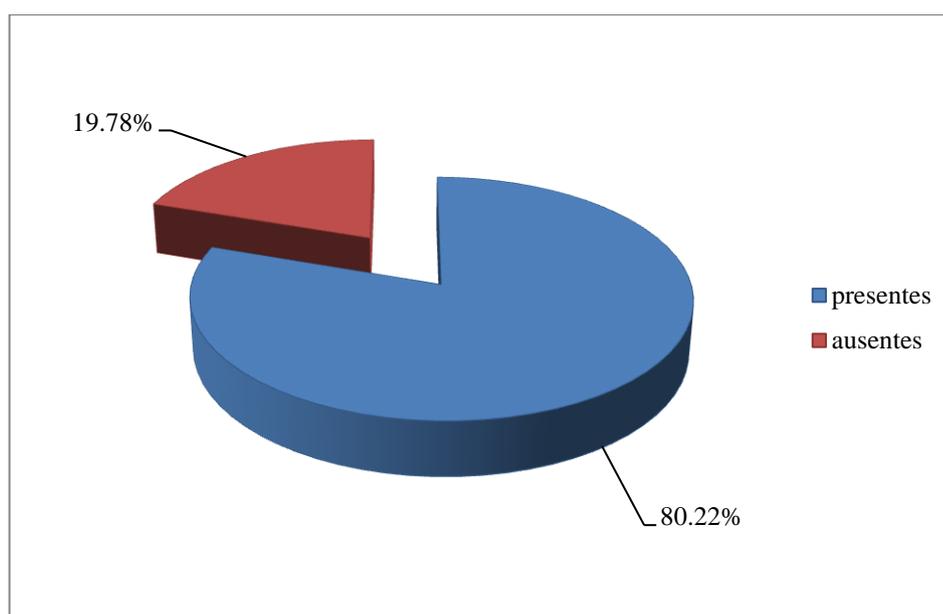


Figura 6 – Porcentagem de participante no treinamento básico de TPM

Da mesma forma foi analisado o perfil dos noventa e um convocados, dividindo-se por tempo de trabalho na empresa, onde se separou o grupo em categorias de 0 a 2 anos de empresa; 2 a 5 anos; 5 a 10 anos e mais de 10 anos de empresa. Com esta divisão, o percentual de convocados por cada faixa de tempo é mostrado na Figura 7.

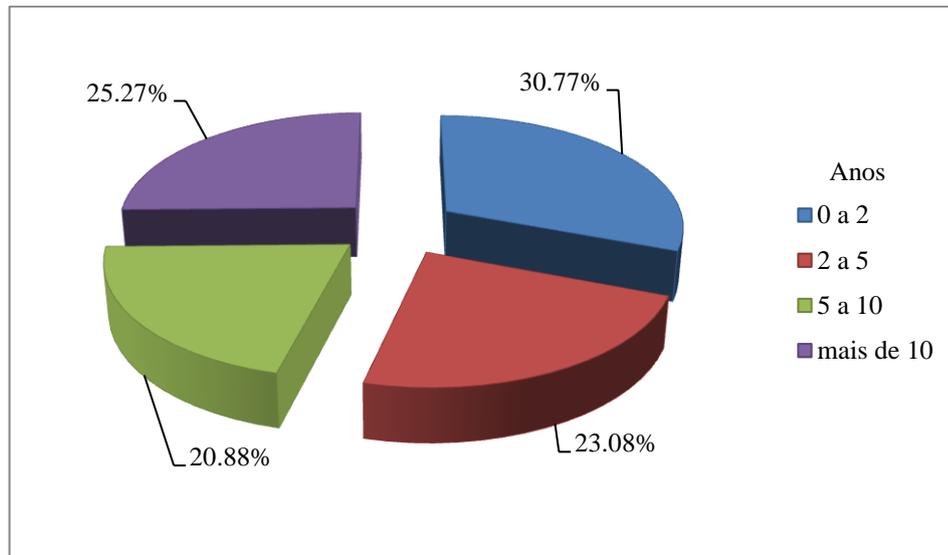


Figura 7 – Tempo de empresa dos convocados para o treinamento

É importante reforçar a política de relacionamento de longo prazo da empresa para com seus colaboradores, o que se vê pelo índice de 25,27% da equipe selecionada ter mais de dez anos na empresa. Apesar disso, se vê também que a maioria está com tempo de empresa de 0 a 5 anos, fato ocorrido pelo crescimento que a empresa obteve nos três últimos anos.

Apesar disso, pode-se ver na Figura 8 que o maior percentual de participantes em relação ao número de convocados ocorre com os colaboradores com menos tempo de empresa, muito em função da política da empresa em estimular a participação nos treinamentos como elemento cumulativo na pontuação da Avaliação Individual de Desempenho, bem como na pontuação do plano de evolução e crescimento na empresa. Observa-se, também, que o grupo tomado pela faixa de 5 a 10 anos de empresa, além de ser o de menor número de participantes convocados para o treinamento, foi o grupo que apresentou menor índice de participação, apenas 47,37% dos convocados compareceram, no mínimo em uma das cinco atividades propostas.

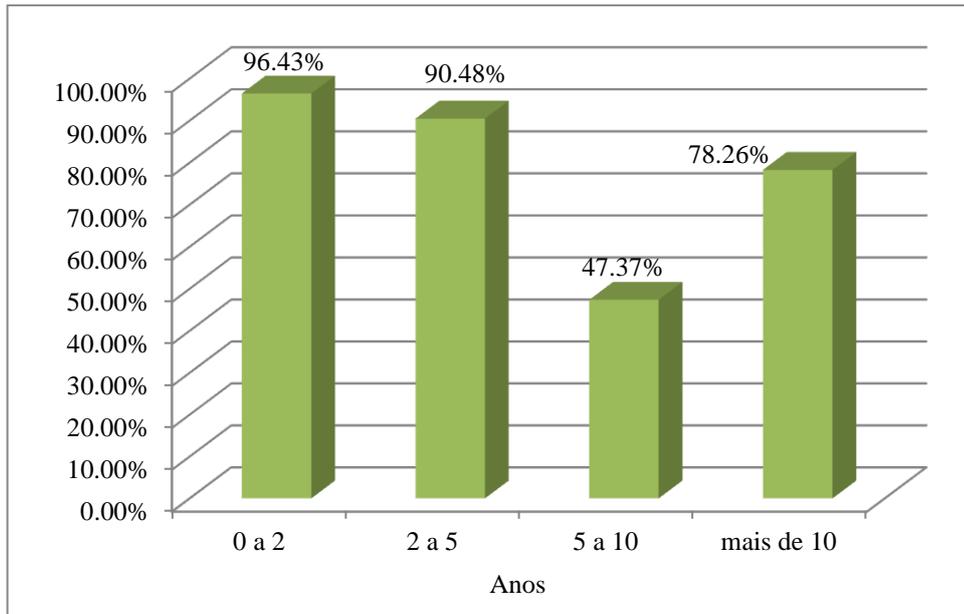


Figura 8 – Índice de participação por tempo de empresa

Dentre os participantes do treinamento, também foram analisados o percentual de participação nas atividades propostas. Tendo as mesmas sido realizadas em cinco etapas, dividiu-se a análise em percentuais de participação de 20, 40, 60, 80 e 100%. Esta análise apresentou um número satisfatório de participação, onde 79,45% dos participantes lograram mais de 60% de participação, índice mínimo exigido pela empresa. Estes dados são visualizados na Figura 9.

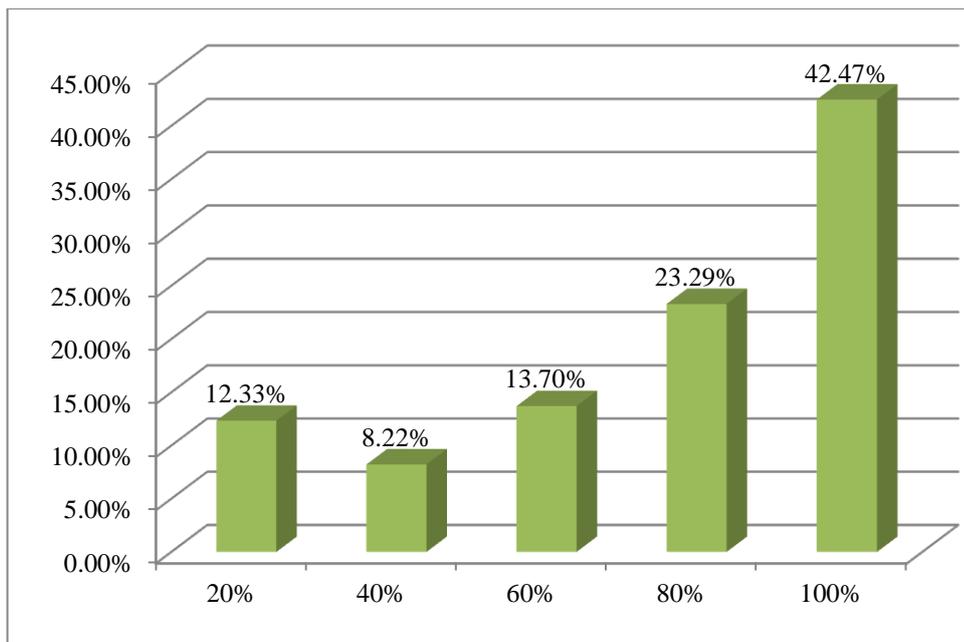


Figura 9 – Percentagem de participantes por percentual de presença

Para se identificar qual o grupo por faixa etária na empresa que teve maior participação, buscando identificar qual o grupo está apresentando mais dificuldade na mudança na forma de trabalhar ou oferecendo a maior resistência ao programa, construiu-se o quadro abaixo, onde se analisaram os dados percentuais de cada grupo, separando-se o número de participante de cada um dos grupos e comparando-se com a participação efetiva em cada uma das cinco atividades previstas. Os dados obtidos encontram-se no quadro 14.

	Porcentagem de participação nas atividades				
	20%	40%	60%	80%	100%
Tempo de empresa					
0 a 2 anos	11,11%	0,00%	30,00%	29,41%	58,06%
2 a 5 anos	44,44%	50,00%	40,00%	29,41%	9,68%
5 a 10 anos	22,22%	0,00%	20,00%	11,76%	9,68%
Mais de 10 anos	22,22%	50,00%	10,00%	29,41%	22,58%

Quadro 14 – Percentual de participação nas atividades por tempo de empresa

Com base nos dados apresentados no quadro identifica-se que os grupos com maior comprometimento e envolvimento na atividade de implantação da TPM são os colaboradores com 0 a 2 anos de empresa, onde 87,47% participaram em, no mínimo 80% das atividades; e o grupo de pessoas com mais de 10 anos de empresa, com 51,99% de participação no mesmo percentual de atividades. Novamente, o destaque negativo fica com os integrantes da faixa entre cinco e dez anos de empresa, onde apenas 21,44% participaram de, no mínimo, 80% das atividades.

4.2 Fluxograma do processo produtivo da linha de produção estudada

Para ilustrar a linha de produção inicia-se este item mostrando o fluxograma do processo, Figura 10, identificando cada etapa pela letra “P”. Logo no início da fabricação, após o primeiro processo há uma inspeção dimensional e visual do componente fabricado, caso não seja aprovado em uma das inspeções, o componente é sucateado, pois pode prejudicar o andamento do processo ou causar problemas de qualidade final ao produto. O processo “P2”, depende, além da regulagem do equipamento, de um dimensional correto recebido do processo anterior. Se as variáveis estiverem controladas, este ocorre com normalidade. Já o “P3” é um processo simples, mas que necessita acompanhamento mais específico, sendo então realizado pela equipe de apoio de controle de qualidade. O processo

“P4” possui três operações distintas realizadas de forma automática, com acompanhamento de um operador.

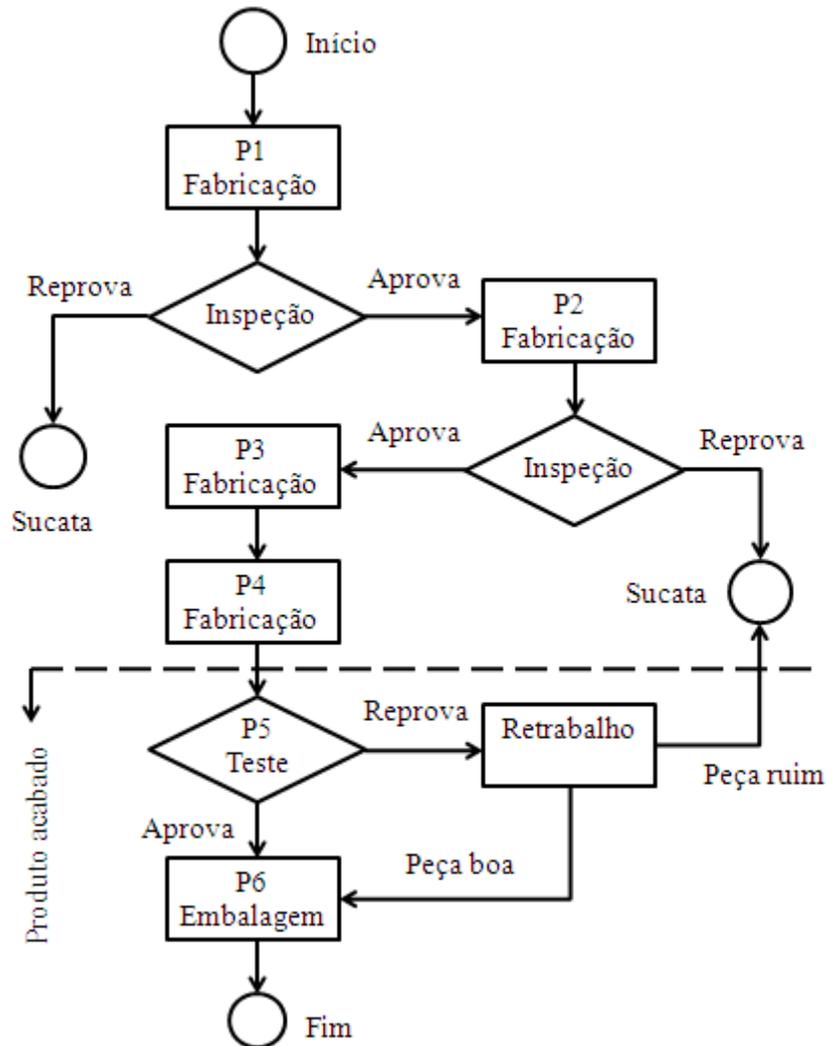


Figura 10 – Fluxograma da linha de produção estudada

Também, depende das dimensões de “P1”, da qualidade de “P2” e de fornecedores externos. Após estes quatro processos o produto está pronto, passando a um teste “P5”, caso seja reprovado estatisticamente, todas as peças são retrabalhadas e avaliadas individualmente. As que estiverem boas vão para o estoque e as demais são sucateadas.

4.3 Indicadores de desempenho da manutenção atuais e comparação com os dados da ABRAMAN - 2009

A empresa adota três indicadores para o setor de manutenção. O primeiro avalia se o número de manutenções preventivas programadas foi realizado. Este indicador avalia a

porcentagem realizada, dividindo-se o número de manutenções realizadas pelo número programado. O segundo indicador é a relação direta entre horas de manutenção corretiva e horas de manutenção preventiva. Esta relação identifica se as intervenções estão sendo realizadas como planejado e se a frequência utilizada (baseada no tempo) está ou não sendo o melhor parâmetro para o planejamento. O terceiro analisa a quantidade total de horas programadas para produção, comparando-as às horas utilizadas para manutenção preventiva e corretiva; identificando a natureza da manutenção, se elétrica ou mecânica.

Para os indicadores atuais, os índices apresentados durante o período analisado apresentaram os seguintes resultados. Neste período, o índice acumulado é de 90,23% de atendimento; representado na primeira coluna da Figura 11.

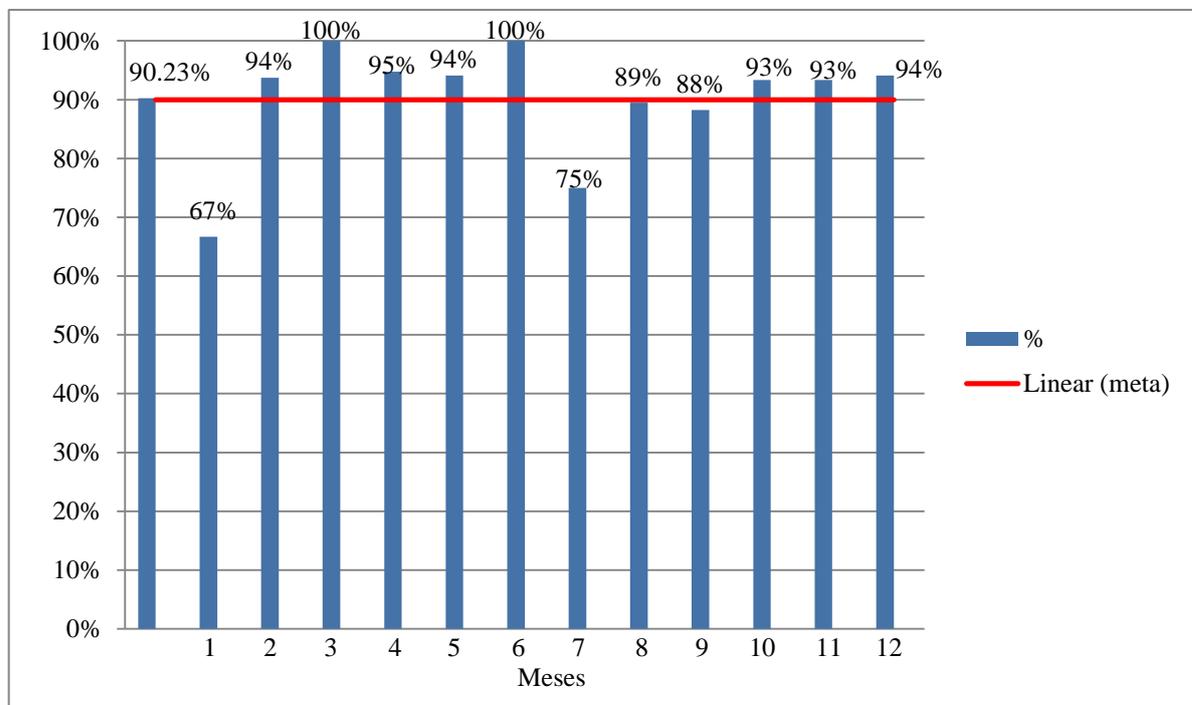


Figura 11 – Porcentagem de atendimento do plano de manutenções em comparação com a meta.

Para o indicador de atendimento ao plano de manutenções, no período de doze meses avaliados, a empresa atendeu em 100% as manutenções planejadas em dois meses. A meta para este indicador é atender, no mínimo, 90% do planejamento. Em quatro meses esta meta não foi atendida e nos outros seis houve atendimento superior a meta. Além disso, como a meta é a porcentagem, pode haver algum equipamento que estava programado e a manutenção não foi realizada, o que torna ineficiente a avaliação da eficácia do planejamento da manutenção por este método

Analisando a porcentagem de manutenções preventivas e corretivas realizadas em comparação com a quantidade total de horas programadas para produção, pode-se verificar que, como o teto de manutenções corretivas é de 1,3% das horas programadas, o indicador foi atendido em dois meses. Este resultado é apresentado na Figura 12.

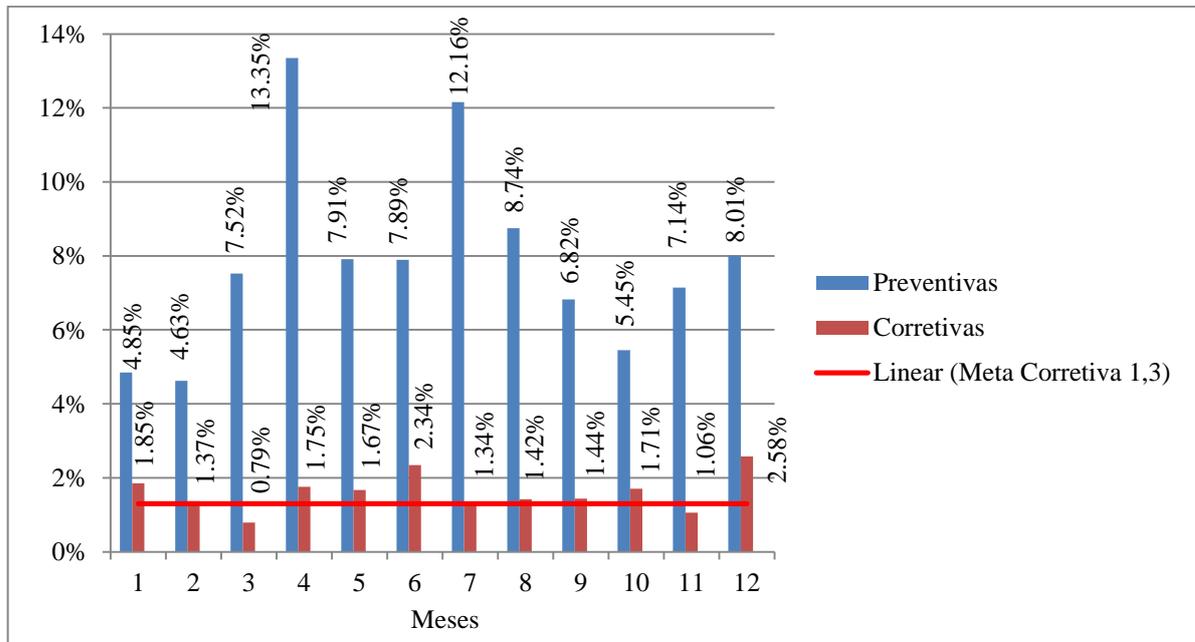


Figura 12 – Porcentagem de manutenções preventivas e corretivas.

O total de horas programadas para produção durante o ano estudado foi de 32.038 horas e dez minutos. Foram realizadas 2503 horas e quarenta minutos de manutenções preventivas, correspondentes a 7,81% do total de horas programadas. Em manutenções corretivas foram 510 horas e 39 minutos, ou seja 1,59% das horas programadas; valor acima da meta proposta de 1,3%. Do total de horas de manutenções corretivas, 372 horas e seis minutos tiveram relação com problemas mecânicos, 72,87% dos casos. O restante, 27,13% ou 138 horas e 33 minutos foram paradas para manutenções corretivas em sistemas elétricos dos equipamentos.

A idade média dos equipamentos da empresa “X” é de 25 anos, sendo que não controla o tempo médio entre as falhas e o tempo médio de reparo das manutenções. Em comparação com os indicadores pesquisados e divulgados pela ABRAMAN, a empresa “X” apresenta a seguinte situação, em relação aos dados de pessoal de manutenção, tipo de manutenção adotada e investimento em manutenção. Possui um número total de 370 funcionários. Deste total, 56 pessoas estão envolvidas na manutenção, sendo 50 mecânicos e seis eletricitistas; gerando um percentual de 15,13% do total. Comparando este valor com os

dados divulgados pela ABRAMAN, pode-se ver que há um número de pessoas ligadas à manutenção inferior à média das empresas pesquisadas. Para sanar as demandas deixadas em função disto, há a contratação de serviço externo, mas a tendência é profissionalizar e qualificar pessoal interno para aumentar o efetivo da empresa, em número de pessoas envolvidas na manutenção.

Isso pode explicar o fato da meta de atendimento do número de manutenções previstas não ter sido atingido em alguns meses do período estudado. Além disso, explica o fato de a meta de tempo utilizado em manutenções corretivas ter sido superada. Se comparar, ainda, o número de mecânicos com o de eletricitistas, considera-se o percentual de horas de manutenção corretiva mecânica, elevado, visto que há oito vezes mais mecânicos que eletricitistas; sinalizando que existe necessidade de melhorar a eficácia da manutenção mecânica, seja com treinamentos seja com a contratação de pessoal especializado.

A rotatividade do pessoal da manutenção está em 3,57%. Se contar a divisão do setor em mecânico e elétrico, o índice de rotatividade no setor de manutenção elétrica foi de 33,33%, visto que as saídas que houve no setor de manutenção foram de eletricitistas. Esta rotatividade é semelhante à média nacional. Pode ser analisada, visto que a manutenção mecânica na empresa estudada é altamente tecnológica, visto o reduzido número de empresas atuantes no setor de atuação desta. Já a atividade de eletricidade industrial, sendo de necessidade geral para os diferentes tipos de empresas, gerou uma necessidade de profissionais na região avaliada em função do crescimento e nascimento de empresas de diferentes setores.

Considerando apenas o investimento na realização das manutenções, a empresa apresenta um índice de 1,69% sobre o faturamento bruto. Se compararmos com os dados pesquisados pela ABRAMAN, é um índice baixo, mas se acrescentar a este valor o total de mão-de-obra disponibilizada para a manutenção, este índice eleva-se para 3,36% sobre o faturamento. Mesmo assim, ainda abaixo da média apresentada de 4,14%; identificando neste item uma oportunidade de melhoria para a empresa.

A manutenção adotada é do tipo preventiva, que busca manter os equipamentos em condições de operação e realizar a intervenção antes da ocorrência de problemas. A desvantagem maior da manutenção preventiva é o seu custo, visto que substitui peças que poderiam ter um maior aproveitamento da vida útil. Mesmo que a meta de realização destas esteja, na média, sendo atendida, é necessário melhorar este indicador para que a disponibilidade operacional também aumente. Com a relação direta existente entre a

disponibilidade e os indicadores de eficiência, sucata e retrabalhos; é notável que a melhoria na gestão da manutenção auxiliará a empresa a reduzir seus custos operacionais.

A partir dos dados coletados foi criado um grupo interdisciplinar de trabalho para realizar melhorias no sistema de gestão da manutenção da linha de produção analisada. Para tanto, seguiu-se a metodologia apresentada na Figura 3. O primeiro passo foi definir os objetivos dos trabalhos e em que período de tempo esperava-se alcançar os resultados propostos. Inicialmente foram definidas que as metas a serem atingidas seriam relacionadas ao processo produtivo, ou seja, dar condições aos equipamentos para trabalhar com a produtividade e qualidade planejada. Para tanto se escolheu como modelo de gestão da manutenção, a Manutenção Produtiva Total – TPM, pelo seu envolvimento com toda a organização e não somente com o setor específico de manutenção. Com o modelo de gestão escolhido, elaborou-se um plano de ação para realização das tarefas, sendo que a primeira ação foi capacitar todas as pessoas envolvidas. Com isso se obteve um maior entendimento e participação nas atividades propostas. Com dados dos relatórios de produção, que especificam paradas nos equipamentos e suas causas foram organizadas ações de melhoria focada nos pontos de maior importância para o processo produtivo. Além disso criou-se uma integração entre o pessoal do processo produtivo e o setor de manutenção, para que as informações geradas pela produção fossem disponibilizadas e utilizadas no momento do planejamento das manutenções preventivas, priorizando itens onde as falhas pudessem ocorrer mais rapidamente. Em paralelo, foram tomadas ações de manutenção de melhoria, as quais foram realizadas em conjunto pelas equipes de manutenção e produção. Após as ações iniciais, foram tomadas providências para evitar a recorrência dos problemas, medidas contra deteriorações forçadas nos equipamentos e, a execução do controle e avaliação da manutenção. Isso se deu através do acompanhamento das metas iniciais traçadas pelo grupo e pela auditoria no modelo de planejamento da manutenção. Com o sistema em funcionamento, passou-se para a análise e melhoria do ciclo de vida dos equipamentos, acompanhando-se a frequência entre as intervenções e a disponibilidade dos equipamentos para produção. Como todo processo precisa evoluir, a fase atual busca a melhoria contínua e novas técnicas de uso, como por exemplo a mudança no layout da linha de produção estudada e a proposta de ampliação deste modelo de gestão da manutenção para todas as linhas de produção da empresa.

4.4 Análise dos indicadores de desempenho industrial

Os dados apresentados no Quadro 15, representam os índices de eficiência entre os meses de junho de 2009 e maio de 2010. A empresa trabalha com uma meta de 85% de eficiência para suas linhas de produção.

Mês / Ano	Eficiência (%)
Jun / 09	83,98
Jul / 09	80,94
Ago / 09	83,38
Set / 09	87,32
Out / 09	87,89
Nov / 09	78,89
Dez / 09	74,13
Jan / 10	79,78
Fev / 10	82,85
Mar / 10	76,49
Abr / 10	58,25
Mai / 10	77,19

Quadro 15 – Índice de eficiência

Observa-se que dos doze meses avaliados, a eficiência atingiu a meta em apenas dois, setembro e outubro de 2009. É um índice baixo, considerando que todo o planejamento é realizado tomando como mínimo o valor de 85%. Assim, verifica-se que a eficiência desta linha de produção poderia melhorar bastante, através da tomada de ações de melhoria de processos.

Outro indicador analisado foi a sucata, sendo que o teto esperado para essa é de 0,75%. Os índices para o período estudado são apresentados no Quadro 16.

Mês / Ano	Sucata (%)
Jun / 09	0,76
Jul / 09	0,65
Ago / 09	0,58
Set / 09	0,68
Out / 09	0,68
Nov / 09	0,74
Dez / 09	0,73
Jan / 10	0,72
Fev / 10	0,71
Mar / 10	0,65
Abr / 10	1,28
Mai / 10	0,86

Quadro 16 – Índice de sucata

O teto determinado para o indicador de sucata pela empresa é de 0,75%; o qual se observa estar mais próximo de atender a meta, se comparada à eficiência e retrabalho. Mesmo assim, operou acima da meta em três meses, junho de 2009 e abril e maio de 2010. Em outros meses se verifica que o índice quase chegou ao limite estabelecido.

O terceiro indicador analisado foi de retrabalho, ou seja, as peças que precisaram ser trabalhadas fora do processo normal de fabricação, por algum problema durante a manufatura. O teto para retrabalho é de 1,3%. Os índices obtidos estão no Quadro 3.

Mês / Ano	Retrabalho (%)
Jun / 09	4,42
Jul / 09	3,82
Ago / 09	3,04
Set / 09	5,21
Out / 09	3,25
Nov / 09	2,85
Dez / 09	3,61
Jan / 10	2,89
Fev / 10	2,66
Mar / 10	5,67
Abr / 10	10,88
Mai / 10	6,97

Quadro 17 – Índice de retrabalho

Durante este período o índice de retrabalho extrapolou o teto em todos os meses. Este resultado se transferiu para o indicador de eficiência, onde a meta não foi atingida em dez meses no período analisado. Sabendo que o custo do retrabalho é alto, pois além de materiais já inseridos no produto serem descartados, o custo da mão-de-obra relacionada ao mesmo é mais alto que fabricar o produto no processo normal da linha de produção porque o ritmo de trabalho é mais baixo.

4.5 Correlação entre os indicadores de desempenho industrial

O teto determinado para o indicador de sucata pela empresa é de 0,75%; para retrabalho, de 1,3% e a eficiência mínima exigida é de 85%.

Durante este período, o índice de sucata da linha de produção estudada ficou em nove meses dentro do teto estipulado pela empresa, mas os índices de retrabalho extrapolaram o teto em todos os meses. Este resultado se transferiu para o indicador de eficiência, onde a meta não foi atingida em dez meses no período analisado.

O Quadro 18 apresenta os índices coletados, de forma condensada.

	Sucata (%)	Retrabalho (%)	Eficiência (%)
Jun/09	0,76	4,42	83,98
Jul/09	0,65	3,82	80,94
Ago/09	0,58	3,04	83,38
Set/09	0,68	5,21	87,32
Out/09	0,68	3,25	87,89
Nov/09	0,74	2,85	78,89
Dez/09	0,73	3,61	74,13
Jan/10	0,72	2,89	79,78
Fev/10	0,71	2,66	82,85
Mar/10	0,65	5,67	76,49
Abr/10	1,28	10,88	58,25
Mai/10	0,86	6,97	77,19

Quadro 18 – Índices de sucata, retrabalho e eficiência.

Após a coleta dos dados passou-se para a análise dos mesmos, seguindo um ciclo que iniciou com a construção de gráficos sequenciais e encerrou com a sugestão de melhorias a serem implantadas. Buscando a melhoria contínua do processo, todo o ciclo é repetido. O gráfico do índice de sucata é apresentado na Figura 13.

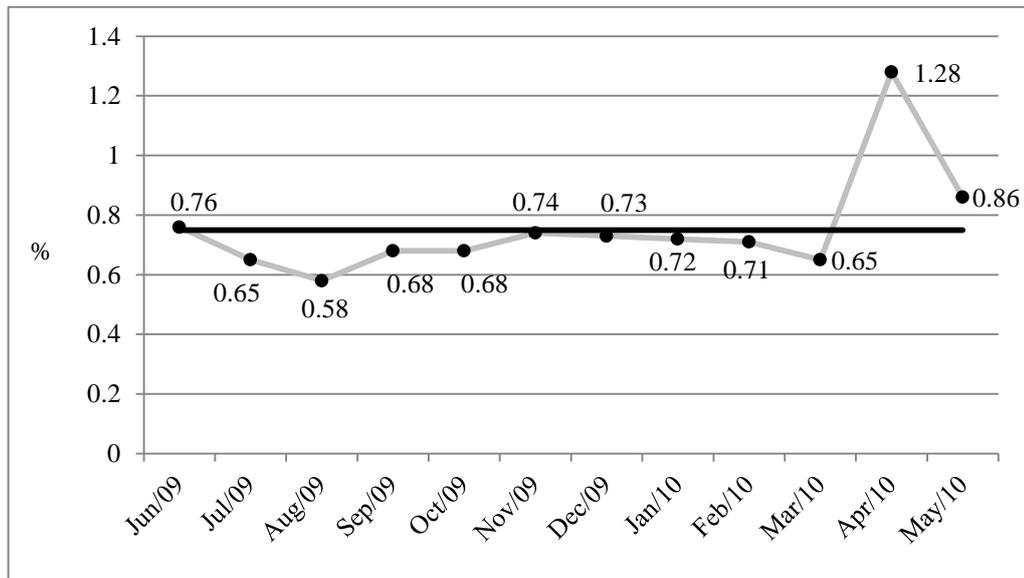


Figura 13 – Porcentagem do índice de sucata em comparação com a meta

O gráfico sequencial de retrabalho, Figura 14, possui um formato semelhante ao gráfico de sucata, o que mostra uma relação entre sucata e retrabalho.

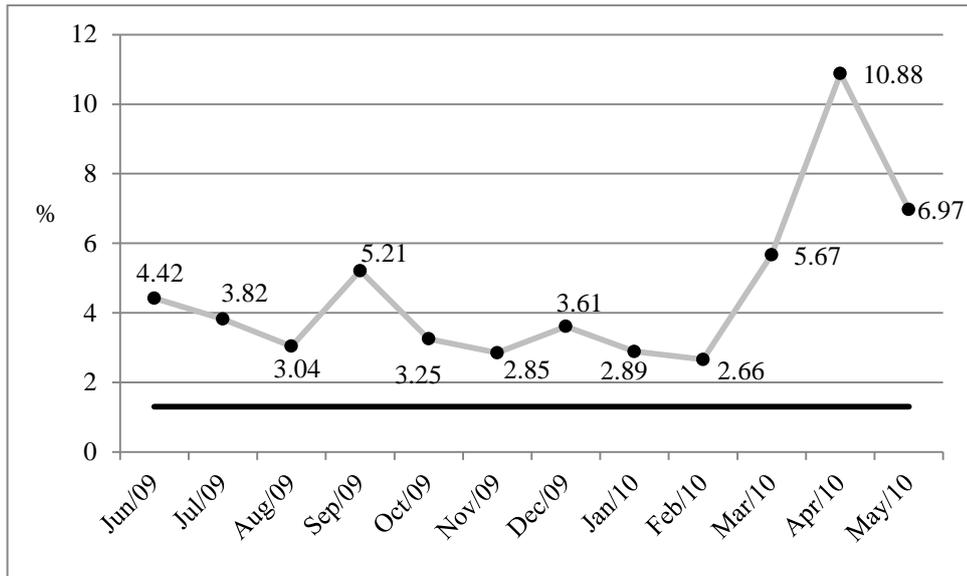


Figura 14 – Porcentagem do índice de retrabalho em comparação com a meta

A eficiência também foi afetada pelos problemas de sucata e retrabalho, como pode se observar na Figura 15.

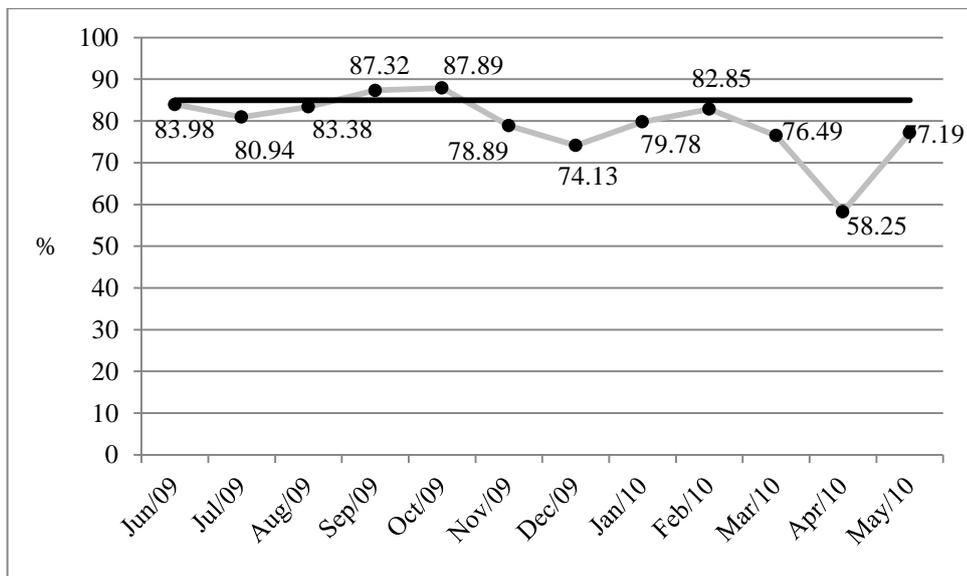


Figura 15 – Porcentagem do índice de eficiência em comparação com a meta

Como os gráficos dos índices de sucata e retrabalho tiveram um formato semelhante, partiu-se para a construção de gráficos de correlação entre os dados apresentados no Quadro 18. Assim, foram construídos três gráficos de correlação: sucata x retrabalho; sucata x eficiência e retrabalho x eficiência. Estes três gráficos são mostrados na Figura 16.

Gil (2010) apresenta, de acordo com o Quadro 19, as relações entre duas variáveis, a correlação. Quanto mais próximo do valor +1,00, mais forte é a correlação positiva entre as

variáveis analisadas, enquanto que, quanto mais próximo de -1,00, maior a correlação negativa.

Valor da correlação	Descrição
+1,00	Correlação positiva perfeita
+0,70 a +0,99	Correlação positiva muito forte
+0,50 a +0,69	Correlação positiva substancial
+0,30 a +0,49	Correlação positiva moderada
+ 0,10 a +0,29	Correlação positiva baixa
+0,01 a +0,09	Correlação positiva ínfima
0,00	Nenhuma correlação
-0,01 a -0,09	Correlação negativa ínfima
-0,10 a -0,29	Correlação negativa baixa
-0,30 a -0,49	Correlação negativa moderada
-0,50 a -0,69	Correlação negativa substancial
-0,70 a -0,99	Correlação negativa muito forte
-1,00	Correlação negativa perfeita

Quadro 19 – Descrição dos valores de correlação. Fonte: Gil (2010, p. 167)

Os valores de correlação encontram-se entre -1 e 1. Através da observação dos gráficos de correlação apresentados, pode-se identificar uma correlação muito forte da sucata com o retrabalho (0,74) e com a eficiência (0,72). Por isso, o indicador estratificado a partir desta etapa do estudo foi a sucata, visto que se identificando as principais causas desta, também seriam eliminadas possíveis causas de retrabalho e a eficiência, em consequência, aumentaria.

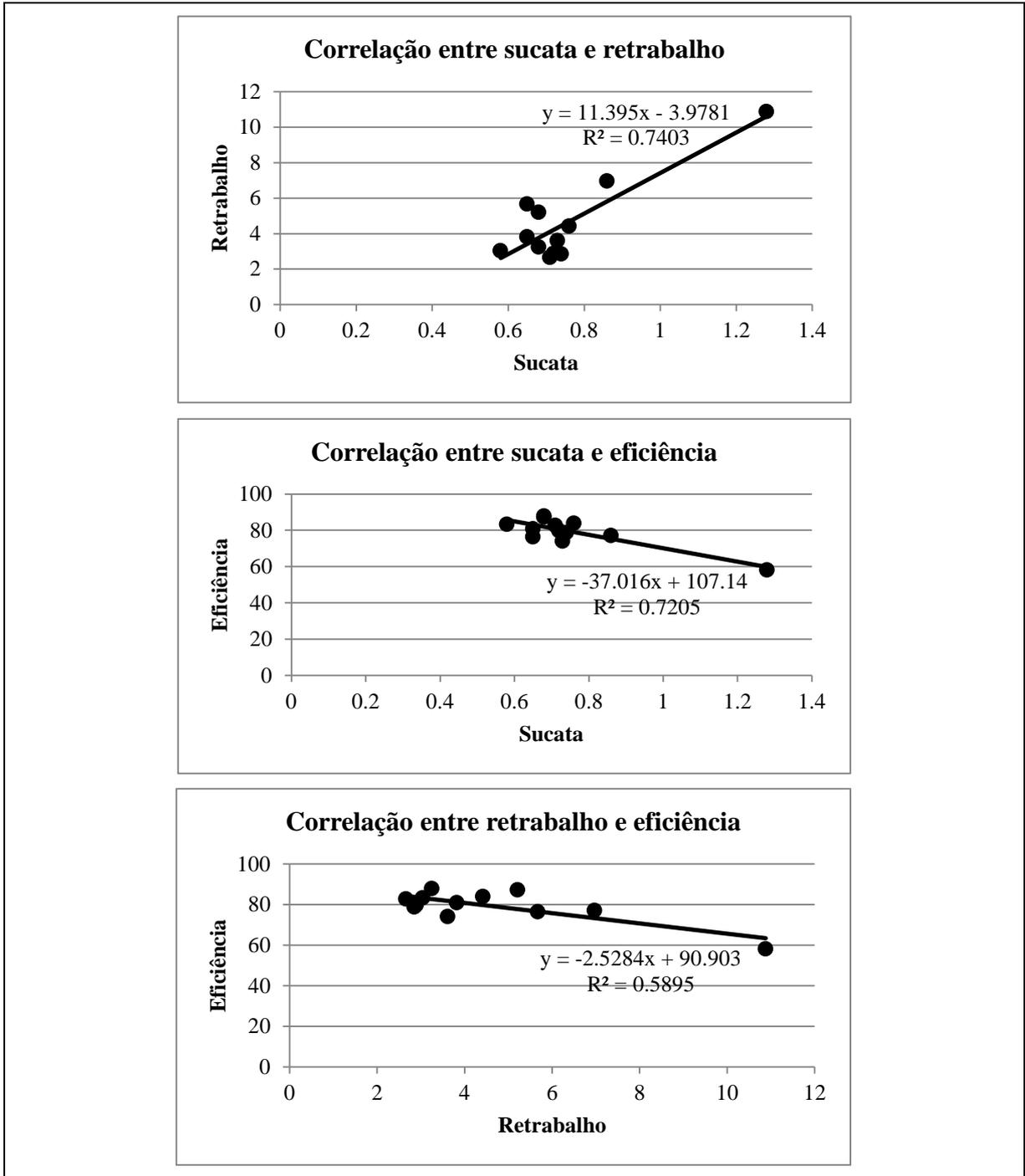


Figura 16 – Gráficos de correlação entre sucata, retrabalho e eficiência.

Para estratificar-se o índice de sucatas entre os diferentes processos que formam a linha de produção, foi utilizada a métrica mostrada na Equação 6.

$$\text{Sucata por processo (\%)} = \frac{\text{kg sucateado no processo}}{\text{Total em kg sucateado na linha de produção}} * 100 \quad (6)$$

Os dados obtidos pela aplicação da equação de sucata por processo são apresentados no Quadro 20.

Sucata	P 1		P 2		P 3		P 4 1ª op.		P 4 2ª op.		P 4 3ª op.		P 6		Total Kg
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	
Jun/09	40,78	7,50	100,25	18,44	21,02	3,87	5,12	0,94	56,65	10,42	69,71	12,82	250,19	46,01	543,72
Jul/09	95,73	16,35	121,75	20,79	32,09	5,48	3,87	0,66	62,24	10,63	97,62	16,67	172,33	29,43	585,62
Ago/09	67,99	10,40	135,08	20,65	11,37	1,74	0,54	0,08	55,75	8,52	114,40	17,49	268,90	41,11	654,03
Set/09	148,06	18,64	141,15	17,77	18,16	2,29	1,43	0,18	67,83	8,54	119,24	15,01	298,59	37,58	794,46
Out/09	100,31	10,45	243,97	25,43	34,29	3,57	18,28	1,90	84,80	8,84	132,56	13,81	345,31	35,99	959,51
Nov/09	102,93	11,02	248,43	26,59	20,72	2,22	40,19	4,30	55,54	5,95	143,69	15,38	322,64	34,54	934,14
Dez/09	154,97	14,90	281,83	27,09	12,38	1,19	26,31	2,53	57,61	5,54	161,52	15,53	345,63	33,23	1040,26
Jan/10	161,28	19,68	260,70	31,81	29,17	3,56	14,70	1,79	39,95	4,87	95,52	11,66	218,24	26,63	819,56
Fev/10	113,59	15,62	218,49	30,05	13,99	1,92	11,25	1,55	36,43	5,01	91,01	12,52	242,28	33,32	727,04
Mar/10	106,27	10,49	288,08	28,43	10,30	1,02	7,26	0,72	50,16	4,95	160,63	15,85	390,73	38,55	1013,44
Abr/10	84,00	6,25	425,07	31,61	10,42	0,77	0,00	0,00	76,11	5,66	164,42	12,23	584,68	43,48	1344,70
Mai/10	211,70	18,59	239,09	20,99	28,75	2,53	0,00	0,00	51,33	4,51	126,83	11,14	481,09	42,25	1138,80
	1387,61	13,14	2703,89	25,61	242,66	2,29	128,95	1,22	694,4	6,579	1477,16	13,99	3920,61	37,14	10555,3

Quadro 20 – Estratificação do índice de sucata por processo

Com base nos dados estratificados, construiu-se um histograma com a porcentagem de sucata acumulada durante o ano, para cada processo, representada na Figura 17. Este histograma facilita a visualização dos processos que estão com maior participação na formação do índice geral do indicador de sucata, sendo que as barras verticais representam a porcentagem de cada processo.

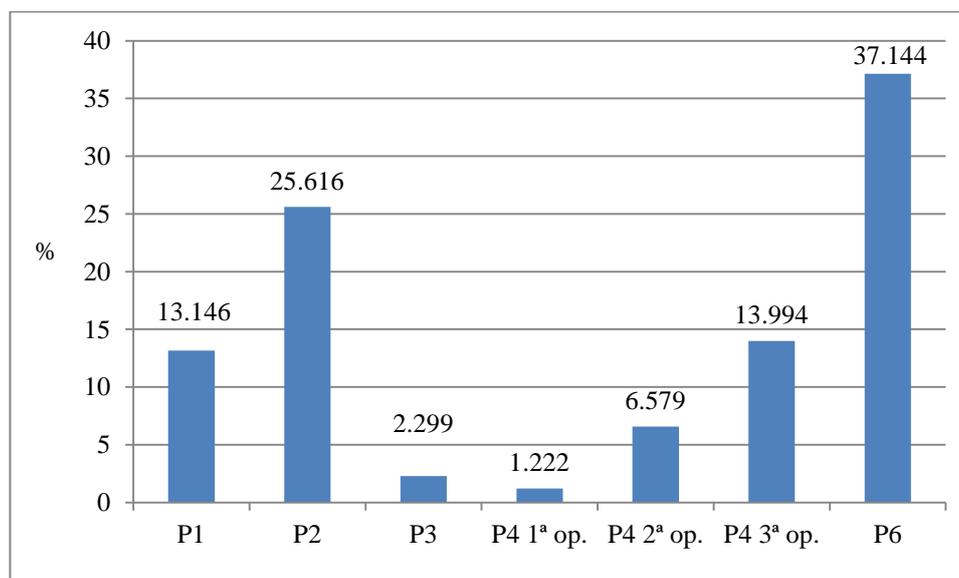


Figura 17 – Porcentagem anual de estrago em cada processo da linha de produção

De posse dos dados dos processos que mais influenciam no índice de sucata, passou-se para uma análise, através da hierarquização pelo método de Pareto, dos dados mensais de retrabalho. Foram identificados dez problemas que causam retrabalho. Após a identificação dos tipos de defeitos, foram listados os processos geradores destes defeitos. Os defeitos foram chamados de D1, D2, D3,..., D10. Observou-se que o maior índice dos retrabalhos é causado pelos defeitos D1 e D3, que juntos representam 94,39% do retrabalho. Esses defeitos são todos causados por problemas de processo, alguns por problemas de manutenção. Estes valores são apresentados no Quadro 21.

Defeito	kg	%	Processo em que ocorre o defeito
D1	19440,88	26,92%	P4
D2	988,85	1,37%	P2
D3	48717,77	67,46%	P2
D4	196,99	0,27%	P1
D5	837,22	1,16%	Fornecedor externo
D6	590,98	0,82%	P3
D7	738,12	1,02%	P3
D8	369,36	0,51%	Fornecedor externo
D9	221,62	0,31%	P3
D10	110,81	0,15%	P3

Quadro 21 – Porcentagem dos defeitos causadores do retrabalho

Analisando-se os gráficos e quadros apresentados, pode-se ainda verificar que quando o produto chega ao processo “P6”, este gera 37,144% do total de sucata, sendo que neste processo não há mais possibilidade de retrabalho, devendo-se dar maior atenção aos processos anteriores para que isso não ocorra.

Avaliando processo por processo, através dos Quadros 20 e 21, vê-se que o processo “P1”, responsável por 13,146% da sucata causa 0,27% do retrabalho. O processo “P2” gera 25,616% do total de sucata e 68,83% do retrabalho. Já o processo “P3” é responsável por 2,299% do total de sucata e 2,30% do total de retrabalho. Somando-se as três operações do processo “P4”, atinge-se o índice de 21,795% do total de sucata e 26,92% do total do retrabalho. Além destes processos, o retrabalho está sendo gerado por causas externas à linha, ou seja, por problema de fornecimento em 1,67% dos casos.

Há uma forte correlação entre sucata e retrabalho, o que faz os índices de eficiência refletirem esta realidade, onde o índice de retrabalho encontra-se fora de controle. A atenção maior deve ser dada aos processos “P1” e “P2”, responsáveis por 38,762% da sucata total e por 69,1% do retrabalho. Esta atenção é necessária porque “P1” é o primeiro processo que

agrega valor ao produto e da qualidade desse dependem os processos “P2” e “P4”. Além disso, “P1” e “P2” são os processos iniciais da linha de produção, e além de determinarem o ritmo de produção, podem estar contribuindo bastante no índice de sucatas do processo “P6”, uma vez que nesse ocorre uma revisão do produto e problemas não observados em cada etapa anterior são percebidos.

Como principais sugestões de melhoria foram apontadas a realização de paradas para manutenção corretiva no processo “P2”, onde se realizaram sete intervenções no equipamento; e, a melhoria do processo “P1”, com alteração no sistema de funcionamento do equipamento, sendo que para isso foram realizadas três manutenções de melhoria no equipamento.

Após a tomada destas ações, houve uma redução de dez para sete tipos de defeitos. Destes, dois foram causados por fornecedores internos, processos que podem interferir indiretamente na produção e que são realizados em outro setor da empresa, o que indica que os problemas do processo foram reduzidos significativamente. O índice de retrabalho, que nos últimos três meses (março, abril e maio de 2010) analisados, havia chegado a 5,67%, 10,88% e 6,97%, respectivamente; gerando uma média de 7,84%; teve uma redução, mas ainda não atende a meta estipulada. Como há forte correlação entre os índices de sucata e retrabalho e tendo as ações sido baseadas, principalmente, nas causas básicas geradoras de sucata, o resultado mais satisfatório foi que a sucata teve redução em seu índice.

Com estes dados, verifica-se que esta linha de produção estava com seu processo fora de controle, visto que a meta de retrabalho não foi atingida, a meta de eficiência foi atingida em apenas três de doze meses estudados e a de sucata, ainda operou em três meses fora da meta. Causas para esse comportamento de uma linha de produção podem existir inúmeras, como: problemas com a matéria-prima, falta de capacitação das pessoas envolvidas, problemas de manutenção e outros. Considerando que a matéria-prima utilizada é de qualidade reconhecida e que a empresa investe constantemente em capacitação das pessoas, foram listadas as manutenções realizadas nesta linha de produção no período estudado. Para ilustrar o número de manutenções em cada processo, o Quadro 22 mostra o tipo e o número de manutenções a que cada equipamento foi submetido. O tipo de manutenção é representado por “C” para manutenção corretiva e por “P” para preventiva. Os processos seguem a denominação apresentada no fluxograma da Figura 10.

Mês / Ano	P1	P2	P3	P4	P5
Jun / 09		1 P		1 C	
Jul / 09	1 P				
Ago / 09	1 C		1 P		
Set / 09					
Out / 09		3 P			
Nov / 09					
Dez / 09					
Jan / 10					
Fev / 10					
Mar / 10		1 C			
Abr / 10		1 P e 1 C			
Mai / 10				1 P	

Quadro 22 – Tipos e número de manutenções na linha de produção

Pelo Quadro 22, se vê que foram realizadas oito manutenções preventivas e quatro corretivas, no período de doze meses, totalizando doze intervenções. O fato é que destas 33,3% foram corretivas e 66,7% preventivas. Para um ambiente altamente competitivo como o atual, este índice de manutenções corretivas é muito alto. Isso causa dificuldade na previsão das paradas, o que prejudica o planejamento da produção e elevam os demais indicadores – sucata e retrabalho. Assim, a competitividade da empresa fica prejudicada porque o cumprimento das datas assumidas com os clientes para as entregas de produtos não é confiável.

Analisando cada processo individualmente, o processo “P1”, inicial e determinante para a sequência de fabricação, que influencia diretamente os processos “P2” e “P4”, passou por uma manutenção preventiva em julho de 2009 e por uma manutenção corretiva em agosto de 2009. Dada a importância do equipamento e pelas variáveis do processo que dependem da qualidade desta operação, fica evidenciado que o equipamento necessita maior atenção da manutenção. Uma das causas é que o equipamento pode não estar recebendo a atenção necessária, pois o mesmo atende a capacidade de produção do restante da linha de produção com menor número de horas trabalhadas. Isso ocorre porque sua velocidade é maior que a velocidade das demais máquinas do processo, montando-se um pequeno estoque de material em processo.

No processo “P2”, se vê uma maior frequência de manutenções. Isso é importante para o equipamento, visto que este trabalha vinte e quatro horas por dia, durante seis dias por semana. Com este cuidado, a confiabilidade do equipamento, a produtividade e a qualidade dos produtos fabricados aumentam. O equipamento “P3”, sendo um equipamento de pouca complexidade, passou por uma revisão geral preventiva em agosto de 2009, suficiente para

garantir o bom funcionamento do mesmo. Outro fato que preocupou foram os dados de manutenção no equipamento responsável pelo processo “P4”, visto que o período registrou uma intervenção preventiva e uma corretiva, sendo que o equipamento realiza três operações no produto, além de entregar o produto acabado ao processo seguinte “P5”, que não sofreu nenhuma intervenção.

Com todos os dados tabulados, o grupo tomou as primeiras iniciativas após as melhorias, seguindo o modelo de gestão da manutenção produtiva total. A primeira ação foi a limpeza dos equipamentos e a eliminação dos pontos de sujeira, com a introdução de auditorias para avaliar a situação da limpeza do ambiente. Em seguida foram preparados padrões para a realização de alguns controles pelos próprios operadores, como a verificação de níveis de óleo de lubrificação, de pressão de ar comprimido e de identificação de pontos que necessitam de manutenção. Para isso, todos os envolvidos foram capacitados através de treinamentos específicos, teóricos e práticos.

Após três meses de trabalhos, o grupo realizou em outubro de 2010 solicitações de três manutenções planejadas no equipamento “P1” e de uma melhoria no projeto do mesmo. Também neste mês foi solicitada junto à equipe de manutenção uma manutenção corretiva para o equipamento “P2” e foi realizado com apoio da gerência da empresa, um cronograma de intercâmbio com mecânico especialista para acompanhar o funcionamento da linha e auxiliar no planejamento das manutenções.

4.6 Análise dos indicadores de desempenho industrial após a aplicação do modelo de gestão da manutenção

Com algumas intervenções já realizadas, passou-se a seguir para a padronização na tomada de ações entre os mecânicos dos três turnos. Também, foram sugeridas melhorias para os equipamentos “P2” e “P4” e para a implantação de um novo método para limpeza do equipamento “P3”. Além disso, iniciou-se uma discussão para automação de alguns equipamentos da linha de produção e para a mudança de leiaute da mesma, otimizando o espaço vertical. Após o período de análise e tomada de ação das primeiras providências, como realização de manutenções corretivas que se faziam necessárias e a maior participação de operadores e mecânicos na solicitação de paradas para manutenções planejadas chegaram-se aos seguintes índices de eficiência, sucata e retrabalho.

O índice de eficiência para o período de julho de 2010 a fevereiro de 2011 é mostrado no Quadro 23.

Mês / Ano	Eficiência (%)
Jul / 10	82,12
Ago / 10	81,87
Set / 10	74,07
Out / 10	85,29
Nov / 10	89,87
Dez / 10	88,46
Jan / 11	83,16
Fev / 11	84,97

Quadro 23 – Índice de eficiência após melhorias

Observa-se que o índice de eficiência produtiva teve uma melhoria significativa. Se antes das melhorias, em doze meses atendeu a meta em dois, após a implantação de mudanças, já atingiu o mínimo estabelecido em três de oito meses e em um – fevereiro de 2011 – praticamente atingiu a meta. Determinando-se as médias dos dois períodos, vê-se um aumento de 79,25% para 83,72%; o que significa 4,47 pontos percentuais em melhoria na eficiência, o que significa um aumento médio na produção diária de 5.500 peças. Aumentar a confiabilidade dos equipamentos é de fundamental importância, pois aumenta a eficiência da linha de produção. Em consequência, todas as ações dependentes deste indicador, como previsão de datas de entrega, programação da produção e programação das paradas de manutenção são realizadas com maior assertividade. Assim, a competitividade esperada é melhor alcançada.

O índice de sucata para o período de julho de 2010 a fevereiro de 2011 é mostrado no Quadro 24. Este é importante, pois indiretamente mede a capacidade do processo fabricar os produtos esperados pelos clientes, tanto em qualidade quanto em atendimento às especificações comerciais. Diretamente, envolve os custos da produção, que quanto mais baixo, mais elevarão o lucro e em consequência, envolvem mais investimentos em melhorias para o próprio processo.

Mês / Ano	Sucata (%)
Jul / 10	0,75
Ago / 10	0,93
Set / 10	0,88
Out / 10	0,69
Nov / 10	0,57
Dez / 10	0,65
Jan / 11	0,84
Fev / 11	0,79

Quadro 24 – Índice de sucata após melhorias

O indicador de sucatas ainda não apresenta melhorias significativas. Durante o período, operou acima da meta em quatro dos oito meses posteriores à melhoria. Se tomada a média de sucata como índice a avaliar, esta se elevou de 0,75% para 0,76%; ultrapassando a meta em um valor pequeno. Este é, no momento, o indicador que precisa de análises mais profundas e ações mais focadas nas causas específicas da geração de sucata, como projeto de ferramentas e avaliação da matéria-prima, para mostrar melhorias como os demais indicadores.

O índice de retrabalho para o período de julho de 2010 a fevereiro de 2011 é mostrado no Quadro 25. É de grande importância devido ao alto custo que gera ao processo.

Mês / Ano	Retrabalho (%)
Jul / 10	2,32
Ago / 10	3,79
Set / 10	4,77
Out / 10	1,78
Nov / 10	0,62
Dez / 10	1,01
Jan / 11	1,06
Fev / 11	3,12

Quadro 25 – Índice de retrabalho após melhorias

Este indicador é o que apresentou os mais expressivos resultados. Considerando o período anterior à atuação do grupo multidisciplinar, o indicador de retrabalho havia extrapolado a meta em todos os meses. Após algumas ações, já se percebe que os índices apresentam valores mais baixos se comparados àqueles. Além disso, em três dos oito meses, a linha de produção trabalhou dentro da meta determinada para o indicador. Se comparadas as médias dos períodos, o resultado é ainda mais surpreendente, pois a redução ocorre de 4,6% para 2,3%; ou seja melhoria de 50% no índice de retrabalho, o que mostra que as ações tomadas estão sendo efetivas, e que o resultado em médio e longo prazo serão alcançados e as metas atingidas.

É observável e evidenciado pelos resultados que a manutenção gerenciada de forma sistematizada, com padronização e metodologia para a realização e controle traz um retorno positivo para as empresa. No caso estudado, pode-se verificar que a gestão da manutenção pode ser realizada por um grupo multidisciplinar e que os resultados deste modelo de gestão são eficazes. Para comprovar esta afirmação, retomando-se as análises das manutenções realizadas, onde se verificou que equipamentos essenciais para o bom andamento do processo produtivo não haviam sofrido nenhuma intervenção de prevenção, o que caracterizava um risco em potencial de parada de máquina e conseqüentes perdas para a empresa. Como

qualquer perda no processo produtivo está diretamente relacionada à competitividade, evidencia-se, nestes momentos, a importância da gestão da manutenção no contexto estratégico de melhoria da competitividade das organizações.

Vê-se que, pela melhoria nas ações de planejamento, da padronização da realização da manutenção e a eliminação de problemas críticos, os índices de retrabalho e eficiência melhoraram sensivelmente. Isso ocorre devido à relação direta que o retrabalho, causado por problemas de equipamentos e que leva à parada de produção, tem sobre a eficiência produtiva.

Outro fato considerado é que, neste estudo, os dados da situação proposta começaram a ser colhidos e analisados apenas com um mês de intervalos para a tomada de ações. Ainda, quando se trata de manutenção, às vezes o equipamento não pode ser disponibilizado para paradas devido à demanda do mercado consumidor. O importante neste caso é que os resultados estão sendo percebidos em um período curto de tempo e as tendências estão positivas.

O gráfico da tendência de melhoria da eficiência de produção é apresentado na Figura 18.

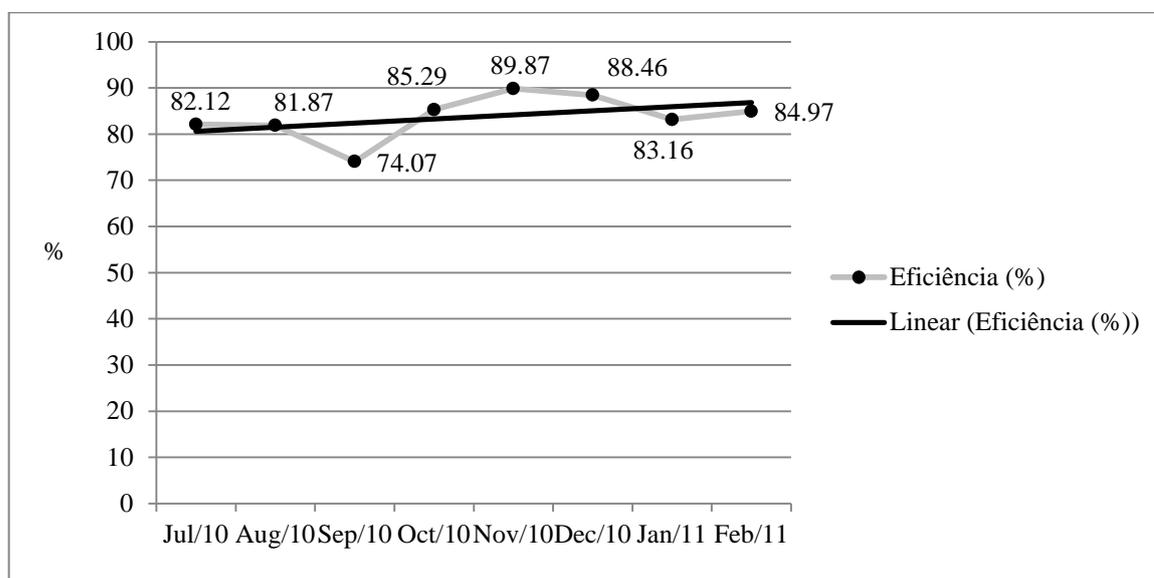


Figura 18 – Tendência de melhoria na eficiência de produção

Para o índice de sucata, tem-se uma tendência de queda, que pode ser verificada na Figura 19.

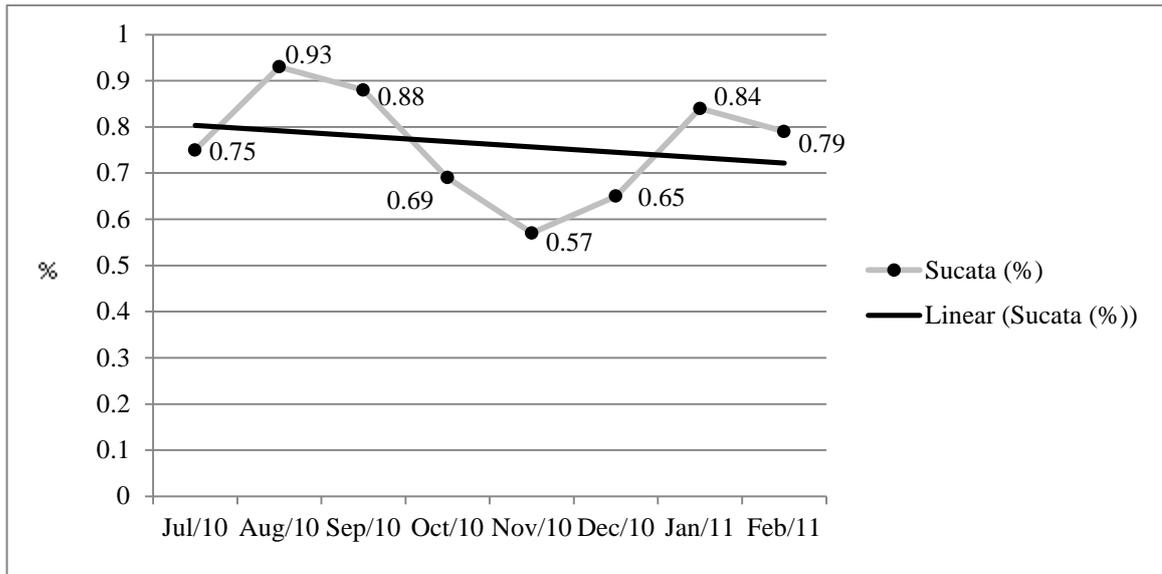


Figura 19 – Tendência de redução de sucata

Para o retrabalho, que em todos os meses anteriores a aplicação deste novo modelo de gestão estava acima da meta, se tem uma tendência ainda maior de queda, o que é representado na Figura 20.

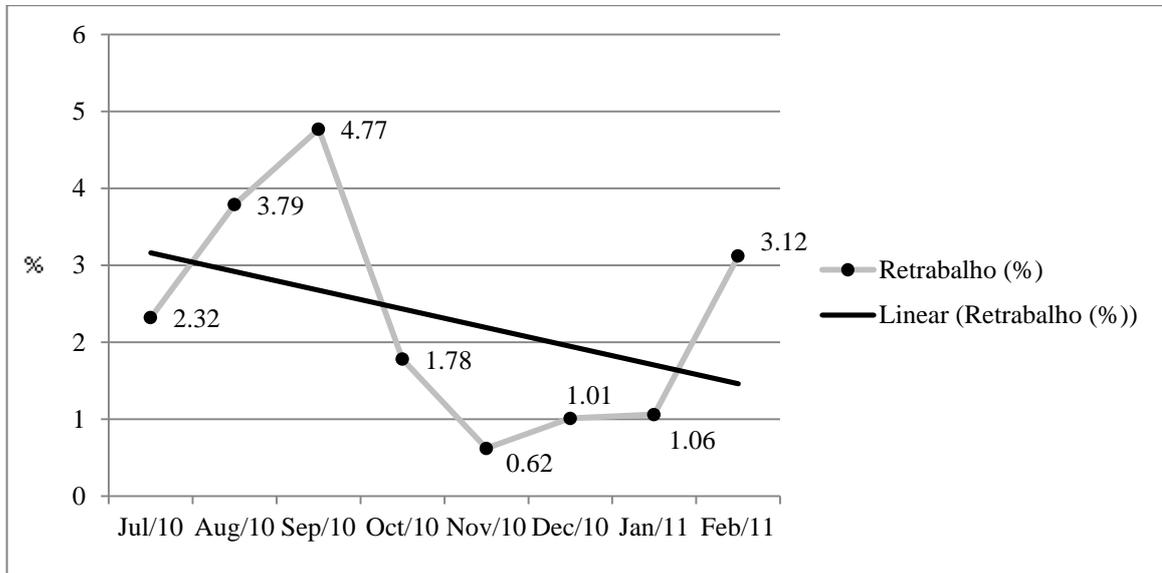


Figura 20 – Tendência de redução de retrabalho

Assim, conclui-se que a adoção deste modelo de gestão de manutenção está sendo de grande importância para a melhoria de desempenho, de qualidade e em consequência, da competitividade da empresa perante o mercado atual; competitivo, com novos concorrentes e com uma perspectiva de crescimento muito grande para os próximos anos.

4.7 Proposta de inovação no planejamento da manutenção usando o QFD

Levando em consideração que o QFD tem por objetivo identificar e priorizar as necessidades do cliente e traduzir esses requisitos em atendimento adequado às exigências da empresa (BURKE et al., 2002 apud SHIU; JIANG e TU, 2007); considerou-se o processo de produção como sendo cliente do processo de manutenção e os requisitos de qualidade dos clientes externos e as especificações técnicas de produto, como sendo as variáveis técnicas a serem alcançadas durante o processo de produção para a construção da relação entre requisitos de qualidade e as necessidades do cliente interno. Assim, pode-se mostrar a relação entre os processos pela Figura 21.

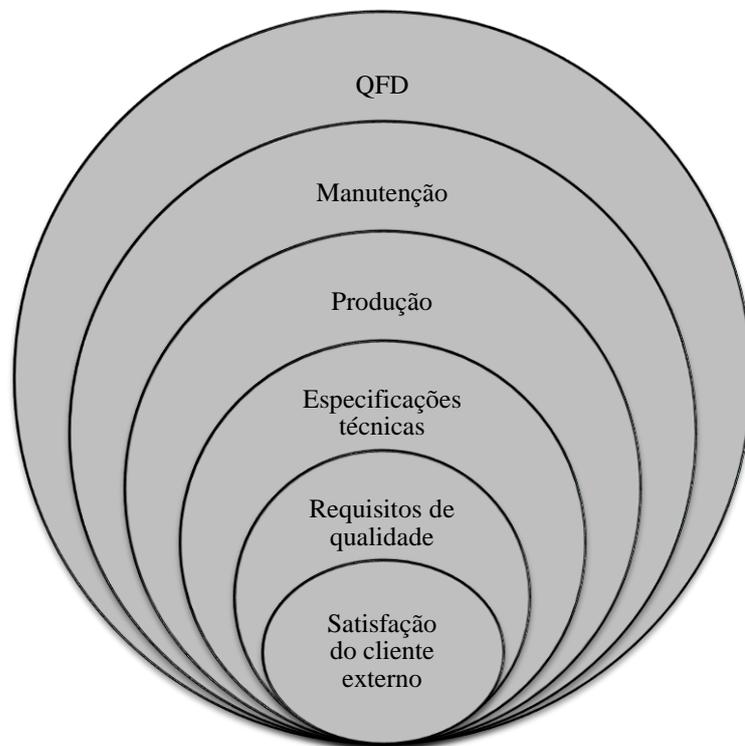


Figura 21 – Relação entre os processos de gestão da manutenção e satisfação dos clientes

Por isso, adotando a ideia de Sachdeva; Kumar e Kumar (2008), de que à medida que a idade dos equipamentos aumenta há um aumento progressivo na taxa de falhas e que o programa de manutenção preventiva torna-se tão importante quanto à decisão em realizar a manutenção; propõe-se que a decisão em priorizar conjuntos e subconjuntos no momento do planejamento da manutenção seja realizada com base em uma relação entre o equipamento e o produto. Consonante a essa idéia, um processo produtivo sujeito a deterioração com taxas de

falhas crescente, produz uma maior quantidade itens em não conformidade com seus requisitos (MEHDI; NIDHAL e ANIS, 2010).

Analogamente a Cheng e Melo Filho (2007), para cada requisito de qualidade do produto, que satisfaça as necessidades do cliente final, a equipe de planejamento de manutenção deve identificar características de funcionamento do equipamento que se relacionem a atender os requisitos da qualidade do produto. Para isso, partiu-se para a realização da etapa de *brainstorming*, relacionando todos os requisitos de qualidade avaliados, as exigências dos clientes finais e as necessidades do processo produtivo. Com a listagem elaborada, montou-se com auxílio do *software* Casa da Qualidade® versão 1.3, a casa da qualidade para o processo de manutenção da linha de produção estudada.

Considerando que a linha de produção possui cinco equipamentos principais e quatro auxiliares, foram determinadas as principais características de qualidade de cada um destes. A legenda “A” trata dos processos auxiliares e a legenda “P” dos processos principais. Estes dados estão representados no Quadro 26, apresentado em códigos de equipamentos e requisitos, em função da alta tecnologia envolvida no processo de produção. Os requisitos de qualidade são os mesmos adotados para a construção da casa de qualidade e possuem código numérico sequencial “RQ” acrescido do número.

Fases do processo	Requisitos de qualidade
A1	RQ 1
P 1	RQ 16; RQ 15; RQ 14
P 2	RQ 9; RQ 10; RQ 11; RQ 12; RQ 13
P3	RQ 8
A 2	RQ 6; RQ 7
P 4	RQ 2; RQ 3; RQ 4; RQ 5
P 5	RQ 2; RQ 3; RQ 4; RQ 5

Quadro 26 – Fases do processo e critérios de qualidade

O próximo passo foi a atribuição de características de qualidade relacionadas a cada requisito de qualidade listado anteriormente, construindo, assim a casa da qualidade. Esta casa confronta os requisitos da qualidade em relação aos requisitos dos clientes, classificando-os em graus de importância, desdobrando as características da qualidade e sistematizando as características que a manutenção deve priorizar durante o planejamento de suas ações. Além disso, auxilia a entender as características que se deseja no resultado final do processo de manutenção, determinando as funções que o equipamento deve desempenhar, para que o produto fabricado atenda aos requisitos de qualidade e necessidades dos clientes externos.

Para a atribuição do valor do consumidor foram analisados os históricos de reclamações de clientes, junto à equipe de controle de qualidade da empresa. As necessidades dos consumidores foram definidas em função das características técnicas e especificações do produto, e foram classificadas com auxílio dos coordenadores de produção. Os requisitos da qualidade, neste caso, são os subconjuntos dos equipamentos da linha de produção. A etapa de elaboração das correlações contou com a participação das equipes de produção, manutenção e controle de qualidade. Para a linha de produção estudada, a “casa da qualidade” é apresentada na Figura 22.

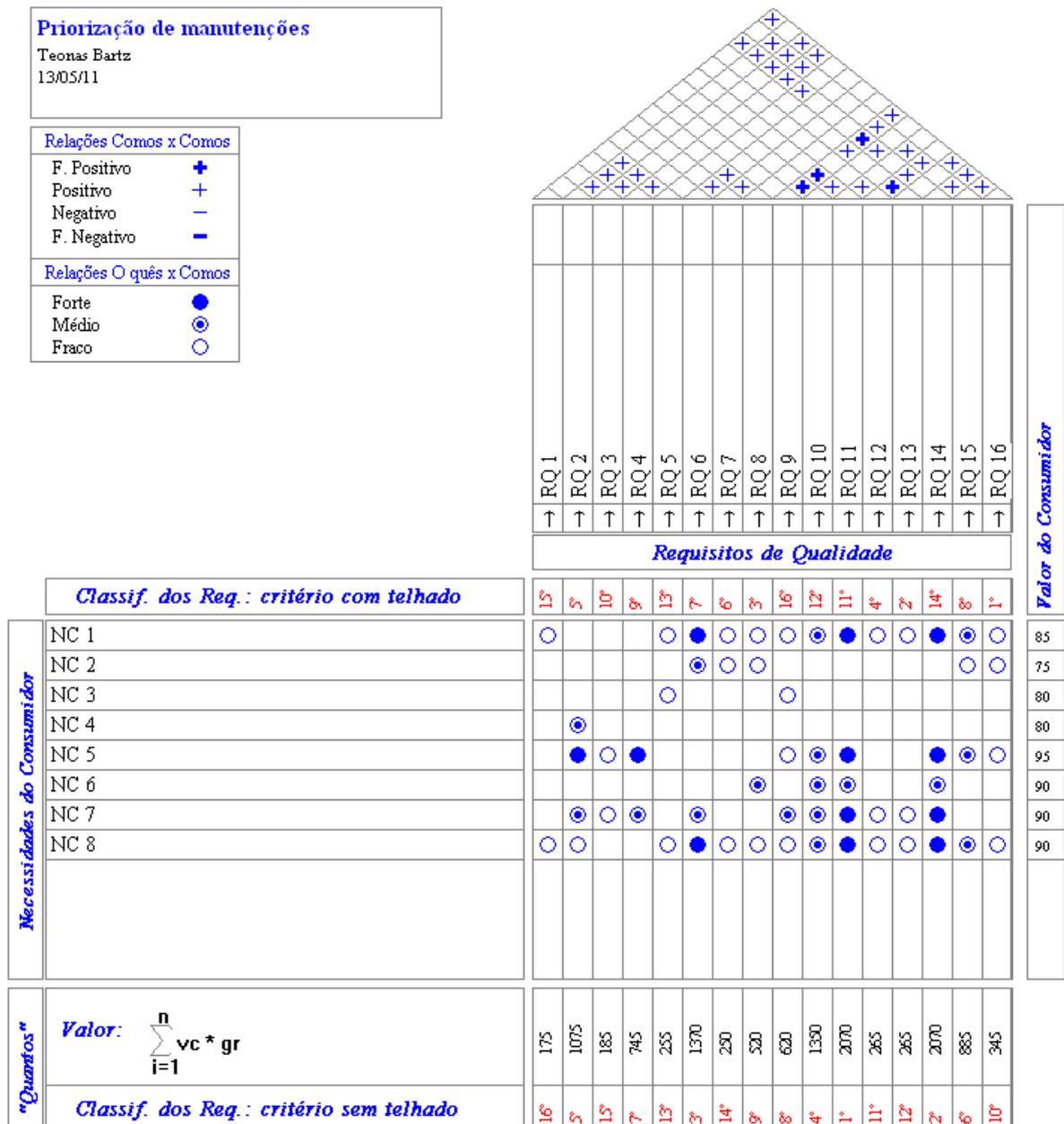


Figura 22 – Prioridades da manutenção usando o QFD. Fonte: elaborado pelo autor com auxílio do software Casa da Qualidade® versão 1.3

Após a construção da casa da qualidade, relacionando as necessidades da linha de produção, chamadas de necessidades do consumidor; com os requisitos de qualidade, neste caso sendo as partes de cada equipamento, chegou-se ao resultado de que a prioridade de manutenção é a apresentada no Quadro 27. Neste quadro é avaliado o critério sem a consideração do telhado da casa da qualidade, que representa a relação entre cada um dos requisitos de qualidade.

Prioridade	Requisitos de qualidade	Processo
1	RQ 11	P 2
2	RQ 14	P 1
3	RQ 6	A 2
4	RQ 10	P 2
5	RQ 2	P 4
6	RQ 15	P 1
7	RQ 4	P 4
8	RQ 9	P 2
9	RQ 8	P 3
10	RQ 16	P 1
11	RQ 12	P 2
12	RQ 13	P 2
13	RQ 5	P 4
14	RQ 7	A 2
15	RQ 3	P 4
16	RQ 1	A 1

Quadro 27 – Priorização da manutenção em relação aos requisitos de qualidade sem telhado

Mostrando-se a influência de cada parte de um processo nos processos e subconjuntos dos demais equipamentos, a priorização da manutenção por processo tem uma alteração de ordenamento, com a alteração de prioridade de quatorze requisitos de qualidade, como mostra o Quadro 28.

Prioridade	Requisitos de qualidade	Processo
1	RQ 16	P 1
2	RQ 13	P 2
3	RQ 8	P 3
4	RQ 12	P 2
5	RQ 2	P 4
6	RQ 7	A 2
7	RQ 6	A 2
8	RQ 15	P 1
9	RQ 4	P 4
10	RQ 3	P 4
11	RQ 11	P 2
12	RQ 10	P 2
13	RQ 5	P 4
14	RQ 14	P 1
15	RQ 1	A 1
16	RQ 9	P 2

Quadro 28 – Priorização da manutenção em relação aos requisitos de qualidade com telhado

Comparando-se o modelo atual de planejamento de manutenções, pode-se observar que o mesmo contempla maior número de manutenções nos processos “P 2” e “P 1”. Pode-se considerar o maior número de manutenções no processo “P 2” por este equipamento ser mais complexo e com maior número de subconjuntos. O fato observado, porém, quando se consideram as relações entre os requisitos de qualidade é que o subconjunto de maior importância para o processo está localizado no processo “P 1” e não sofreu manutenções no período de doze meses analisado. Percebe-se, assim que o planejamento das manutenções está eficiente no que trata dos equipamentos a serem parados para manutenção. Ou seja, somente com uma técnica mais eficaz de priorização pode-se delimitar o subconjunto a sofrer a manutenção, visto que esta priorização deve ocorrer em função das características finais do produto e das necessidades do setor de produção em relação a cada equipamento.

4.8 Proposta de medição de desempenho da satisfação dos clientes da manutenção

O modelo de *check-list* apresentado no Quadro 29 será utilizado para medir o desempenho da manutenção. Para cada manutenção realizada serão avaliados oito requisitos, como limpeza, prazo de entrega, qualidade da manutenção, eficiência do equipamento após a manutenção e outros; com metas para cada um destes e uma meta para a manutenção de cada equipamento. Os dados a serem preenchidos pelos solicitantes das manutenções serão as colunas em cinza, as quais serão individuais. Após, serão tabulados em planilha mensal para determinar o índice de cada manutenção e de cada atividade da manutenção.

Cada um dos requisitos será pontuado com notas de 1 a 10, havendo a possibilidade de pontuar manutenção elétrica, mecânica ou ambas. Com isso, será gerada uma nota para a manutenção do equipamento, com a qual é avaliado o desempenho individual dos executantes dessa manutenção. Tomando um único requisito, este será avaliado ao longo de todo o mês, somando-se todas as notas atribuídas a ele. Assim, consegue-se avaliar o desempenho da equipe de manutenção, sobre cada um dos requisitos.

Estando alguma nota de requisito específico abaixo da meta são geradas ações de correção das causas do problema. Assim, as ações são tomadas para toda a equipe, buscando a melhoria do processo de manutenção.

Nº	Atividade	Peso	A	B	C	D	E	F	Total possível (TO)	OBTIDO (O)	%
1									= n° manut. x peso	=soma de A a F	O / TP
2									= n° manut. x peso	=soma de A a F	O / TP
3									= n° manut. x peso	=soma de A a F	O / TP
4									= n° manut. x peso	=soma de A a F	O / TP
5									= n° manut. x peso	=soma de A a F	O / TP
6									= n° manut. x peso	=soma de A a F	O / TP
7									= n° manut. x peso	=soma de A a F	O / TP
8									= n° manut. x peso	=soma de A a F	O / TP
Total		=soma dos pesos	=soma de 1 a 8								
			= total A / soma dos pesos	= total B / soma dos pesos	= total C / soma dos pesos	= total D / soma dos pesos	= total E / soma dos pesos	= total F / soma dos pesos			

Quadro 29 – *Check-list* para avaliação do desempenho de manutenção.

Foram apresentados e discutidos neste capítulo os resultados desta pesquisa. No capítulo seguinte são apresentadas as conclusões e recomendações para a aplicação da metodologia desenvolvida durante este estudo para implantação do modelo de gestão da manutenção, segundo a TPM, nas demais linhas de produção da empresa estudada.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões da implantação do modelo de gestão de manutenção baseado no TPM, na empresa “Alfa” e recomendações para que o trabalho continue apresentando resultados positivos e seja estendido para as demais linhas de produção da empresa. Também, apresenta algumas recomendações à academia e dificuldades encontradas no andamento do trabalho.

5.1 Conclusões

Considerando que um dos objetivos específicos era avaliar a melhoria no desempenho industrial da empresa, vê-se através dos resultados dos indicadores de desempenho industrial da empresa “Alfa”, que após o início da implantação do modelo de gestão da manutenção, segundo a TPM, os índices de sucata, retrabalho e eficiência obtiveram uma significativa melhoria e tendências positivas. É evidente que os resultados obtidos em curto prazo são reflexos do planejamento das atividades e da observação do cronograma estabelecido para a implantação, sempre observando que o fator de educação e treinamento seria muito importante para o sucesso do trabalho.

Comprovando o que é apontado por Ahuja e Khamba (2008), é difícil e trabalhoso manter o programa de implantação da TPM e obter sucesso em longo prazo. Isso pode ser atribuído em muito a fatores culturais e de envolvimento das pessoas. Outro objetivo específico era identificar qual grupo de colaboradores mais apóia a implantação do modelo proposto para a gestão da manutenção. O resultado desta pesquisa mostra que houve resistência à mudança do modelo de gestão da manutenção nos operadores que tinham tempo de empresa entre cinco e dez anos. Uma das hipóteses para esse comportamento é que neste grupo encontram-se algumas pessoas desmotivadas por acharem que nada pode ser mudado, que sempre foi feito da mesma maneira e que não há necessidade de melhoria; ou seja, encontram-se em uma zona de conforto e não querem ou temem a mudança. Outra hipótese é a realização do treinamento em horário extra ao expediente. Da mesma maneira, vê-se que o grupo mais motivado para as mudanças é o de menor tempo de empresa; podendo ser atribuído este fato à política de contratação de jovens, com idade de até 22 anos e com ensino médio completo. Este novo grupo mostra-se extremamente motivado e participativo na busca de novos conhecimentos, úteis para obter crescimento profissional na empresa, mas também a

empregabilidade, algo importante para o caso de buscarem outras oportunidades no mercado de trabalho. Como segundo grupo mais motivado está o de maior tempo de empresa, onde estão os colaboradores que vivenciaram a época onde a operação da empresa era realizada de forma bastante manual e estão acompanhando os investimentos em melhoria de processos, principalmente a automação. Estes colaboradores vêem na TPM a oportunidade de melhorar cada vez mais as condições de trabalho, aumentando a produtividade com maior qualidade do produto e do processo, menor cansaço físico e mental dos operadores e mais facilidade de conhecer outros processos, aprender a atividade em outros equipamentos, o que cria operadores multifuncionais, fato buscado cada vez mais pelas empresas.

Comparando a situação atual do setor de manutenção da empresa com a situação da manutenção no Brasil, e considerando-se os indicadores de manutenção inicialmente apresentados pela empresa, observou-se que os mesmos não eram suficientes para avaliar o desempenho da manutenção. O indicador de porcentagem de atendimento ao plano previsto, apesar de mostrar que no período analisado o índice acumulado era de 90,23%, não mostrava se as manutenções foram realizadas nos equipamentos planejados. Assim, equipamentos podem quebrar por não terem sofrido as manutenções necessárias, o que era visto pelo indicador de manutenções corretivas, de 1,3%, não atendido em dez dos doze meses avaliados. Além disso, o percentual de indisponibilidade devido à manutenção, 9,41% se somados as manutenções corretiva e preventiva é muito superior ao índice médio apresentado pela pesquisa da ABRAMAN (2009), de 5,43%. Por isso, como resultado desta observação criou-se, ainda, o indicador de satisfação dos serviços de manutenção.

Ainda, trabalhou-se como objetivo específico sugerir um modelo de priorização de manutenção para facilitar o planejamento das paradas por subconjunto dos equipamentos. Pode-se observar que a realização das manutenções baseadas em dados é mais eficaz, visto que as intervenções podem ser concentradas nos processos principais da linha de produção, sem desperdício de tempo na execução de intervenções que possam não representar significância para o resultado global a ser analisado pelos indicadores de desempenho. Como mostrado, atacando as causas da sucata pode-se também melhorar os indicadores de retrabalho e eficiência em pouco tempo, o que seria difícil se as ações fossem tomadas sem uma análise detalhada.

Com isso, obteve-se um resultado bastante satisfatório na melhoria da eficiência, passando da média de 79,25% entre junho de 2009 e maio de 2010 para 83,72% entre julho de 2010 e fevereiro de 2011. A sucata manteve-se em situação estável, passando de 0,75% de média antes das melhorias para 0,76% após a implantação da TPM. Porém, o resultado mais

significativo e que representa uma grande redução dos custos de produção relaciona-se ao retrabalho, que apresentou queda de 4,60% de média antes da TPM para 2,30% após as melhorias. A implantação da TPM na linha de produção estudada foi fundamental para que estes resultados fossem alcançados. Além disso, se espera melhorar ainda mais os índices de sucata e retrabalho, fato que poderá ser melhor verificado no médio prazo.

Assim, para se obter este sucesso, primeiramente deve-se entender que a TPM não pode ser tratada apenas como um tipo de manutenção, mas como um novo modelo de gestão a ser adotado por toda a organização. É uma mudança organizacional que envolve todos os setores e pessoas envolvidos no processo produtivo da empresa. Por isso deve-se ter total apoio da alta administração para implantá-la, planejamento e controle das ações. Só assim, disseminando este modelo é que a TPM alcançará seus objetivos e trazer os resultados esperados pelas organizações.

Outra observação é que o planejamento das manutenções é realizado com base no número de horas trabalhadas por cada equipamento. Como existem limitações no número de horas que cada linha de produção pode ser liberada para manutenção, o subconjunto de cada máquina que deve ser verificado pela manutenção é programado pela experiência das pessoas de manutenção. Assim, este trabalho sugeriu o uso do QFD para que este planejamento seja realizado com auxílio de uma técnica que relaciona cada parte de cada equipamento com todas as necessidades do setor produtivo e com os requisitos de qualidade do produto fabricado; o que garante uma maior confiabilidade para os equipamentos e uma maior competitividade para a empresa.

O quinto objetivo específico era definir um cronograma de implantação adequado à realidade da empresa. Através dos resultados obtidos, conclui-se que a metodologia proposta para a implantação da TPM foi bastante útil para que a empresa aumente sua eficácia de manutenção, reduza os custos desta área e melhore a competitividade industrial através da melhoria de seus indicadores de desempenho, da qualidade do produto, da satisfação da área de produção em relação aos trabalhos de manutenção e, em conseqüência, do cliente final da empresa.

Portanto, afirma-se que a TPM trouxe benefícios para a linha de produção estudada, tornando-a mais competitiva em relação às empresas concorrentes, com melhor desempenho e com um modelo de gestão de manutenção com análise mais técnica, o que faz com que sua gestão seja mais eficaz. Com isso considera-se que o objetivo geral desta pesquisa, de implantar o modelo de gestão da manutenção, baseado na TPM, em uma linha de produção,

para melhorar o desempenho e a competitividade da empresa ‘Alfa’ foi atendido e a empresa foi beneficiada no aumento da competitividade dos produtos fabricados por essa linha.

Além disso, é importante salientar as contribuições que a técnica de priorização, utilizando o QFD, trazem para a avaliação técnica na tomada de ação e planejamento da manutenção, eliminando a subjetividade na priorização das atividades de manutenção.

5.2 Considerações finais e recomendações

Primeiramente, é fundamental salientar a disponibilidade da empresa em fornecer todos os dados solicitados para a realização das análises e a adoção das medidas propostas durante a condução dos trabalhos na linha de produção. Infelizmente, por questões estratégicas internas, não pode ser relatado o ramo de atuação e nem o nome da mesma. Isso faria com que a dimensão deste trabalho pudesse ser melhor visualizada e a replicação da metodologia adotada pudesse ser melhor aplicada por empresas industriais do mesmo setor e adaptada pelos demais.

Apesar de a empresa “Alfa” possuir metas para o setor manutenção e de desempenho industrial bem definidas, sugere-se que sejam adotadas outras metas específicas para avaliar o desempenho da manutenção, como: número e tempo de manutenções preventivas; disponibilidade de equipamentos; número de manutenções não planejadas e número de retrabalho de manutenções. Com a adoção destas metas tornar-se-á mais fácil a identificação das causas dos problemas de manutenção, bem como a tomada de decisão e ação para o aumento do cumprimento do plano de manutenções, o aumento na disponibilidade de equipamentos para produção e a redução no número de manutenções corretivas.

Mesmo assim, além da adoção de novos indicadores para a manutenção, sugere-se também a utilização de métodos técnicos em todas as linhas de produção da empresa, para auxiliar a elaboração do plano de manutenção, além da experiência e de dados dos relatórios. Como sugestões para este método, podem ser usadas: Redes PERT/CPM , ou método do caminho crítico; a manutenção baseada na confiabilidade; FMEA – Análise de Modo e Efeito de Falhas e Seis Sigma.

Também, recomenda-se que a empresa passe a adotar a TPM em todas as linhas de produção, visto que os resultados alcançados foram positivos e também porque a metodologia de implantação está desenvolvida e consolidada pelo grupo de implantação. Este grupo poderá participar, como disseminador e facilitador para os demais grupos, de outros setores que venham a ser criados para implantar a TPM.

Ainda, sugere-se o aprofundamento do tema “Gestão de Manutenção”, pois é uma área estratégica para que as organizações atinjam suas metas. Com isso, outras pesquisas podem ser desenvolvidas em setores desenvolvidos da indústria do estado do Rio Grande do Sul, como confecção, coureiro-calçadista, moveleiro, plásticos, indústria de alimentos e outros.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção. **A situação da manutenção no Brasil: documento nacional 2009**. Rio de Janeiro, 2009.

AHRÉN, T.; PARIDA, A. Maintenance performance indicators (MPIs) for benchmarking the railway infrastructure: a case study. **Benchmarking: An International Journal**, v. 16, n. 2, p. 247-258, 2009.

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. Assessment of contributions of successful TPM initiatives towards competitive manufacturing. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 14, n. 4, p. 356-374, 2008.

_____. Justification of total productive maintenance initiatives in Indian manufacturing industry for achieving core competitiveness. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 19, n. 5, p. 645-669, 2008.

_____. Total productive maintenance: literature review and directions. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 25, n. 7, p. 709-756, 2008.

AHUJA, I. P. S.; KUMAR, P. A case study of total productive maintenance implementation at precision tube mills. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 15, n. 3, p. 241-258, 2009.

ANDRONIKIDIS, A.; GEORGIU, A. C.; GOTZAMANI, K.; KAMVYSI, K. The application of quality function deployment in service quality management. **The TQM Journal**, v. 21, n. 4, p. 319-333, 2009.

ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; BORTOLOTTI, P.; KLIPPEL, M.; PELLEGRIN, I. de. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANVARI, F.; EDWARDS, R.; STARR, A. Evaluation of overall equipment effectiveness based on market. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 16, n. 3, p. 256-270, 2010.

ARCA, J. G.; PRADO, J. C. Personnel participation as a key factor for success in maintenance program implementation. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 57, n. 3, p. 247-258, 2008.

BECKER, S. W. TQM does work: ten reasons why misguided efforts fail. **Management Review**, v. 82, n. 5, p. 30-34, 1993.

BRANCO FILHO, G. - **Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

BRYSON, J. Dominant, emergent, and residual culture: the dynamics of organizational change. **Journal of Organizational Change Management**, v. 21, n. 6, p. 743-757, 2008.

CARNERO, C.; DELGADO, S. Maintenance audit by means of value analysis technique and decision rules: A case study in a bank. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 14, n. 4, p. 329-342, 2008.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007.

CHAN, C. Y. P.; TAYLOR, G.; IP, W. C. Applying QFD to develop a training course for clothing merchandisers. **The TQM Journal**, v. 21, n. 1, p. 34-45, 2009.

CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. de . **QFD – Desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Blucher, 2007.

DENNIS, P. **Produção lean simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ESTURILHO, C. G.; ESTORILIO, C. The deployment of manufacturing flexibility as a function of company strategy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 21, n. 8, p. 971-989, 2010.

ETI, M. C., OGAJI, S. O. T.; PROBERT, S. D. Impact of corporate culture on plant maintenance in the Nigerian electric-power industry. **Applied Energy**, v. 83, n. 4, p. 299–310, 2006.

_____. Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture. **Applied Energy**, v. 83, n. 4, p. 1235–1248, 2006.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FUENTES, F. F. E. **Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. 3. reimpr. São Paulo: Atlas, 2010.

HILAL, A. V. G. de; WETZEL, U.; FERREIRA, V. Organizational culture and performance: a Brazilian case. **Management Research News**, v. 32, n. 2, p. 99-119, 2009.

KARIM, R.; CANDELL, O.; SÖDERHOLM, P. E-maintenance and information logistics: aspects of content format. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 15, n. 3, p. 308-324, 2009.

KHALIL, J.; SAAD, S. M.; GINDY, N. An integrated cost optimization maintenance model for industrial equipment. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 15, n. 1, p. 106-118, 2009.

KHAN, M. R. R.; DARRAB, I. A. Development of analytical relation between maintenance, quality and productivity. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 16, n. 4, p. 341-353, 2010.

KHANLARI, A.; MOHAMMADI, K.; SOHRABI, B. Prioritizing equipments for preventive maintenance (PM) activities using fuzzy rules. **Computers & Industrial Engineering**, v. 54, n. 2, p. 169–184, 2008.

LACEY, D. Understanding and transforming organizational security culture. **Information Management & Computer Security**, v. 18, n. 1, p. 4-13, 2010.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LINN, M. Organizational culture: an important factor to consider. **The Bottom Line: Managing Library Finances**, v. 21, n. 3, p. 88-93, 2008.

LOLLAR, J. G.; BEHESHTI, H. M.; WHITLOW, B. J. The role of integrative technology in competitiveness. **Competitiveness Review: An International Business Journal**, v. 20, n. 5, p. 423-433, 2010.

MACCHI, M.; GARETTI, M. Information requirements for e-maintenance strategic planning: A benchmark study in complex production systems. **Computers in Industry**, v. 57, n. 6, p. 581-594, 2006.

MACHADO, D. D. P. N.; CARVALHO, C. E. Cultural Typologies and Organizational Environment: a conceptual analysis. **Latin American Business Review** (Binghamton), v. 9, n.1, p. 1-32, 2008.

MÁRQUEZ, A. C., LEÓN, P. M. de; FERNÁNDEZ, J. F. G.; MÁRQUEZ, C. P.; CAMPOS, M. L. The maintenance management framework: a practical view to maintenance management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 15, n. 2, p. 167-178, 2009.

McADAM, R.; DUFFNER, A.M. Implementation of total productive maintenance in support of an established total quality programme. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 7, n. 6, p. 613-30, 1996.

MEHDI, R.; NIDHAL, R.; ANIS, C. Integrated maintenance and control policy based on quality control. **Computers & Industrial Engineering**, v. 58, n. 3, p. 443–451, 2010.

MEHRJERDI, Y. Z. Applications and extensions of quality function deployment. **Assembly Automation**, v. 30, n. 4, p. 388-403, 2010.

MELO FILHO, L. D. R. de; BRUNELLI, R. P.; CHENG, L. C. **Método desdobramento da função qualidade (QFD) para seleção de equipamentos na gestão preventiva de equipamentos em uma manufatura de classe mundial (WCM)**. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, SP, Brasil, 12 a 15 de outubro de 2010.

MESELHY, K. T.; EIMARAGHY, W. H.; EIMARAGHY, H. A. A periodicity metric for assessing maintenance strategies. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology** (2010), doi:10.1016/j.cirpj.2010.06.004.

MOAYED, F.; SHELL, R. L. Comparison and evaluation of maintenance operations in lean versus non-lean production systems. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 15, n. 3, p. 285-296, 2009.

MONTANA, P. J.; CHARNOV, B. H. **Administração**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

MORAES, E. A. P.; MARIANO, S. R. H. Uma releitura dos principais modelos de governança de tecnologia da informação. **Vianna Sapiens**. v. 1, n. 1, p. 201 – 217, abr./2010.

MORAES, P. H. de A. **Manutenção produtiva total**: estudo de caso em uma empresa automobilística. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L.; GELDERS, L.; MARTIN, H. Development of maintenance function, performance measurement frame work and indicators. **International Journal of Production Economics** (2010), doi:10.1016/j.ijpe.2010.04.039

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda, 1989.

OBADIA, I. J.; VIDAL, M. C. R.; MELO, P. F. F.. Uma abordagem adaptativa de intervenção para mudança organizacional. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 125-138, jan.-abr. 2007.

OGLIARI, A. **Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetados**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OTANI, M; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**. v. 4, n. 2, p. 01-16, 2008.

PARIDA, A. Study and analysis of maintenance performance indicators (MPIs) for LKAB: a case study. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 13, n. 4, p. 325-337, 2007.

PARIDA, A.; KUMAR, U. Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 12, n. 3, p. 239-251, 2006.

PERES, C. R. C.; LIMA, G. B. A. Proposta de modelo para controle de custos de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados. **Gest. Prod.**, v. 15, n. 1, p. 149-158, jan.-abr. 2008.

PHUSAVAT, K.; KANCHANA, R. Future competitiveness: viewpoints from manufacturers and service providers. **Industrial Management & Data Systems**, v. 108, n. 2, p. 191-207, 2008.

PUN, K. P.; NURSE, A. H. Adopting quality management principles to revitalise the facilities maintenance practices at a port: A study in Trinidad and Tobago. **The Asian Journal on Quality**, v. 11, n. 3, p. 197-209, 2010.

REIS, A. C. B.; COSTA, A. P. C. S.; ALMEIDA, A. T de. Planning and competitiveness in maintenance management: an exploratory study in manufacturing companies. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 15, n. 3, p. 259-270, 2009.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUES, M.; HATAKEYAMA, K. Analysis of the fall of TPM in companies. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 179, n. 1-3, p. 276-279, 2006.

SACHDEVA, A.; KUMAR, D.; KUMAR, P.. Planning and optimizing the maintenance of paper production systems in a paper plant. **Computers & Industrial Engineering**, v. 55, n. 4, p. 817-829, 2008.

SAFARI, E.; SADJADI, S. J. A hybrid method for flowshops scheduling with condition-based maintenance constraint and machines breakdown. **Expert Systems with Applications** (2010), doi:10.1016/j.eswa.2010.07.138.

SELLITTO, M. A.; WALTER, C. Avaliação do desempenho de uma manufatura de equipamentos eletrônicos segundo critérios de competição. **Revista Produção**, v. 16, n. 1, p. 34-47, Jan./Abr. 2006.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SHIU, M. L.; JIANG, J. C.; TU, M. H. Reconstruct QFD for integrated product and process development management. **The TQM Magazine**, v. 19, n. 5, p. 403-418, 2007.

SILVA, C. M. I. da; CABRITA, C. M. P.; MATIAS, J. C. de O. Proactive reliability maintenance: a case study concerning maintenance service costs. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 14, n. 4, p. 343-355, 2008.

SILVA, E. L. da., MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SINGH, R. K.; GARG; S. K.; DESHMUKH, S.G. Strategy development by SMEs for competitiveness: a review. **Benchmarking: An International Journal**, v. 15, n. 5, p. 525-547, 2008.

SÖDERHOLM, P.; HOLMGREN, M.; KLEFSJÖ, B. A process view of maintenance and its stakeholders. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 13, n. 1, p. 19-32, 2007.

TAKAHASHI, Y e OSADA, T. **TPM/MPT: manutenção produtiva total**. 4. ed. São Paulo: Instituto IMAM, 2010.

TONACO, R. P. **Metodologia para desenvolvimento de base de conhecimento aplicada à manutenção baseada em condição de usinas hidrelétricas**. 2008. 83f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Mecatrônicos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

UTNE, I. B. Improving the environmental performance of the fishing fleet by use of Quality Function Deployment (QFD). **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 8, p. 724-731, 2009.

VERRI, L. A. **Gerenciamento pela qualidade total na manutenção industrial: aplicação prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

VERRON, S.; LI, J.; TIPLICA, T. Fault detection and isolation of faults in a multivariate process with Bayesian network. **Journal of Process Control**, v. 20, n. 8, p. 902-911, 2010.

WOOD Jr., T. (Org.). **Mudança organizacional**. São Paulo: Atlas, 2000.

XENOS, H. G. d’P. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Nova Lima: INDG, 2004.

YANG, C. L.; LIN, S. P.; CHAN, Y. H.; SHEU, C. Mediated effect of environmental management on manufacturing competitiveness: An empirical study. **International Journal of Production Economics**, v. 123, n. 1, p. 210–220, 2010.

YIN, R. K.. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZU, X; ROBBINS, T. L.; FREDENDALL, L. D. Mapping the critical links between organizational culture and TQM/Six Sigma practices. **International Journal of Production Economics**, v. 123, n. 1, p. 86–106, 2010.