



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

APLICAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS ÀS INTERVENÇÕES DE
MANUTENÇÃO PROGRAMADA: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA
SIDERÚRGICA GERDAU AÇONORTE.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO
POR

ANDRESA MICHELLE FALCÃO RIBEIRO

Orientador: Profª. Ana Paula Cabral Seixas Costa

Coorientador: Prof. Cristiano Alexandre Virgínio Cavalcante

RECIFE, SETEMBRO / 2006



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

APLICAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS ÀS INTERVENÇÕES DE MANUTENÇÃO PROGRAMADA: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA GERDAU AÇONORTE.

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – como requisito parcial para obtenção de Grau em Engenharia de Produção.

RECIFE, SETEMBRO / 2006

R484a

Ribeiro, Andresa Michelle Falcão

Aplicação da troca rápida de ferramentas às intervenções de manutenção programada: estudo de caso na indústria siderúrgica Gerdau Açonorte / Andresa Michelle Falcão Ribeiro. Recife: O Autor, 2006.

ix, 54 f., il. color., gráfs., tabs.

Monografia (TCC) — Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Depto. de Engenharia de Produção, 2006.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia de Produção. 2.
Ferramentas — trocarápida. 3. Manutenção
programada. I. Título.

655.5 CDD (22.ed.)
BCTG/2006-123

AGRADECIMENTOS

À professora Ana Paula Cabral Seixas Costa, pelas orientações prestadas.

Ao professor Cristiano Alexandre Virgínio Cavalcante, pela coorientação do trabalho.

Ao engenheiro Marcos Guilherme Burger, pela constante assistência.

À Gerdau Açonorte, pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Aos meus pais e namorado, pelo inabalável incentivo e carinho sempre presente.

A todos os amigos do curso de Engenharia de Produção, pelo companheirismo.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção, pelo conhecimento proporcionado.

À Instituição, pelo ambiente saudável e viabilização do aprendizado.

RESUMO

A crescente competitividade no cenário mundial traz às empresas a necessidade de oferecer produtos diferenciados e, principalmente, com menor custo, exigindo destas a obtenção de processos cada vez mais produtivos. Inserida neste cenário, a indústria siderúrgica nacional tem passado por um momento econômico favorável, apoiado no incentivo às exportações e na expansão do consumo do mercado interno, e sente a necessidade de buscar em seus processos soluções que atendam a estas necessidades.

O presente trabalho se encaixa neste contexto, uma vez que aborda uma metodologia de aplicação da Troca Rápida de Ferramentas (TRF), técnica de redução dos tempos de câmbio proposta por Shingeo Shingo, às intervenções de manutenção programada da empresa siderúrgica Gerdau Açonorte. Esta técnica é capaz de introduzir nos processos ganhos operacionais através do aumento da disponibilidade dos equipamentos e melhor uso dos recursos da área de manutenção, traduzindo-se em ganhos e vantagem competitiva.

A discussão da metodologia proposta foi embasada na pesquisa bibliográfica dos conceitos correlatos, manutenção e TRF, relacionando a importância da participação da área de manutenção na busca integrada de melhorias contínuas dos processos e os impactos positivos que as atividades programadas de manutenção, quando bem estruturadas, podem trazer para o desempenho global do processo produtivo. A prática abordada demonstrou resultados superiores de desempenho dos equipamentos e execução das atividades de intervenção e contribuiu para o alcance de significativas reduções nos tempos de preventiva. Outros resultados também alcançados foram o aumento da disponibilidade de equipamentos que desempenham papel fundamental no processo produtivo e melhorias nos aspectos de planejamento das atividades de manutenção programada e gestão dos mantenedores.

APRESENTAÇÃO

Este documento constitui o trabalho de conclusão de curso para obtenção de Grau em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), tendo sido desenvolvido no período letivo correspondente ao primeiro semestre de 2006, durante os meses de junho a setembro do referido ano.

O estudo está embasado na avaliação da proposta metodológica e contribuições da aplicação da Troca Rápida de Ferramentas, técnica de redução dos tempos de câmbio, às intervenções de manutenção programada. Como resultados foram alcançadas significativas reduções dos tempos de intervenção e aumento da disponibilidade dos equipamentos para a produção.

A escolha do tema do projeto foi idealizada a partir da oportunidade de contato da estudante com a metodologia apresentada, através de estágio curricular desenvolvido na empresa Gerdau Açonorte, responsável por sua elaboração e implementação.

Figura 2.1	Manutenção Inserida na Cadeia de Valor.....	6
Figura 2.2	Evolução da Manutenção	11
Figura 3.1	Os Pilares do SMI.....	25
Figura 3.2	Metodologia TRF na empresa	28
Figura 3.3	Hierarquia do A3 na empresa	31
Figura 3.4	<i>Spaghetti Chart</i>	33
Figura 3.5	Matriz de Polivalência	35
Figura 3.6	Modelo de Ata de Reunião	36
Figura 3.7	Pareto de Priorização	40
Figura 3.8	Pareto de Relevância	41
Figura 3.9	Separação Atividades Internas x Atividades Externas	45
Figura 3.10	Classes de Prioridade.....	53

Quadro 2.1	Evolução da Manutenção.....	7
Quadro 2.2	Mudança nas Técnicas de Manutenção	8
Quadro 2.3	Papéis e Responsabilidades na <i>TPM</i>	13
Quadro 2.4	Conceitos e Técnicas da Filosofia <i>JIT / TQC</i>	16
Quadro 3.1	Necessidades do Negócio	32
Quadro 3.2	Emparelhamento de Dados para seleção do Equipamento Piloto	39
Quadro 3.3	Cálculo do IP	39
Quadro 3.4	Cálculo do Grau de Relevância	41
Quadro 3.5	Lista de Atividades em uma Intervenção.....	43
Quadro 3.6	Separação entre Atividades Internas e Externas.....	44
Quadro 3.7	Erro no cálculo da Utilização	51
Quadro 3.8	Similaridade dos Graus de Relevância	52

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo Geral	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA	2
 CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
2.1 MANUTENÇÃO	4
2.1.1 Definição	4
2.1.2 Objetivos	8
2.1.3 Classificação	9
2.1.4 Técnicas de Análise de Falhas	10
2.1.5 TPM	11
2.1.6 Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM)	13
2.2 TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS.....	13
2.2.1 O Sistema Toyota de Produção.....	14
2.2.2 A Troca Rápida de Ferramentas - Definição	18
2.2.3 Estratégias e Técnicas para Aplicação da TRF	18
2.2.4 Benefícios da TRF	21
2.3 APLICAÇÃO DA TRF NA MANUTENÇÃO PROGRAMADA.....	22
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
 CAPÍTULO 3 – O ESTUDO DE CASO	24
3.1 HISTÓRICO DA EMPRESA.....	24
3.2 O SISTEMA DE MANUTENÇÃO INTEGRADA.....	25
3.3 CENÁRIO	27
3.4 A METODOLOGIA	28
3.5 PONTOS RELEVANTES E GANHOS ALCANÇADOS.....	49
3.6 SUGESTÕES DE MELHORIAS.....	50

CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	54
4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
4.2 RECOMENDAÇÕES	55

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta os fatores que justificam a escolha do tema da pesquisa, apontando os objetivos específicos e geral definidos para a estruturação e desenvolvimento deste projeto de final de curso.

1.1 Justificativa

A preocupação em se manter e crescer no mercado tornou-se um desafio constante para as empresas. A busca pela maior eficiência, processos mais estáveis e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis levaram a mudanças na forma como as empresas trabalhavam. Neste cenário, a busca pela excelência dos processos através de atividades que impliquem no emprego de equipamentos para a produção de um bem passa pela necessidade de que estes equipamentos estejam funcionando de acordo com a capacidade esperada do processo. Este fato justifica a crescente importância com que são vistas as atividades de manutenção, como instrumentos auxiliares da determinação da qualidade dos bens e satisfatório desempenho dos processos.

Sob o aspecto técnico, as práticas de manutenção têm apresentado constante evolução, porém a busca pelas melhores práticas e técnicas caracteriza-se como um processo contínuo e ininterrupto nas empresas que visam à garantia de processos robustos e capazes. Com o advento do *Lean System*, as empresas iniciaram um processo de redirecionamento estratégico, em busca da quebra de antigos paradigmas e adoção de práticas que proporcionem perdas reduzidas através da eliminação de atividades que não agregam valor.

Fazer a ligação entre as práticas de manutenção e os conceitos e técnicas advindos do *Lean System* se caracteriza num diferencial competitivo, uma vez que é capaz de promover um planejamento mais estruturado e uma melhor utilização dos recursos investidos. Para os casos em que a empresa já atingiu, através de um estruturado sistema de manutenção, uma estabilidade no desempenho de seus equipamentos, mantendo sob controle os fatores geradores de interrupções inesperadas, é necessário que sejam encontradas outras abordagens que possibilitem melhoria na utilização dos equipamentos e aumento de produtividade dos processos, e é exatamente este o cenário encontrado na empresa estudada.

O trabalho desenvolvido pela Gerdau Açonorte trata-se da aplicação da técnica de Troca Rápida de Ferramentas nas intervenções de manutenção programada, com foco nas manutenções preventivas, e pode ser visto como um exemplo positivo para empresas e estudiosos interessados na conquista de ganhos no processo e, em consequência, vantagem

competitiva no mercado. Considerando que a manutenção preventiva deve garantir que todas as intervenções efetuadas nos equipamentos sejam realizadas no momento necessário e oportuno, de modo que afetem minimamente o ritmo de trabalho e a produção das áreas, o trabalho aqui estruturado tem importância fundamental na garantia de processos mais produtivos, com maiores taxas de disponibilidade dos equipamentos, melhor qualidade das atividades realizadas e reduzidos tempos de intervenção.

1.2 Objetivos

Serão aqui apresentados os objetivos específicos e geral, que norteiam este projeto e conduziram seu desenvolvimento, com o intuito de expor de forma clara sua relevância, motivação e benefícios esperados a partir de sua composição.

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a contribuição alcançada a partir da implementação da Troca Rápida de Ferramentas nas atividades de manutenção programada, com foco em manutenções preventivas, e propor melhorias que contribuam para a modelagem de uma metodologia mais robusta, com melhores resultados.

1.2.2 Objetivos Específicos

Buscando a compreensão do objetivo geral deste estudo, são apontados como objetivos específicos:

- ▶ Identificar as principais características das atividades de manutenção;
- ▶ Apresentar os conceitos envolvidos com o *Lean System*;
- ▶ Explicitar os conceitos, aplicações e vantagens da aplicação da técnica de TRF;
- ▶ Entender a estrutura do Sistema de Manutenção da empresa estudada;
- ▶ Apresentar a metodologia utilizada pela empresa para aplicação da TRF nas intervenções de manutenção programada;
- ▶ Avaliar os resultados da aplicação desta metodologia na empresa;
- ▶ Identificar pontos falhos e propor melhorias.

1.3 Metodologia da Pesquisa

Este trabalho baseia sua metodologia no desenvolvimento de um estudo de caso na Gerdau Açonorte, empresa siderúrgica situada na cidade de Recife, em Pernambuco,

abordando o modelo utilizado pela mesma para aplicação da Troca Rápida de Ferramentas nas atividades de manutenção preventiva. A partir de um estudo teórico foi realizada uma análise crítica das etapas que compõem a metodologia de TRF utilizada pela empresa, com o propósito de identificar pontos falhos ou passíveis de melhoria e propor soluções que otimizem os resultados alcançados.

A contextualização nos conceitos envolvidos é extremamente importante para que o leitor esteja apto a entender e analisar também de forma crítica a metodologia apresentada, e identificar os reais ganhos conquistados com sua implementação, nas principais dimensões do processo produtivo.

Na fundamentação teórica serão apresentados os conceitos de manutenção, seus tipos, objetivos e metodologias existentes, bem como o Sistema Toyota de Produção, também conhecido como *Lean System*, seus pilares, objetivos e técnicas envolvidas. Em seguida será abordada a Troca Rápida de Ferramentas, uma das ferramentas do *Lean System*, abrangendo desde sua concepção até as técnicas de implementação e resultados esperados.

O trabalho possui sua estrutura desenhada em quatro capítulos, que abordarão de forma evolutiva o tema proposto. No primeiro capítulo serão apresentadas a justificativa e relevância do trabalho, bem como os objetivos, geral e específicos, que determinam seu norte de criação. Na fundamentação teórica, segundo capítulo, serão apresentados os conceitos de manutenção, tipos, objetivos e metodologias existentes, bem como o Sistema Toyota de Produção, também conhecido como *Lean System*, seus pilares, objetivos e técnicas envolvidas. Em seguida será abordada a Troca Rápida de Ferramentas, uma das ferramentas do *Lean System*, abrangendo desde sua concepção até as técnicas de implementação e resultados esperados.

O capítulo três dedica-se à apresentação da empresa estudada, introduzindo sua história, processos e produtos, o sistema de manutenção utilizado e em seguida a descrição detalhada das etapas que compõem a metodologia de aplicação da TRF e suas contribuições e importância para o alcance das metas estipuladas. Serão também propostas algumas melhorias, sob o ponto de vista da autora e seu contato com a metodologia apresentada. No quarto e último capítulo serão realizadas as conclusões finais e apontadas recomendações para futuros trabalhos nesta área de pesquisa. Por fim será listada a bibliografia utilizada para sustentação e desenvolvimento do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Serão contempladas, neste capítulo, as bases teóricas sobre as quais este estudo de caso foi desenvolvido, abrangendo a conceituação de Manutenção, o Sistema Toyota de Produção e a Troca Rápida de Ferramentas.

2.1 Manutenção

Nesta seção será apresentado o tema manutenção, abordando desde sua origem e evolução, até as metodologias e técnicas difundidas mundialmente. Será introduzida a conceituação necessária pra embasar, num momento seguinte, o estudo de caso.

2.1.1 Definição

Os primeiros registros de atividades de manutenção datam do século X, quando os *Vikings* dependiam fortemente de manutenção para manter seus navios em perfeitas condições de batalha (PASCOLI, 1994). Já o termo difundido mundialmente, “manutenção”, teve sua origem no vocabulário militar, com o significado de manter, nas unidades de combate, o efetivo humano e o material num nível constante. A partir de 1950 a nomenclatura “manutenção” passou a fazer parte do âmbito industrial, tendo sido adotada inicialmente nos Estados Unidos (MONCHY, 1989).

Atualmente diversas são as definições encontradas para o termo “manutenção”, mas todas, sob uma visão geral, contextualizam o mesmo propósito. Segundo o dicionário Aurélio, “manutenção é o conjunto de medidas necessárias para a conservação ou permanência de alguma coisa ou de uma situação, ou ainda como os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas”. Para Ferreira (1997), manutenção é o “ato ou efeito de manter em perfeitas condições tudo aquilo que foi criado um dia”. A norma ABNT/NBR 5462-1994 define manutenção como a “combinação de ações técnicas, administrativas e de supervisão, com o objetivo de manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”, que significa, em outras palavras, fazer o que for necessário para assegurar que um equipamento ou máquina opere dentro de condições mínimas de requerimentos e especificações sobre as quais foi projetado, num determinado nível de desempenho exigido. A norma inglesa BS-3811/1993, define manutenção como “a combinação de qualquer ação para reter um item ou restaurá-lo, de acordo com um padrão aceitável”.

Dentre os conceitos utilizados para o termo manutenção, o que parece mais abrangente é o que o define como “o conjunto de atividades direcionadas para garantir, ao menor custo possível, a máxima disponibilidade do equipamento para a produção, na sua máxima capacidade” (Fonte: desconhecida).

De fato, a razão da existência e adoção de atividades de manutenção é combater a degradação de quaisquer equipamentos e instalações, que podem ser manifestadas de formas diversas, envolvendo desde a má aparência até perdas parciais e, em casos extremos, perda completa das funções a que se propõe, gerando paradas de produção, perda de qualidade dos produtos e serviços, poluição e desastres ambientais.

Em síntese, a manutenção no âmbito industrial é uma função cujo papel é manter o controle constante das instalações, bem como o conjunto de trabalho de reparo e revisões necessárias para garantir o funcionamento regular e o bom estado de conservação das instalações produtivas, serviços e instrumentação dos estabelecimentos (OCDE apud FILHO, 2000).

As áreas de manutenção, se identificadas e otimizadas dentro da cadeia de valor da organização, podem oferecer uma vantagem competitiva diferencial. É com base neste pressuposto que se fundamenta o presente trabalho.

Segundo Porter (1989), a cadeia de valor organizacional é composta por nove categorias genéricas subdivididas em duas atividades:

- ▶ Atividades Primárias: englobam Logística Interna e Externa, Operações, Marketing, Vendas e Serviços;
- ▶ Atividades de Apoio: envolvem Infra-Estrutura, Gerência de Recursos Humanos, Desenvolvimento de Tecnologia e Aquisição.

A análise e integração dessa cadeia, a partir da identificação do potencial de cada parte, irá determinar a vantagem competitiva alcançada por uma empresa.

A manutenção, tema abordado neste momento, está inserida nas atividades denominadas de apoio, com o fornecimento e manutenção da infra-estrutura (água, energia elétrica, vapor, gás, ar comprimido, etc.) e também nas atividades denominadas primárias, através da manutenção de equipamentos e bens de capital.

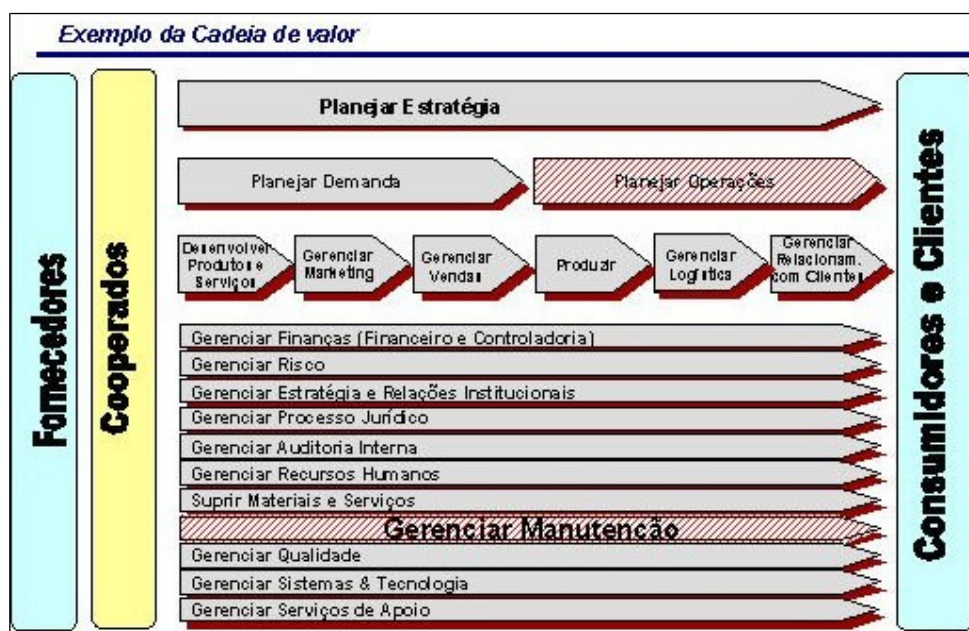


Figura 2.1 – Manutenção Inserida na Cadeia de Valor

Fonte: Modelo de Porter (1989) aplicado a uma Cooperativa.

Tendo a manutenção um forte elo de ligação com os setores produtivos, especialmente quando se trata de qualidade e produtividade, esta passou a assumir um papel estratégico essencial no atendimento dos resultados operacionais e financeiros esperados do negócio (Xenos, 1998). Após a Segunda Guerra Mundial, com o advento do modelo japonês de manutenção, denominado TPM (*Total Productive Maintenance*), a área de manutenção passou a ser enxergada como uma função estratégica nas organizações e ao longo das últimas décadas encontra-se em um intenso processo de evolução, deixando a concepção de ser uma simples metodologia para se tornar um complexo sistema de gestão empresarial. Sob uma análise crítica, vemos que a história e o desenvolvimento da manutenção estão ligados ao próprio desenvolvimento industrial.

No ano de 1914 era o próprio departamento de produção que trabalhava a manutenção e esta era vista com uma importância secundária para o processo. Após a Primeira Guerra Mundial, quando Henry Ford criou e desenvolveu equipes destinadas a atender as exigências do sistema produtivo e garantir o funcionamento dos equipamentos, a manutenção já iniciava seu processo de evolução (Tavares, 1999).

Segundo Pinto & Xavier (2001), a evolução da manutenção nas últimas décadas pode ser agrupada em três gerações, tendo cada uma se destacado em diferentes aspectos.

Quadro 2.1 – Evolução da Manutenção

Evolução / Década	1970	1980	1990	2000
Estratégia	Máxima Eficiência dos Equipamentos		Produção TPM	Gestão de TPM
Foco	Equipamento		Sistema de Produção	Sistema Geral da Companhia
Perdas	Perda por Falha	Perdas principais, com foco nos equipamentos	Perdas assim divididas: Equipamentos, Fatores Humanos, Recursos na Produção.	Perdas assim divididas: Processos, Inventário, Distribuição e Compras.

Fonte: IMAI apud FGV EBAPE (2004)

- Primeira Geração: corresponde ao período que antecede a Segunda Guerra Mundial. As indústrias possuíam pouquíssima mecanização e a manutenção era caracterizada pela atuação no equipamento após a ocorrência da falha, de modo a restabelecer seu funcionamento (Manutenção Corretiva). As paradas de produção pouco importavam e as competências técnicas e gerenciais dos profissionais eram muito restritas.
- Segunda Geração: tem início com a Segunda Guerra Mundial, quando surge o conceito de “manutenção preventiva”. Passa-se a exigir competências técnicas e gerenciais como nunca antes. A partir do estudo e análise dos custos de manutenção, os investidores passam a enxergar a manutenção ocupando uma posição hierárquica semelhante à produção. As intervenções começam a ser estruturadas em intervalos fixos de tempo, antecipando-se e corrigindo-se as causas de possíveis falhas no sistema. É neste mesmo período que surge a “Engenharia de Manutenção”, com o objetivo de apoiar a manutenção através do uso de métodos de controle, com o auxílio do computador, na década de 60. Ainda nos anos 60 e 70, o departamento de Defesa dos Estados Unidos, em conjunto com a indústria aérea militar, elaborou as primeiras análises de políticas da manutenção denominadas *Reliability Centered Maintenance*, ou RCM, largamente utilizadas nos dias atuais.
- Terceira Geração: iniciada a partir da década de 70. Nesta fase a manutenção preventiva passa a tomar como base a performance e o desempenho dos equipamentos e, através de novas técnicas capazes de fornecer diagnósticos preliminares de falhas dos equipamentos, nasce a Manutenção Preditiva. Inicia-se então o desenvolvimento

tecnológico dos parques industriais, com a adoção da mecanização e da automação e com a adoção de concepções de confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

Quadro 2.2 – Mudança nas Técnicas de Manutenção

<u>1ª Geração</u>	<u>2ª Geração</u>	<u>3ª Geração</u>
Arruma quando quebra	Revisões programadas Sistemas de Planejamento e Controle do Trabalho Computadores lentos e grandes	Monitoramento das condições; Desenho para Confiabilidade e Manutenibilidade; Computadores rápidos e pequenos; Análise dos modos de falhas e efeitos; Sistemas Experts; Multi-Funcionalidade e Trabalho em Equipe;
1940 1950	1960 1970	1980 1990 2000

Fonte: Moubray (1997)

Desde então as organizações encontram-se em um contínuo processo de transformações, sendo estas muitas vezes rápidas e profundas, na busca pelo aumento de competitividade e desenvolvimento tecnológico. Esta busca tem levado as empresas a verdadeiras revoluções em seus processos produtivos.

Atualmente, as áreas de manutenção vêm participando de forma ativa dos sistemas de Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management* ou TQM) e vêm dando suporte às demais áreas das organizações. Além de ter posto seu foco na satisfação dos clientes, o TQM também impôs requerimentos para entender e identificar a competição (DUTKA, 1998).

2.1.2 Objetivos

São objetivos da manutenção:

- ▶ Manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos, e prevenir prováveis falhas ou quebras dos componentes dos sistemas (UFPA, 2006).
- ▶ Desenvolver com eficiência e utilizar recursos disponíveis para conservar as propriedades físicas das unidades, enquanto se produz com segurança e continuidade ao nível mais econômico possível (TROSS, 1999).
- ▶ Conseguir um determinado nível de disponibilidade de funcionamento em condições de qualidade exigível, ao mínimo custo e com o máximo de segurança para o pessoal de utilização e de manutenção (SILVA, 2006).

2.1.3 Classificação

A Manutenção pode ser classificada quanto ao planejamento e quanto ao objetivo a que se propõe. Quanto ao planejamento ela pode ser:

- ▶ Não-Programada;
- ▶ Programada: pode ser Periódica ou Aperiódica.

E quanto ao objetivo ela pode ser:

- ▶ Manutenção Corretiva;
- ▶ Manutenção Preventiva;
- ▶ Manutenção Preditiva.

Manutenção Corretiva: caracteriza-se pelo conjunto de atividades realizadas após uma avaria, falha ou deterioração da função (SILVA, 2006). Tem como objetivo corrigir as falhas e trazer o equipamento de volta ao seu funcionamento padrão. Este tipo de manutenção é responsável por grande parte da perda de produtividade na área de produção e deve ser minimizada. Algumas características específicas da manutenção corretiva são:

- ▶ A necessidade de intervenções ocorre de maneira aleatória;
- ▶ O tempo de execução depende das condições de momento;
- ▶ Não há como planejar o trabalho de manutenção, a menos de procedimentos básicos.

Manutenção Preventiva: é caracterizada pela intervenção programada, com periodicidade definida, estabelecida a partir das especificidades dos equipamentos e condições operacionais em que estão inseridos. Sua estratégia envolve a substituição ou restauração de um dispositivo, de modo a garantir o correto e pleno funcionamento dos equipamentos e corrigir qualquer alteração funcional antes que se torne uma avaria. O tipo de atuação pode variar de uma simples limpeza ou lubrificação, e utilizar-se de um *check-list*, até a desmontagem e completa substituição dos componentes. Um programa de manutenção preventiva bem estruturado é capaz de prolongar a longevidade dos equipamentos. Este tipo de manutenção é atualmente a mais empregada e consegue significativa redução nos tempos de parada. São características da manutenção preventiva:

- ▶ Pode ser programada em detalhes e planejada com antecedência;
- ▶ Trabalhos de baixa periodicidade são realizados em linhas, e os de grande periodicidade são realizados em atividades de manutenção de maior porte.

Manutenção Preditiva: caracteriza-se pela aplicação de técnicas de monitoramento de algum parâmetro operacional dos equipamentos, que descrevam a evolução da falha. Com base no registro da evolução temporal do parâmetro monitorado é tomada a decisão de intervir, ou não no equipamento, com o objetivo de retornar o dispositivo que apresenta evolução de falha ao seu estado padrão. Sua estratégia envolve a restauração ou substituição de um componente em intervalos variáveis de tempo, antes que ocorra a redução da capacidade de desempenho de um equipamento para abaixo do valor mínimo estabelecido para a função, ou mesmo a parada completa de seu funcionamento.

Através do uso de sensores, medições, análise de fluidos, análise de características elétricas, entre outras, tem-se acesso a informações que possibilitam a atuação, no momento certo e ponto certo. As técnicas mais comuns utilizadas para a coleta de informações são a termografia, a ferrografia, a vibração, a medição de parâmetros elétricos como isolamento, a corrente e a tensão. Um fator dificultante para a aplicação da manutenção preditiva, além do domínio tecnológico que esta exige, é o fato de que este tipo de manutenção só é passível de aplicação a um pequeno e específico percentual de equipamentos. São características da manutenção preditiva:

- ▶ Maximiza a disponibilidade operacional dos equipamentos;
- ▶ O trabalho pode ser melhor planejado;

Parâmetros operacionais para implantação de um programa de manutenção preditiva: todo o trabalho de manutenção preditiva baseia-se na possibilidade de medir valores ditos característicos de variáveis operacionais de equipamentos. Alguns parâmetros básicos são: vibrações, temperatura, análise de contaminação, propagação acústica, sentidos humanos.

2.1.4 Técnicas de Análise de Falhas

A busca pelo aumento da confiabilidade dos equipamentos exige a utilização de técnicas de análise de falhas, que são a base para a Engenharia de Manutenção. Tais técnicas têm por objetivo identificar a causa do problema e sugerir ações de bloqueio que solucionem os

problemas cujos impactos afetam negativamente a confiabilidade dos equipamentos e instalações. Dentre as técnicas de análise de falhas merecem destaque:

- ▶ FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis* - Análise do Modo e Efeito da Falha;
- ▶ RCFA - *Root Cause Failure Analysis* - Análise da Causa Raiz da Falha;
- ▶ MASP - Método de Análise e Solução de Problemas;
- ▶ RCM - *Reliability Centered Maintenance* - Manutenção Centrada na Confiabilidade, também incluída aqui apesar de ser mais abrangente.

2.1.5 TPM

Dentre as metodologias de manutenção aplicadas atualmente a mais amplamente difundida é a Manutenção Produtiva Total (TPM).

Este conceito de manutenção envolve o departamento de manutenção e toda a cadeia produtiva, com o objetivo de alcançar o zero defeito/quebra nos equipamentos, através da melhoria contínua dos processos, de realização pelo homem da produção de pequenos reparos diários, da criação do sentimento de propriedade e zelo pelo equipamento, da reeducação do funcionário para a segurança, a qualidade e a produtividade sem custo adicional. Trata-se de um método de gestão capaz de identificar e eliminar perdas existentes nos processos produtivos, maximizando a utilização dos ativos industriais e garantindo a produção de itens de alta qualidade com custos competitivos no mercado. Junto com o 5S e a polivalência, o TPM pode ser considerado como prática básica na manutenção moderna.

A evolução cronológica da manutenção pode ser observada na tabela abaixo.

Evolução da Manutenção	Até década de 50	Década de 50	Década de 60	Década de 70
Estágio	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção do Sistema de Produção	Manutenção Produtiva Total
Conceitos				
Reparo <i>a posteriori</i>	x	x	x	x
Gestão econômica da manutenção		x	x	x
Manutenção Preventiva		x	x	x
Visão Sistêmica			x	x
Manutenção corretiva com incorporação de melhoria			x	x
Manutenção preditiva			x	x
Abordagem participativa				x
Manutenção Autônoma				x

Figura 2.2 – Evolução da Manutenção

Fonte: Santos (2003)

O TPM expande sua área de atuação sobre a cadeia de suprimentos, a gestão de materiais e o aumento da satisfação do cliente. Sua atenção é concentrada na eliminação das perdas geradas pelo mau uso dos equipamentos, recursos humanos e utilidades, de modo a restaurar as não-conformidades e introduzir melhorias até que se alcance a completa eliminação das quebras e defeitos. Além disso, ele também possibilita a eliminação de perdas decorrentes de má qualidade e não-conformidade, tanto do produto, processo ou equipamento, quanto do nível de atendimento (TROSS, 1999).

De um modo geral, a Manutenção Produtiva Total busca a maximização da performance operacional das unidades industriais, com a participação de todas as áreas da empresa, criando a consciência de que a manutenção é responsabilidade de todos. Alguns resultados alcançados com a implementação do TPM são:

- ▶ Redução de quebras em equipamentos;
- ▶ Redução de pequenas paradas;
- ▶ Melhoria dos índices de qualidade;
- ▶ Diminuição de reclamações de clientes;
- ▶ Redução do nível de estoques e acidentes de trabalho;
- ▶ Diminuição de custos e retrabalhos;
- ▶ Aumento da produtividade e disponibilidade das instalações industriais.

Uma de suas vantagens sobre os demais conceitos é que sua aplicação possibilita a obtenção de indicadores de desempenho de produtividade, performance e qualidade atuais, que podem ser comparados a um referencial de excelência (TROSS, 1999).

Pelo TPM a afirmação "Da minha máquina cuido eu" é adotada pelos operadores que passam a dispensar ao(s) equipamento(s) uma atenção especial, diferente da abordagem encontrada em empresas que não aplicam esta metodologia. Esta nova atitude em relação às máquinas contempla a observação do desempenho, a limpeza, a organização e as atividades de manutenção. À medida que os operadores executam tarefas elementares de manutenção, os mantenedores podem se dedicar a tarefas mais complexas e atividades de análise e melhoria da planta (XAVIER, 1998).

Quadro 2.3 – Papéis e Responsabilidades na TPM

OPERADORES	Executar tarefas de manutenção Lubrificação, regulares, engaxetamento, reaperto.
MANTENEDORES	Executar tarefas com maior grau de complexidade ou dificuldade.
ENGENHEIROS	Planejamento, projeto e desenvolvimento de equipamentos que "não exijam manutenção".

Fonte: Xavier (1998)

2.1.6 Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM)

A RCM é um processo utilizado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional. Para tanto, o processo analisa os seguintes pontos:

- ▶ Funções e padrões de desempenho;
- ▶ De que forma ele falha;
- ▶ O que causa cada falha;
- ▶ O que ocorre quando acontece a falha;
- ▶ O que pode ser feito para prevenir a

falha; Como resultados, podem ser obtidos:

- ▶ Otimização do programa de manutenção preventiva e preditiva;
- ▶ Otimização do investimento feito nesses programas;
- ▶ Aumento da disponibilidade o que permite aumento da produção (XAVIER, 1998).

2.2 Troca Rápida de Ferramentas

Nesta seção é apresentada a Troca Rápida de Ferramentas, partindo do Sistema Toyota de Produção e seus conceitos, até as estratégias e técnicas propostas para sua aplicação e seus benefícios.

2.2.1 O Sistema Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção teve origem na década de 60, no Japão pós-Segunda Guerra Mundial. Neste período, o país que conta com uma nação composta por várias ilhas e uma área territorial 23 vezes menor que a do Brasil, encontrava-se devastado. Com o domínio do mercado mundial pelos produtos americanos, a Toyota percebeu que para manter viva a economia nacional e evitar que seu mercado fosse inundado por produtos estrangeiros teria que adotar uma nova forma de gerir sua empresa, de modo que atendesse às características específicas da demanda local, de consumo em baixos volumes e alta variedade.

Foi então idealizado e posto em prática o Sistema Toyota de Produção, cuja gestão da produção utiliza como idéia básica a viabilização de um fluxo contínuo dos produtos que estão sendo manufaturados de modo a se obter flexibilidade e maior poder de reação às alterações de demanda, eliminando as perdas durante o processo. O STP é sustentado por dois pilares, o *JIT* e a Autonomia, e seu principal foco é a redução ou eliminação total das perdas através de melhorias significativas de processo e operações, cujos resultados refletem na redução natural de inventário e força de trabalho, alcançando aumento de produtividade e redução dos custos.

O Sistema Toyota de Produção sustenta-se na abordagem dos seguintes itens:

1. As sete perdas descritas por SHINGO (2000), com base no princípio da completa eliminação de perdas, de OHNO (2000);
2. O *Just-in-Time*, apoiado no *kanban*, que reduz os estoques intermediários, fornecendo os materiais no local, na hora, na qualidade e na quantidade necessária;
3. Autonomia (*Jidoka*), que dá autonomia para o operador parar a linha em caso de produção defeituosa. Para a sua consecução, precisamos identificar as pessoas com potencial e capacitá-las;
4. A abordagem sistemática dos cinco porquês para a causa fundamental dos problemas.

A Toyota, criadora do sistema de produção puxado ou *JIT* (*just-in-time*), buscou compensar a falta de recursos naturais através de programas agressivos em prol da utilização eficiente de recursos como matérias-primas, equipamentos, e obtenção de um nível superior de qualidade, evitando ao máximo qualquer forma de perda.

Mas como se fundamenta esta filosofia inovadora que alcançou resultados tão consistentes e lucrativos? De acordo com Moura e Benzato (1994), o *JIT* é “a organização

total do processo de produção, de modo que as peças e submontagens – tanto compradas quanto manufaturadas – encontrem-se disponíveis no piso da fábrica somente quando necessárias – nem antes, nem depois do tempo certo”.

Segundo Shingo (2000), “o *JIT* é um fim, e não um meio, e sem a compreensão das técnicas que o compõem, o *JIT* por si só não tem nenhum sentido”. Desta forma, o sucesso do *JIT* depende da correta aplicação de seus diversos sistemas e técnicas operacionais, que estão relacionados abaixo:

- ▶ O sistema *Kanban*: usado para programar a produção no tempo exato;
- ▶ Métodos regulares de produção para podendo assim, adaptar-se às variações da demanda;
- ▶ Método de redução do tempo de câmbio de máquinas (Troca Rápida de Ferramentas);
- ▶ Padronização de operações para balancear linhas de produção.
- ▶ *Planejamento de Layout* do posto de trabalho e polivalência da mão-de-obra para obtenção de flexibilidade no plano de produção;
- ▶ Aperfeiçoamento das atividades através de sistemas de sugestões ou pequenos grupos para reduzir a mão-de-obra e aumentar a moral dos trabalhadores;
- ▶ Sistema de controle Visual (um dos conceitos de autonomia);
- ▶ Sistema de Administração por funções para promover em toda a empresa, o controle de qualidade, etc (MONTEIRO, 2005).

O STP trabalha a maximização do trabalho que agrega valor, ou seja, que efetivamente transforma a matéria-prima em produto acabado, e a redução progressiva de todo trabalho que não agrega valor, abolindo qualquer forma de perda. O STP identificou e agrupou as perdas no processo em sete tipos:

1. Perda por superprodução;
2. Perda por transporte;
3. Perda por processamento em si;
4. Perda por movimentação;
5. Perda por estoque;
6. Perda por defeito (não-qualidade);
7. Perda por espera.

O *JIT*, originado na indústria automobilística, foi aos poucos consolidando seus princípios gerais e difundindo-os para ramos adjacentes, como o de autopeças e eletrônicos, levando o Japão ao reconhecimento mundial como padrão de excelência. Nos anos 80, com a expansão da economia Japonesa frente à crise mundial que se instalara, esta filosofia passou a ser o alvo da atenção de especialistas e estudiosos que defendiam sua aplicação também no Ocidente (Tubino, 1997).

Quadro 2.4 – Conceitos e Técnicas da Filosofia JIT / TQC

Filosofia <i>JIT</i> / TQC	
Satisfazer as necessidades do cliente Eliminar desperdícios Melhorar continuamente Envolver totalmente as pessoas Organização e Visibilidade	
<i>JIT</i>	TQC
Produção Focalizada Produção Puxada Nivelamento de Produção Redução de <i>lead times</i> . Fabricação de pequenos lotes. Redução de câmbios Manutenção preventiva. Polivalência. Integração interna e externa, etc.	Produção orientada pelo cliente. Lucro pelo domínio da qualidade. Priorizar as ações. Agir com base em fatos. Controle do processo. Responsabilidade na fonte. Controle a montante. Operações a prova de falhas. Padronização

Fonte: Tubino, 1997.

A Produção Focalizada prevê o direcionamento do foco dos negócios com base em uma estratégia competitiva que defina a forma como o negócio irá competir no mercado, o desempenho esperado e as estratégias específicas a serem tomadas pelas áreas funcionais da empresa. Sob esta visão cada família de produtos é tratada como um negócio específico, cujas características produtivas e mercadológicas são próprias (BEM, 2002).

De acordo com Harmon e Peterson (1991), fábricas focalizadas dispõem de certas vantagens quando da adoção do *JIT*, tais como:

- ▶ maior domínio do processo produtivo;
- ▶ maior proximidade entre gerência e produção;

- ▶ staff reduzido e exclusivo;
- ▶ estímulo a polivalência de funções;
- ▶ uso limitado dos recursos.
- ▶ Para que estes negócios exclusivos passem a ser efetivamente negócios focalizados, alguns pontos devem ser analisados:
 - ▶ estrutura organizacional;
 - ▶ disponibilidade de recursos;
 - ▶ layout produtivo;
 - ▶ polivalência operacional, etc (BEM, 2002).

O sistema de produção puxada utiliza as informações do plano-mestre de produção para elaborar a programação do último estágio do processo de produção (ou do processo gargalo), através da emissão de ordens de produção. Este último estágio (ou gargalo) utiliza-se de “estoques” provenientes dos processos fornecedores (denominados “supermercados”), que são dimensionados a partir das capacidades e características específicas destes processos. Na medida em que os materiais são consumidos dos supermercados, ordens pré-formatadas são liberadas autorizando os processos fornecedores a repor os itens consumidos, realizando a “puxada da produção”. O sistema que operacionaliza a produção de forma puxada é conhecido como *Kanban* (Tubino 1997).

O *lead time* caracteriza-se pelo tempo total que uma determinada matéria-prima gasta para ser transformada em produto acabado. Ele é o somatório de diversos tempos, envolvendo tempo de espera, processamento, de inspeção, transporte, etc. O foco deste trabalho, a Troca Rápida de Ferramentas, é uma ferramenta fundamental na busca pela redução do *lead time*.

Já a Manutenção Preventiva, como o próprio nome diz, trata-se de uma técnica JIT que busca antecipar-se a qualquer tipo de problema que venha a acontecer com um determinado equipamento.

Segundo Tubino (1997), polivalência é a capacidade de um operador executar várias funções além da sua principal. Ele define ainda o operador polivalente como “aquele que tem condições técnicas de cumprir diferentes rotinas de operações padrão em seu ambiente de trabalho”. Operadores polivalentes são fundamentais para operar células de manufatura, mantendo sempre a *produção nivelada* com a demanda de forma a evitar a superprodução de estoques.

2.2.2 A Troca Rápida de Ferramentas – Definição

A Troca Rápida de Ferramentas (TRF) pode ser descrita como uma metodologia para redução dos tempos de preparação de equipamentos, possibilitando a produção econômica em pequenos lotes. Como já foi mencionado, a TRF é uma das ferramentas do STP e sua correta utilização auxilia na diminuição do *lead time* e, conseqüentemente, numa maior flexibilização da produção e redução dos estoques. Com a redução do lead time a empresa consegue se adaptar mais facilmente às oscilações do mercado, atendendo de forma mais rápida e eficiente à demanda variável.

A TRF nasceu em 1950, quando Shingo conduziu um estudo de melhoria da eficiência da planta Mazda da Toyo Kogyo, buscando eliminar os constantes gargalos em determinadas máquinas. Observando as operações executadas nos câmbios das máquinas, Shingo percebeu que estas se dividiam em dois tipos, a saber:

1. Câmbio Interno: Operações que só podem ser realizadas quando a máquina está parada;
2. Câmbio Externo: Operações que podem ser realizadas com a máquina ainda em funcionamento.

A partir desta percepção Shingo desenvolveu a metodologia da Troca Rápida de Ferramentas, cujo principal objetivo é alcançar a redução dos tempos de câmbio, que representa máquina parada, através da separação das atividades externas e internas e migração do maior número possível de atividades internas para externas. A eliminação de atividades desnecessárias, que não agregam valor, e a melhoria na forma de execução das atividades internas também são objetivos perseguidos pela TRF.

2.2.3 Estratégias e Técnicas para aplicação da TRF

Shingo (2000) define TRF a partir de uma visão primeiramente estratégica, seguida de conceitos para implantação da ferramenta e técnicas de apoio. Dois grupos de estratégias são sugeridos para minimizar as perdas decorrentes da troca de produtos em uma operação:

1. Estratégias envolvendo habilidades: procedimentos eficientes no câmbio resultam do conhecimento sobre o equipamento em estudo e da habilidade e experiência do operador nas tarefas inerentes ao procedimento de câmbio. Em máquinas mais

complexas utiliza-se o conceito do preparador (operador especialista em preparação de máquina), ficando o operador do equipamento com as tarefas auxiliares da preparação.

2. Estratégias envolvendo tamanho de lote: para reduzir as perdas decorrentes de câmbios longos sobre o desempenho do sistema, uma solução é aumentar o tamanho do lote para compensar a parada do equipamento. A fabricação de grandes lotes, entretanto, pode ser indesejável se resultar em produção antecipada ou formação de estoques. A TRF permite a redução dos custos de câmbio, resultando em lotes de fabricação de tamanho reduzido (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2002).

Relacionando os dois tipos de câmbio, Shingo chegou a quatro estágios conceituais de melhoria. Percebe-se que na medida em que esses estágios do processo de redução vão ocorrendo, melhorias no câmbio podem ser identificadas.

Estágio Preliminar

Sabe-se que vários tipos de perdas, como falta de peças ou ferramentas, verificação inadequada de equipamentos ou problemas similares, ocorrem nas operações tradicionais de câmbio. No estágio preliminar nenhuma distinção é feita entre câmbio interno e externo. Segundo SHINGO (2000), a implementação da TRF deve estudar detalhadamente as reais condições da linha de produção. Esse estudo pode se dar de diferentes formas, como através de análise contínua da produção com ajuda de cronômetro. Embora tome muito tempo e exija muita habilidade, acredita-se que esta é a melhor abordagem a ser adotada. Há também a possibilidade de um estudo por amostragem do trabalho, ou mesmo a filmagem de todas as operações de câmbio, devendo-se neste caso assistir todas as filmagens exaustivamente na presença de operadores, engenheiros e demais envolvidos no processo.

Estágio 1 – Separar câmbio interno e externo

De grande importância para a aplicação da TRF é a distinção entre os câmbios interno e externo e neste estágio deve ser feita a divisão do processo entre eles. As técnicas disponíveis devem garantir que as tarefas possam ser realizadas como câmbio externo, sendo muito útil um *checklist* e o uso de fluxograma do processo, enquanto uma determinada máquina estiver em operação. Deve ser verificado a seguir o funcionamento de todos os componentes da máquina, de modo a evitar pausas, e consequentemente perdas, durante o câmbio interno.

Assim, pode-se implementar o método mais eficiente para posicionar estes componentes enquanto a máquina estiver em funcionamento, minimizando processos que exijam movimentações durante o câmbio interno.

Estágio 2 – Convertendo câmbio interno em externo

Neste estágio deve-se buscar a conversão de alguns passos internos, que após uma análise crítica percebe-se que possam ser realizados externamente. Também deve ser buscada a padronização de acessórios, funções ou ferramentas como, por exemplo, a utilização de ferramentas flexíveis, ou ainda melhor, a padronização de peças para que não seja necessária a manutenção de estoques diversos, e assim se reduza o risco de o equipamento permanecer parado por um longo período de tempo por falta de uma peça específica.

Estágio 3 - Racionalização das operações de câmbio

Neste estágio é necessária uma análise minuciosa de todas as operações, buscando-se a redução ou mesmo eliminação de determinadas operações, sejam elas internas ou externas. As técnicas desenvolvidas para este estágio são:

- ▶ Melhoria radical nas operações de câmbio externo, realizadas ao redor da máquina, como: estantes, ferramentas e acessórios, que embora não reduzam o tempo de câmbio final, evitam desgaste físico desnecessário do operador ao realizar sua tarefa.
- ▶ Melhoria radical nas operações de câmbio interno, com a utilização de técnicas que simplificam determinadas operações podendo até serem eliminadas ou pelo menos executadas por um operador inexperiente. Como exemplo, temos a utilização de dispositivos mecânicos de fixação rápida, utilização de mecanização de processos e de melhorias no processo em si.

Estes estágios deixam claro que a TRF é composta por duas ações principais, análise e implementação, salientando a distinção entre as operações de câmbio interno e externo e a racionalização dos elementos componentes de suas ações. Para a aplicação dos estágios conceituais da TRF, propõe-se o emprego de oito técnicas:

1. separar operações internas e externas;
2. converter câmbio interno em externo;
3. padronizar a função dos elementos de câmbio;
4. utilizar fixadores funcionais nos equipamentos ou eliminar fixadores;
5. utilizar dispositivos intermediários para eliminar ajustes durante o câmbio interno;
6. adotar operações paralelas;
7. otimizar operações eliminando a necessidade de ajustes;
8. mecanizar as operações (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2002).

A TRF proposta por Mondem (1983) consiste em quatro estratégias e seis técnicas de implantação. O conteúdo das estratégias segue o mesmo enfoque de Shingo (2000). As principais estratégias em Mondem (1983) são: distinção das ações de preparação interna e externa; eliminação de ajustes por meio de estudos na fase de projeto e busca de padronização das ferramentas; e eliminação do processo de troca de ferramentas por meio da intercambiabilidade entre peças e produção simultânea de várias peças. O principal aspecto que diferencia as técnicas em Mondem (1983) e Shingo (2000) está na proposta de análise conjunta da conversão do câmbio interno em externo e da padronização da função, salientando a importância de padronizar somente peças necessárias à redução do tempo de troca da ferramenta, confrontando o custo do investimento com a redução do câmbio.

2.2.4 Benefícios da TRF

Corretamente implantada a ferramenta TRF, esta vem trazer inúmeros benefícios para a fábrica como um todo. Alguns desses benefícios, trazidos da literatura e constatados no *shop floor*, estão enumerados a seguir:

- ▶ Possibilidade de produção sem estoque;
- ▶ Aumento das taxas de utilização de máquinas e da capacidade produtiva;
- ▶ Eliminação de erros de câmbio;
- ▶ Melhora da qualidade na fabricação do produto;
- ▶ Maior segurança durante o câmbio;
- ▶ Organização e funcionalidade nas operações de câmbio;
- ▶ Diminuição de horas-homem para a realização do câmbio;
- ▶ Menores despesas com materiais;
- ▶ Não há necessidade de operadores especializados;

- ▶ Maior preferência do operador pelo câmbio;
- ▶ Tempo de produção reduzido;
- ▶ Aumento da flexibilidade de produção;
- ▶ Eliminação de paradigmas sobre a dificuldade e demora do câmbio;
- ▶ Novas atitudes de desafio do pessoal de fábrica;
- ▶ Métodos de produção revolucionados, através da eliminação do paradigma da produção em massa.

2.3 Aplicação da TRF na Manutenção Programada

A partir do entendimento da importância da manutenção para o sucesso operacional das empresas iniciou-se um trabalho intensivo nas organizações em busca das melhores práticas nesta área do conhecimento, que garantissem uma alta confiabilidade aos equipamentos, trabalhando nos modos de falha e pro atividade na detecção de anomalias antes que estas se traduzam em falhas para o sistema.

Entretanto algumas empresas já alcançaram um nível de estruturação em seus sistemas de manutenção, através da aplicação dos conceitos de manutenção preventiva, preditiva e autônoma, de técnicas de análise de falhas e metodologias como o TPM e o RCM, que lhes assegura o bom funcionamento dos equipamentos. Desta forma a área de manutenção se encontra na busca por novas abordagens que lhe permitam melhorar o desempenho dos equipamentos e converter mais tempo de máquina parada em produção efetiva, de modo que atenda às necessidades da demanda crescente sem implicar em grandes investimentos com tecnologia. Foi inserida neste cenário, e a partir da aplicação das práticas trazidas do modelo do Sistema Toyota de Produção na empresa, dentre elas a Troca Rápida de Ferramentas, que surgiu a adaptação da metodologia de redução dos tempos de câmbio de máquina para as atividades de manutenção programada. O objetivo é liberar mais tempo de máquina produtiva e potencializar a utilização dos recursos humano e material.

Esta metodologia será apresentada no capítulo seguinte, explicando sua estrutura e desenhando os passos a serem seguidos para atendimento dos objetivos acima citados.

2.4 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os conceitos que serão desenvolvidos no estudo de caso deste trabalho. Num primeiro momento foi abordado o tema manutenção, abrangendo

suas diversas definições, objetivos, tipos e metodologias mundialmente difundidas. Em um segundo momento foi introduzido o Sistema Toyota de Produção, contando um pouco de sua história, contexto no qual idealizado, seus pilares, princípios e técnicas de que se utiliza para promover o aumento dos ganhos através da redução das perdas, implantação do fluxo contínuo e redução do *lead time*. Em seguida foi tratada com mais prioridade a técnica de redução de câmbio, a Troca Rápida de Ferramentas, fonte de estudo deste trabalho. Foram abordadas sua definição, contextualização, estratégias e técnicas de implantação e também os benefícios esperados com sua aplicação. Finalizando o capítulo foi introduzido o objetivo de estudo desta pesquisa, que é a integração da TRF com as atividades de manutenção programadas, com foco nas manutenções preventivas, explorando seus objetivos e a importância que a adoção desta nova prática pode assumir para o sucesso operacional das empresas.

3 O ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso, os pontos relevantes e sugestões de melhorias.

3.1 Histórico da Empresa

O Grupo Gerdau iniciou sua história no ano de 1901, com a pequena Fábrica de Pregos Pontas de Paris, em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, Brasil. No ano de 1948 o grupo entrou no ramo siderúrgico com a usina Riograndense, em Porto Alegre, adotando o modelo tecnológico de “Mini Mill”, caracterizado pelo uso de forno elétrico a arco e sucata como matéria-prima, e comercialização regional, que possibilita custos operacionais mais baixos. O crescimento do mercado impulsionou a Gerdau a ampliar suas operações a partir de 1957 e consolidou a vocação siderúrgica do grupo.

Atualmente o Grupo Gerdau remonta como o maior produtor de aço longos nas Américas, contando com bases industriais na Argentina, Canadá, Chile, Estados Unidos, Uruguai, Colômbia e Espanha. Sua filosofia busca antecipar as necessidades do mercado, oferecendo produtos e serviços diferenciados. O Grupo também está presente em importantes centros financeiros por meio de três companhias abertas: a Gerdau S.A., a Metalúrgica Gerdau S.A. e a Gerdau *Ameristeel Corporation*, subsidiária na América do Norte.

A Gerdau Açonorte, cenário de estudo do presente trabalho, foi fundada em 7 de janeiro de 1958 sob a denominação de AÇOSUL, com sede em Porto Alegre (RS). Em 1959 foi transferida para o Estado de Pernambuco, no município de Igarassu, e teve seu nome alterado para Siderúrgica Açonorte S.A. A usina entrou em atividade industrial em 1962, laminando inicialmente palanquilhas fornecidas pela Companhia Siderúrgica Nacional, e posteriormente produzindo seu próprio aço a partir de sucata

No ano de 1965, devido a dificuldades financeiras e administrativas, o controle da empresa foi transferido para o Grupo *Brennand*, que deu início a um plano de ampliação da capacidade produtiva e à transferência das instalações para o Distrito Industrial de Curado, com melhores condições financeiras, onde está localizada até os dias atuais.

O Grupo Gerdau assumiu o controle acionário da empresa em 1969, fato este que representou um marco na história do Grupo: foi a primeira aquisição fora do Estado do Rio Grande do Sul. Atualmente a Gerdau Açonorte conta com uma capacidade instalada de 250 mil toneladas anuais, que atende a produção de barras, perfis, vergalhões, fio-máquina, arames e pregos, destinados aos mercados de construção civil, Agropecuária e Indústria.

3.2 O Sistema de Manutenção Integrada

A Gerdau Açonorte trabalha desde o ano de 1997 com o Sistema de Manutenção Integrada (SMI), tendo sido pioneira e posteriormente replicada para outras unidades. O SMI é o resultado da integração de conceitos modernos de gestão da manutenção, tais como o *TPM*, o *TQM* e o *RCM*, cuja estrutura é composta de quatro pilares que estabelecem o padrão de gerenciamento das diversas unidades do grupo. Sua estrutura está fundamentada em quatro pilares, sendo estes:

- ▶ Manutenção Planejada
- ▶ Manutenção Autônoma
- ▶ Gerenciamento de Dados
- ▶ Educação e Treinamento

O SMI reúne todo o conhecimento intrínseco dos processos e equipamentos da usina, tendo como objetivo principal suportar a estabilização dos processos e de desempenho dos equipamentos. O esquema abaixo apresenta o objetivo da implementação dos quatro pilares do Sistema de Manutenção Integrada da Gerdau.

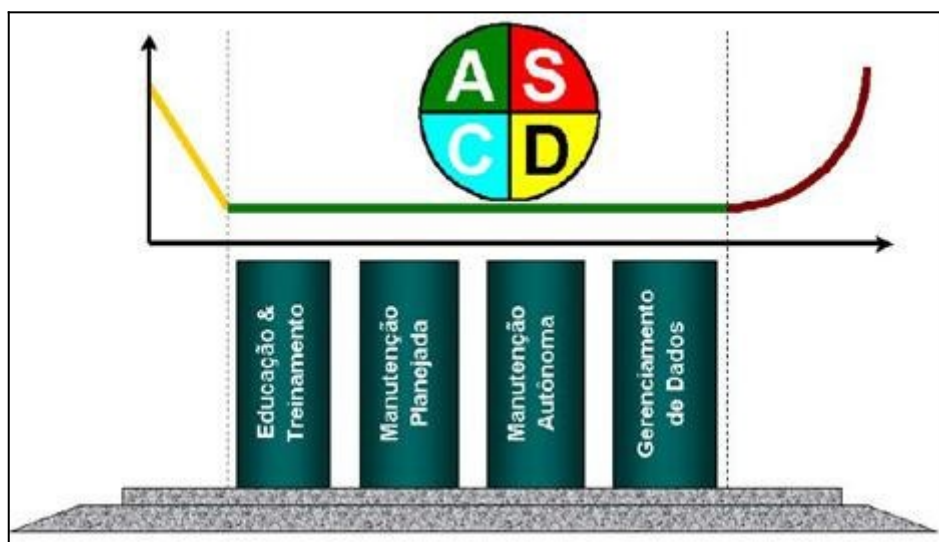


Figura 3.1 – Os pilares do SMI

Fonte: GERDAU Treinamento TRF (2005)

A linha amarela da curva representa as perdas no início da vida útil do equipamento. Esta fase, por vezes chamada de “mortalidade infantil”, possui como características ocorrência de falhas oriundas de problemas de projeto ou fabricação, transporte ou instalação do equipamento, porém a taxa de falha de falha nesta fase é decrescente.

A linha verde representa a denominada fase “operacional” do equipamento, em que a ocorrência de falhas possui caráter aleatório e casual, e a taxa de falha permanece constante em baixo nível. Conforme exemplifica a figura, o objetivo do SMI, através de seus quatro pilares, é estender o quanto possível a fase “operacional” dos equipamentos, garantindo a estes vida útil longa e desempenho satisfatório. E esta garantia se dá através da círculo do SDCA (*Standard – Do – Check – Act*) que busca padronizar as atividades de manutenção, dentro de um processo de melhoria contínua.

A linha vermelha representa o fim da vida útil do equipamento, em que as falhas ocorrem devido ao desgaste físico do item e a taxa de falha passa a assumir tendência crescente. Esta é a fase que se tenta evitar / retardar com as práticas do SMI.

De forma explicativa, os quatro pilares do Sistema de Manutenção Integrada são assim considerados:

1. Educação e Treinamento: este pilar refere-se à capacitação técnica de mantenedores e operadores nos conceitos e técnicas englobados no SMI. Seu foco é a difusão de práticas de gerenciamento que reconheçam o bom desempenho dos times e promovam a participação e sadia delegação de responsabilidades, de modo que a empresa alcance resultados positivos, tais como a promoção de trabalho em equipes e preparação destas para assumir desafios e superar metas, defender e valorizar a experiência, conhecimentos, competências e habilidades, modelar o perfil do profissional de manutenção do futuro e promover um bom clima organizacional.
2. Manutenção Planejada: neste pilar é concentrado o planejamento de manutenção de todos os ativos da empresa. É também neste pilar que são gerenciadas as manutenções preventivas, corretivas e preditivas.
3. Manutenção Autônoma: este pilar focaliza integração e participação da operação nas atividades de manutenção. O foco aqui é a capacitação básica dos operadores para que estes operem de forma eficiente seus equipamentos. Ele também atribui aos operadores algumas atividades básicas como limpeza, com foco na detecção de anomalias, e pequenos reparos, eliminando a ocorrência de paradas por causas simples.

4. Gerenciamento de Dados: este pilar abrange toda a parte estatística do SMI, através do acompanhamento dos índices de controle que são, de um modo geral, quatro principais:
- a. MTBF – *Mean Time Between Failures* – tempo médio entre falhas;
 - b. MTTR – *Mean Time to Repair* – tempo médio para reparo;
 - c. Interrupção – número de paradas em um equipamento, em um dado período de tempo;
 - d. Custo – são os custos necessários, entre serviços e mão-de-obra, para manter e reparar equipamentos no mesmo período de tempo.

3.3 Cenário

Os conceitos desenvolvidos pela Toyota, conhecidos como *Lean System*, foram inicialmente aplicados na Gerdau Açonorte no ano de 2003, com o desenvolvimento de um projeto piloto na Fábrica de Pregos. Os bons resultados alcançados com o piloto impulsionaram a disseminação e aplicação de tais conceitos e técnicas em outras áreas produtivas da empresa, além de dotar a equipe de uma nova visão principalmente no que concerne a processos e perdas. Em meio a este novo cenário de possibilidades e mudanças constatou-se que as atividades de manutenção respondiam por um significativo percentual dos tempos de máquina parada e limitavam a capacidade produtiva dos processos. O levantamento de algumas características das intervenções dos equipamentos utilizados apontou certas dificuldades inerentes às atividades de manutenção, tais como:

- ▶ Normalmente elas envolvem grandes equipamentos;
- ▶ São atividades complexas;
- ▶ Em alguns casos dependem do apoio de empresas terceirizadas e/ou fornecedoras;
- ▶ Envolvem uma grande quantidade de recurso humano para sua execução;
- ▶ Os tempos de intervenções são altos e limitantes diretos da capacidade produtiva.

Diante de tais dados identificou-se a necessidade latente de melhorias nas atividades de manutenção, melhorias estas que não apenas garantissem e melhorassem a qualidade com que os reparos eram efetuados, como também possibilitassem uma redução significativa dos tempos requeridos para realização das intervenções. Foi apontado o método da Troca Rápida de Ferramentas como instrumento de apoio e condução deste processo de melhoria, de forma

que mantivesse a diretriz seguida pelo sistema de manutenção adotado pela empresa, o SMI, e adotasse como escopo as atividades programadas de manutenção.

3.4 A Metodologia

A Metodologia de implementação da Troca Rápida de Ferramentas em intervenções programadas de manutenção utilizada pela empresa segue basicamente a metodologia desenvolvida por Shingo e apresentada na literatura, com algumas adaptações. Esta metodologia será apresentada em detalhes no desenvolvimento do estudo de caso abaixo, a fim de que se tenha uma visão de sua aplicação prática.

A Gerdau Açonorte consolidou sua metodologia de aplicação do TRF nas intervenções de manutenção programada com base na metodologia tradicional, dotando-a de características específicas da empresa. A metodologia trabalhada segue o ciclo do PDCA (*Plan – Do – Check – Act*) e tem sua estrutura apoiada nas suas quatro fases. Sendo assim, a apresentação da metodologia será feita seguindo seus passos de acordo com o estágio em que estes se encontram no ciclo do PDCA.

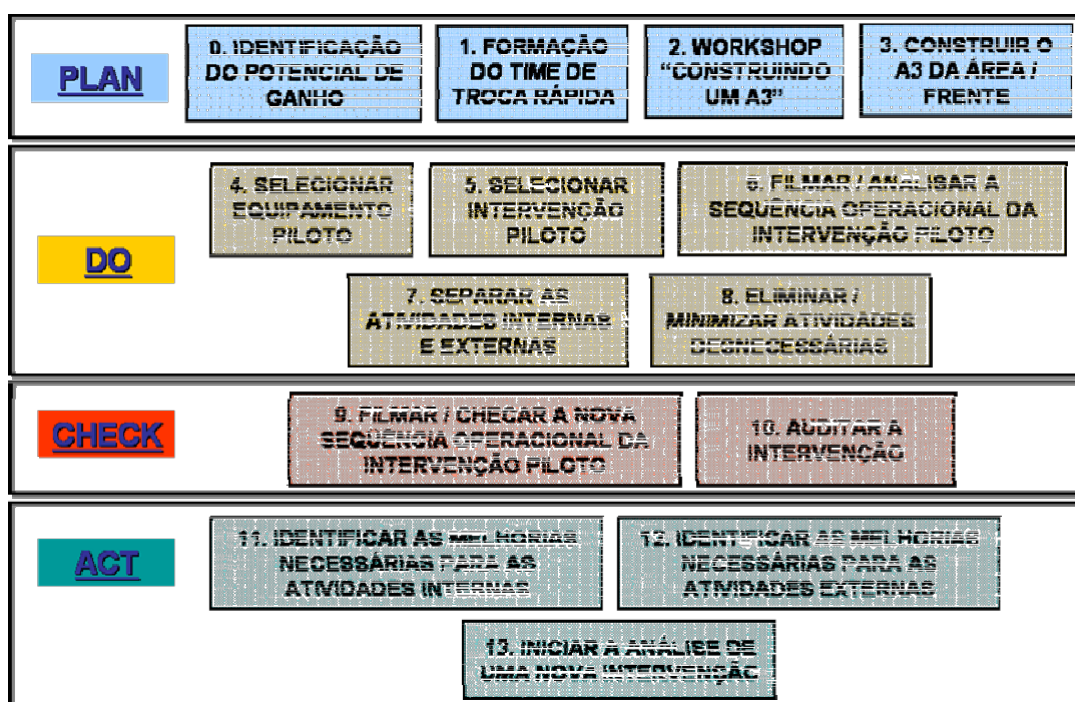


Figura 3.2 – Metodologia TRF na empresa

Fonte: GERDAU Treinamento TRF (2005)

FASE “P” da Metodologia – “*PLAN*”

Passo 0 – Identificação do potencial de ganho

Este é o início de qualquer projeto de melhoria que venha a ser implementado. Antes de se dar início a algum trabalho de melhoria é necessário que seja realizado um estudo *a priori* que identifique os potenciais de ganhos com a implementação do projeto, ou em resumo, a viabilidade da aplicação deste. Uma análise crítica das condições com que eram realizadas as intervenções de manutenção preventiva nos equipamentos da fábrica indicou os seguintes aspectos:

- ▶ Planejamento deficiente;
- ▶ Pouco preparo prévio nas atividades planejadas;
- ▶ Preparação durante câmbio interno;
- ▶ Movimentações desnecessárias;
- ▶ Longos tempos de preventiva;
- ▶ Perdas de produção;
- ▶ Pouco tempo para gestão dos equipamentos.

A partir destes inputs constatou-se a viabilidade de implementação do projeto, tendo como objetivos melhorar as condições relatadas acima e disponibilizar mais tempo de equipamento para produção.

Passo 1 – Formação do Time de Troca Rápida

Tendo-se a visão dos ganhos a serem perseguidos, inicia-se a fase de estruturação do projeto. O primeiro passo no caminho de criação da base que sustentará o projeto do TRF é a formação do time de implementação do projeto. O time deverá ser formado pela liderança que estará à frente do projeto, conduzindo as atividades de melhorias. Neste momento ainda não é requerido o envolvimento dos mantenedores, pois ainda não existe a definição de quais intervenções serão trabalhadas. O Time de Troca Rápida deve estar muito bem alinhado com a metodologia padrão da empresa e com os fundamentos que a estruturam, de modo que possuam o entendimento da importância de cada passo para o sucesso do projeto, bem como o entendimento dos ganhos proporcionados pela aplicação do TRF em suas atividades. É

necessário o máximo apoio e envolvimento da gerência de operação e manutenção e também da liderança técnica responsável pelas intervenções de manutenção programada.

A formação do time de troca rápida é passo fundamental para o desenvolvimento e execução do projeto, e deve ser tratado com seriedade por toda a área.

Mais adiante, após a definição das intervenções a serem trabalhadas, deverão ser incorporados ao time os mantenedores responsáveis por tais intervenções, de modo que o time contemple todas as visões do processo, desde a operacional até a estratégica. Neste time seus componentes desempenham papéis importantes, sendo estes:

- ▶ Os mantenedores: responsáveis por informar os membros do time sobre os procedimentos atuais;
- ▶ Cada membro do time: responsável por observar, analisar o tempo e documentar os procedimentos de troca, e propor melhorias;
- ▶ O coordenador do time: responsável por dirigir o time de troca rápida;

É fundamental que todos entendam o porquê, quando, quem, o que e como fazer, antes de iniciar uma atividade de melhoria focada na redução do câmbio.

Passo 2 – Workshop “Construindo um A3”

O próximo passo consiste na elaboração da ferramenta gerencial que apoiará as atividades do projeto. Para tanto o time deve ser capacitado nesta ferramenta, de modo que conheça suas funcionalidades e possa vir a trabalhá-la de forma eficiente. Um treinamento, denominado “Construindo um A3”, irá apresentar ao time de troca rápida a ferramenta utilizada pela empresa para gestão das frentes de TRF, que é o “A3”, e explicará como ela funciona. “A3” foi o nome dado à planilha eletrônica em Excel, cuja função é agregar todas as informações necessárias para a gestão da frente de implementação específica e da área como um todo. Ela trabalha como um grande índice, onde devem estar disponíveis todas as informações referentes ao andamento do projeto TRF, numa visão global da área e numa visão específica das frentes de trabalho. A hierarquia do A3 na usina segue o seguinte esquema:

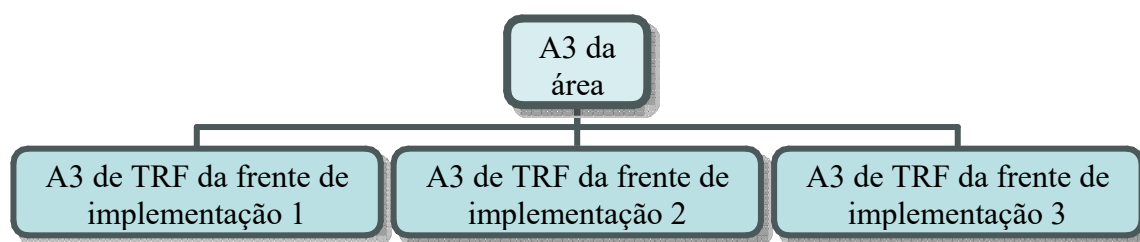


Figura 3.3 – Hierarquia do A3 na empresa

Fonte: GERDAU Treinamento TRF (2005)

Conforme apresentado, serão elaborados diversos “A3”, de acordo com a estrutura montada. O “A3” da área irá concentrar as informações das diversas frentes de implementação trabalhadas, enquanto os “A3” das frentes conterão as informações específicas de cada frente.

A estrutura do A3 consiste na disponibilização das informações necessárias para a gestão das frentes, seguindo também o ciclo PDCA. Na etapa do “*Plan*” o A3 utiliza a seguinte estrutura:

1. Informações Básicas: conforme sugere o nome, nesta planilha deverão ser alocadas as informações fundamentais com relação à frente específica, tais como a equipe que realiza a intervenção e suas funções, os indicadores monitorados pela área para medição de desempenho da execução da atividade, a programação das intervenções, uma vez que se trata de atividades de manutenção programadas, os padrões operacionais envolvidos com a atividade de intervenção, os recursos necessários para execução das tarefas que compõem a intervenção, tais como ferramentas utilizadas, e demais informações que se julgue necessário para o acompanhamento e gestão da frente. Com relação aos indicadores monitorados é importante ressaltar que podem ser utilizados indicadores que ainda não são mensurados pela área mas que são importantes para a gestão do projeto do TRF. Por exemplo, conforme visto anteriormente o TRF busca a redução dos tempos de parada dos equipamentos, melhorando a qualidade com que a atividade é realizada, ou seja, tem-se a perseguição dos menores tempos de execução mas sem descuidar da qualidade com que esta execução é realizada. Desta forma, os indicadores acompanhados pela frente deverão refletir esta preocupação em múltipla dimensão, sendo capaz de representar de forma direta o tempo de execução e a qualidade do trabalho. O controle destas duas dimensões é muito importante para o atendimento das metas almejadas, pois uma redução no tempo de manutenção programada que venha a implicar num

aumento dos tempos de manutenção corretiva não é, de forma alguma, interessante para a organização. Além disso, é interessante que se observe também um indicador macro, que faça a relação entre os ganhos atingidos na intervenção específica e o quanto este ganho representa para o processo produtivo como um todo. Por exemplo, para um trabalho de redução do tempo de manutenção preventiva do equipamento de empacotar pregos é preciso a percepção do quanto o equipamento ganhou em disponibilidade e como este ganho refletiu na produção da Fábrica de Pregos como um todo. Por isso é tão importante que a escolha da intervenção a ser trabalhada seja feita tomando-se a teoria das restrições, ou seja, que seja trabalhado o equipamento gargalo para o processo, pois desta forma o ganho macro do projeto será potencializado.

2. Necessidades do Negócio: nesta planilha deve ser colocado o objetivo de implementação do projeto TRF na frente específica, sempre fazendo a ligação deste objetivo específico com as metas fortes da área. Deverão ser apontados aqui também quais indicadores serão controlados pelo projeto nesta frente e os valores atuais e meta estabelecida para a estes indicadores. Por exemplo, para uma frente pode-se ter:

Quadro 3.1 - Necessidades do Negócio

Frente: Preventiva do Laminador		
Objetivo:	Aumentar disponibilidade do equipamento para produção.	
Indicadores:	Média / Mês (2005)	Meta / Mês (2006)
Tempo de Preventiva	500 min	230 min
Tempo de Parada Total (<i>down time</i>)	900 min	600 min

Fonte: Autora (2006)

Os indicadores apontados aqui serão aqueles utilizados pelo time de troca rápida para avaliação do andamento da frente e dos ganhos alcançados.

3. Estado Atual: aqui deverão ser apontadas as características atuais da intervenção. Em geral esta planilha é preenchida após a primeira filmagem da atividade de manutenção

programada, pois a partir de sua análise é que serão verificadas as condições atuais de realização da intervenção. As filmagens da frente serão amplamente discutidas adiante. Após a análise deverá ser montada a relação detalhada de atividades realizadas durante a intervenção e o tempo de execução de cada. A partir da análise da primeira filmagem deverá ser desenhado o *spaghetti chart*, ou mapa de movimentação da intervenção, que se trata de um acompanhamento da movimentação de cada mantenedor envolvido na preventiva, de modo que possam ser identificadas perdas por movimentação (uma das sete perdas identificadas por Ohno). O *spaghetti chart* de movimentação dos mantenedores tem o seguinte aspecto:

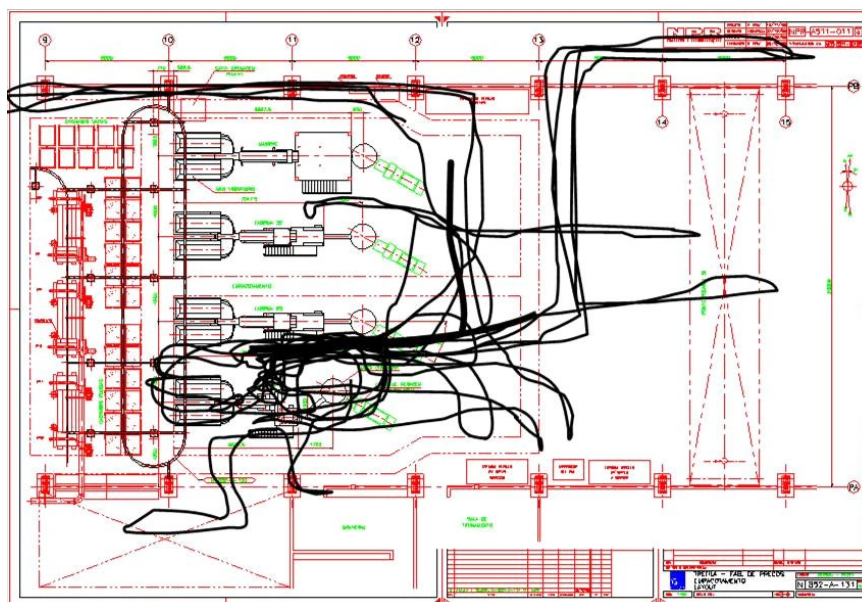


Figura.3.4 – Spaghetti Chart

Fonte: GERDAU Treinamento TRF (2005)

4. Estado Futuro: contempla as mesmas informações que o Estado Atual, sendo que utilizando a projeção de redução de tempo e movimentação dos mantenedores. O Estado Futuro da frente é o estado meta, que será o norte do time na execução de suas atividades, e também será desenhado após a análise crítica da primeira filmagem da intervenção, pois é exatamente nesta etapa de análise que serão levantadas as melhorias a serem realizadas. Deverá ser montada uma nova lista de atividades num estado futuro, que contemple as melhorias a serem realizadas, e também um novo mapa de movimentação com as reduções de locomoção dos mantenedores, que consomem tempo e não agregam valor.

O desenho do estado futuro encerra a fase de “*Plan*” do A3. Segue-se então à próxima fase do ciclo PDCA, o “*Do*”:

5. Melhorias: nesta planilha devem ser listadas todas as melhorias implementadas a partir do TRF, com o respectivo ganho de tempo conseguido. Outras dimensões também devem ser apontadas quando da relação dos ganhos conseguidos com as melhorias, tais como segurança, saúde, meio ambiente, qualidade, outras. É interessante que seja feito também um registro visual das melhorias através de fotos que retratem a condição anterior e a condição atual, estabelecendo um comparativo entre elas. A montagem de um quadro que exiba as melhorias alcançadas com o TRF nas frentes é um importante fator motivacional para a equipe de troca rápida, além de promover a disseminação da ferramenta e conquistar o interesse de outros colaboradores para o projeto.
6. Capacitação: aqui deve ser feito o registro de todos os envolvidos no time de troca rápida da frente e os treinamentos relacionados com o TRF de que estes já participaram. Para o time de TRF existe uma lista de treinamentos específica para os conceitos de produção enxuta e troca rápida de ferramentas que deve ser cumprida. A participação nestes treinamentos é de extrema importância para o desenvolvimento do projeto. Nesta planilha deve também ser elaborada a Matriz de Polivalência da frente, sendo esta respectiva para os mantenedores. A matriz de polivalência é uma ferramenta que visa auxiliar o programador de manutenção, relacionando todos os mantenedores que realizam a intervenção e qual o seu desempenho em todas as atividades que compõem a intervenção. Um modelo de matriz de polivalência pode ser visto abaixo:

Matriz de Polivalência

Frente do Empacotamento		Inspeção dos Silos	Inspeção das Calhas	Inspeção das Caçambas	Limpeza do Silo Principal	Substituição de Caçambas	Verificação e Ajuste da Balança
Mantenedores	Matrícula						
Severino	20320	●	●	●	●	●	●
Marcos	20321	●	●	●	●	●	●
Sérgio	20322	●	●	●	●	●	●
João Paulo	20323	●	●	●	●	●	●
Não foi treinado		●					
Foi treinado mas não executa			●				
Executa acima do tempo ou com auxílio do padrinho				●			
Executa sozinho, dentro do tempo					●		

Figura 3.5 – Matriz de Polivalência

Fonte: Autora (2006)

7. Plano de Ação: nesta planilha devem ser colocadas as ações levantadas durante as reuniões do time, para que seja feito o controle sobre sua execução e eficácia. Um quadro geral que apresente em termos percentuais o número de atividades planejadas que estão realizadas, pendentes ou atrasadas é capaz de demonstrar o nível de comprometimento do grupo com o projeto, e pode ser um input útil para a identificação da necessidade de motivação e/ou reciclagem dos treinamentos para que se volte a abordar a importância do projeto para cada área e a organização como um todo.

As fases do PDCA correspondentes ao “*Check*” e “*Act*”, da construção do “A3”, são contempladas através das reuniões do time, momento em que é realizada a análise do andamento do projeto e definidas as ações a serem tomadas. Estas duas fases são estruturadas no “A3” da seguinte forma:

8. Reuniões de Trabalho: trata-se da matriz de participação das reuniões e das atas de reunião, com as informações necessárias para informar àqueles que não participaram da reunião dos assuntos abordados e resoluções tomadas. O modelo básico de ata

adotado informa a data e hora da reunião, o local em que foi realizada, os assuntos abordados, comentários gerais e ações propostas.

Reuniões de Trabalho - TRF na Preventiva do Laminador	
Data:	Local:
Início:	Término:
Participantes:	
Assuntos:	
1.	
2.	
3.	
Comentários Gerais	
Ações:	
1.	
2.	
3.	

Figura 3.6 - Modelo de Ata de Reunião

Fonte: Autora (2006)

Esta é a estrutura padrão da ferramenta “A3” utilizada na gestão de todas as frentes de trabalho. Após o treinamento no “A3” deve-se passar para o passo seguinte da metodologia de implementação do TRF.

Passo 3 – Construir o A3 da Área / Frente

Tendo todo o time sido treinado na ferramenta “A3”, deve-se então seguir para sua elaboração. A construção do “A3” possui importância fundamental para a gestão do projeto pois ela será o grande índice que armazenará todas as informações necessárias para o desenvolvimento das atividades e acompanhamento dos resultados obtidos.

A construção do “A3” deve seguir a hierarquia exibida, ou seja, primeiro deve ser montado o “A3” da área, para em seguida trabalhar nos “A3” das frentes. A construção do “A3” é o último passo da fase P do PDCA e encerra a fundamentação estratégica do projeto. Neste momento ainda não se tem a definição das intervenções que serão trabalhadas,

chamadas daqui adiante de “frentes de implementação”, será possível apenas a montagem do “A3” da área, como por exemplo do “A3 de TRF da Manutenção Trefila”.

Estes três passos completam a fase P do ciclo PDCA da metodologia padrão de implementação do TRF. Os passos seguintes estão dentro das fases D, C e A.

FASE “D” da Metodologia – “DO”

Passo 4 – Selecionar o Equipamento Piloto

Tendo-se definido o time de troca rápida da área e montado o “A3” da área com as informações necessárias para o início do projeto, o próximo passo consiste na identificação das possibilidades de implementação da ferramenta. Os ganhos referentes à sua aplicação nos respectivos pontos do processo, diretamente ligados ao impacto que o equipamento reflete sobre o processo, ou seja, o quanto o seu desempenho está contribuindo para o alcance das metas de produção, também serão dimensionados nesta etapa. Este passo visa à identificação do equipamento piloto em que o TRF deve ser aplicado.

Para a indicação do equipamento piloto utiliza-se a abordagem da Teoria das Restrições (TOC), que busca a identificação de “gargalos” no processo, ou seja, de equipamentos / processos cujas demandas sejam maiores que suas capacidades produtivas. Desta forma, a metodologia aponta a utilização de dois indicadores que, abordados em conjunto, permitam a identificação do equipamento “gargalo” no processo. Os indicadores propostos para a empresa são o nível de utilização e o nível de atendimento de ordens de produção (AOP).

A Utilização do equipamento é a razão entre a produção real e a capacidade nominal do equipamento, conforme esquema abaixo:

$$\text{Utilização (\%)} = \frac{\text{Produção Realizada}}{\text{Capacidade Nominal} - \text{Paradas Programadas}} \quad (3.1)$$

Por “Capacidade Nominal” define-se o montante máximo de produção passível de realização em determinado período de tempo, sem quaisquer ocorrências de parada do equipamento no período avaliado. São exemplos de paradas programadas, que não entram no cálculo da utilização, os tempos de preventiva e de *start-up* de máquina.

O nível de utilização do equipamento permite a visualização do seu desempenho comparando a produção realizada com a máxima produção possível em um período específico de tempo. A partir deste indicador pode-se visualizar também o nível de ociosidade do equipamento, ou seja, o tempo referente a quaisquer paradas ou quebra de ritmo do durante período de produção, e as oportunidades de melhorias.

O AOP referente ao equipamento, por sua vez, é calculado pela razão entre o que foi cumprido e o que foi programado. Este indicador baseia-se na programação mensal montada pelo PCP, por equipamento.

$$\text{AOP (\%)} = \frac{\text{Pedidos entregues pela Produção (por equipamento)}}{\text{Pedidos programados para Produção (por equipamento)}} \quad (3.2)$$

O nível de AOP do equipamento permite a visualização do seu desempenho quanto ao mix de produção exigido, medindo a capacidade do equipamento em entregar os variados pedidos programados. O cálculo do AOP só considera um pedido como entregue pela produção se todos os itens do requeridos forem entregues. Por exemplo: se for programado um pedido de 100 ton de pregos num dia específico e a produção entregar 99,9 toneladas, então este pedido não é contabilizado como entregue e seu AOP será zero.

A análise simultânea destes dois indicadores externaliza grande representatividade das necessidades do processo, uma vez que é capaz de exibir a flexibilidade do processo às variações de demanda, neste caso representado pelos pedidos programados pelo departamento do PCP, e o volume de produção alcançado.

Devem ser listados todos os equipamentos envolvidos no processo de produção da área em questão e em seguida realizado um levantamento histórico dos seus respectivos níveis de utilização e AOP, tomando-se uma base de tempo usual de 12 meses.

A disponibilização destes dados em uma tabela possibilita o cálculo do Índice de Priorização (IP), que definirá em que equipamentos o TRF deverá ser preferencialmente aplicado. Abaixo segue uma tabela ilustrativa com o emparelhamento dos dados, definido acima.

Quadro 3.2 – Emparelhamento de Dados para seleção do Equipamento Piloto.

Equipamento	Utilização* (Capacidade Nominal / Produção Realizada)	AOP (Atendimento de Ordem de Produção)
LHM6	90%	90%
MFF3	45%	70%
LFG1	90%	19%
EBH2	37%	40%

Fonte: Autora (2006)

O Índice de Priorização (IP) deverá ser calculado através do cruzamento dos indicadores, para cada equipamento, conforme fórmula abaixo:

$$IP (\%) = 1 - (Utilização \times AOP) \quad (3.3)$$

Os valores encontrados deverão ser inseridos na tabela, seguindo o modelo:

Quadro3.3. – Cálculo do IP

Equipamento	Utilização	AOP	IP	Priorização
LHM6	90%	90%	19 %	D
MFF3	45%	70%	68,5 %	C
LFG1	90%	19%	82,9 %	B
EBH2	37%	40%	85,2 %	A

Fonte: Autora (2006)

A priorização será feita com base nos índices de priorização encontrados, da seguinte forma: o equipamento com mais baixo IP será priorizado entre os demais, ou seja, será atribuído nível de prioridade “A”. O segundo menor IP terá nível de prioridade “B”, e assim sucessivamente. A elaboração de um gráfico de Pareto auxiliará a visualização dos equipamentos a serem focados.

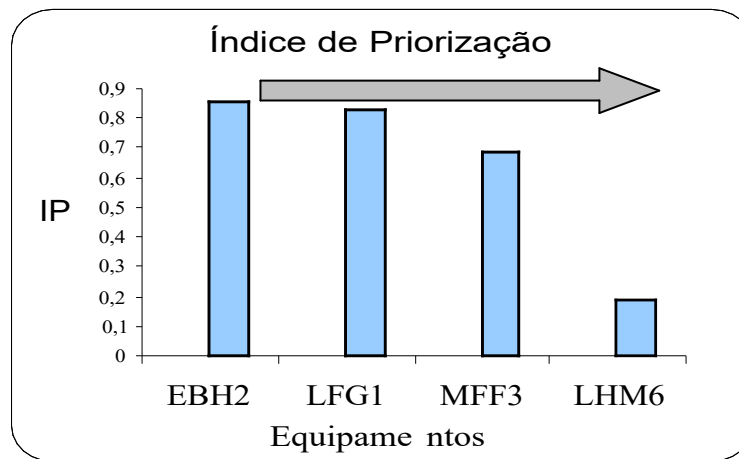


Figura. 3.7 – Pareto de Priorização

Fonte: Autora (2006)

É importante ressaltar que a baixa utilização pode possuir causas diversas, que não apenas as paradas para câmbio e manutenção, tais como longas paradas para refeição. Este fato é considerado quando do levantamento das causas de parada de máquina.

Passo 5 – Selecionar a Intervenção Piloto

Encontrados os IPs por equipamento, o próximo passo consiste na identificação de todas as intervenções realizadas nestes equipamentos que geram paradas, sejam elas de manutenção ou não, tomando-se como base o mesmo período de tempo adotado para o cálculo do IP. Este levantamento histórico é viabilizado pelo sistema de informação utilizado pela empresa, que exibe o status operacional de cada equipamento ao longo do dia. Estes dados ficam armazenados e disponíveis para consulta por um período superior a 12 meses. O levantamento das causas de paradas deve ser realizado para os equipamentos que estejam dentro da regra de 80-20, tomando o gráfico de Pareto de IP, pois conforme exposto acima, pode acontecer de o equipamento com prioridade “A” ter apenas uma intervenção de manutenção programada como causa de parada e esta não ser a principal responsável pelo seu baixo IP. Por esta razão, a adoção da regra 80-20 para levantamento de paradas se faz necessária para que possa ser visualizado o universo de intervenções programadas que devem ser trabalhadas e, no caso de não atacar todas num primeiro momento, é possível se ter um desenho dos próximos passos a serem seguidos.

Identificadas as intervenções de câmbio e manutenção, devem ser então calculados seus respectivos graus de relevância. O Grau de Relevância das intervenções deverá ser calculado a partir da fórmula:

$$\text{Grau de Relevância (\%)} = \text{Tempo de Parada} \times \text{Frequência de Ocorrência} \quad (3.4)$$

Estes dados deverão também ser condensados em uma tabela, separando-se as intervenções de manutenção das operacionais. Esta separação deve ser feita para que se possa identificar qual natureza de intervenção responde pelo maior percentual de parada. A partir da tabela será estruturado um gráfico de Pareto para a identificação da intervenção a ser trabalhada inicialmente com o TRF. A tabela montada terá o seguinte aspecto:

Quadro 3.4 – Cálculo do Grau de Relevância

Equipamento:	Laminador			
Intervenção	Tempo -h (média histórica em 1 ano)	Frequência de Ocorrência vezes/ano (nº de ocorrências em 1 ano)	Grau de Relevância (h/ano)	Priorização
Troca do Cilindro Principal	20	1	20	C
Troca do produto A para o B	4	120	480	A
Troca dos eletrorolos	8	20	160	B

Fonte: GERDAU Treinamento TRF (2005)

E o gráfico apresentará o grau de relevância de cada intervenção realizada no equipamento:

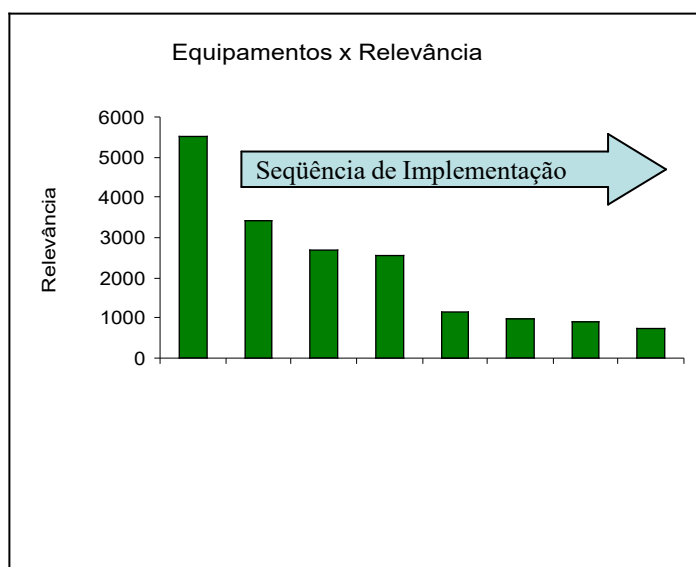


Figura 3.8 – Pareto de Relevância

Fonte: GERDAU Treinamento TRF (2005)

Desta forma tem-se a definição de qual equipamento terá prioridade na aplicação do TRF e qual intervenção será trabalhada, de modo que se tenha um resultado com maior retorno no processo produtivo como um todo. Tendo-se identificado a intervenção a ser estudada pode-se passar ao passo seguinte da metodologia.

Uma ressalva deve ser feita quanto ao cálculo do Índice de Priorização. Para os equipamentos cuja Utilização ou AOP não sejam mensuradas deve-se tomar como base para o cálculo os principais indicadores monitorados, ou seja, os mais representativos ao nível de processo e dentro da abordagem dada de mensuração de volume e mix de produção.

Passo 6 - Filmar / Analisar a sequência operacional da intervenção piloto

Com a definição da intervenção a ser trabalhada, o próximo passo consiste na realização de uma filmagem de toda a intervenção. A filmagem da intervenção tem por objetivo registrar a operação como ela vem sendo feita e viabilizar a análise detalhada da mesma. Algumas vantagens de se trabalhar com a filmagem da intervenção são:

1. A informação visual é mais fácil de ser entendida;
2. Possibilita o *replay* das partes desejadas;
3. Cada elemento pode ser analisado separadamente;
4. Todos podem ficar envolvidos;
5. Permitirá o registro das mudanças envolvidas;
6. Permitirá comparação com o estado futuro alcançado.

Algumas instruções importantes devem ser feitas com relação ao registro em vídeo da intervenção:

- Os mantenedores que realizam atualmente a intervenção devem estar informados e envolvidos;
- A escolha entre os dois métodos de filmagem, com câmeras móveis ou fixas, deve ser feita anteriormente levando-se em consideração a qualidade da imagem alcançada e a segurança dos mantenedores e dos operadores de câmera;
- A filmagem deve ser realizada de maneira que cada elemento possa ser posteriormente estudado;

- É preciso que se garanta que a filmagem contemple desde o equipamento ainda funcionando até o momento em que, depois de realizada a preventiva, ele retorna a funcionar.

Após a filmagem deve ser realizada a análise do material por todo o time de troca rápida, sendo a presença dos mantenedores indispensável. A análise da filmagem permite não apenas que se identifiquem os pontos de melhoria nas atividades como também dota todo o time de um conhecimento intrínseco acerca das atividades desempenhadas durante a preventiva, conhecimento importante para que as melhorias propostas estejam de acordo com as características específicas da intervenção. Os produtos esperados da filmagem são a lista detalhada das atividades realizadas, o mapa de movimentação de cada mantenedor, e um plano de ação para que as melhorias propostas sejam implementadas.

A ferramenta utilizada para a elaboração da lista de atividades é o software MS Project, que possibilita a relação entre atividades predecessoras e sucessoras, o cálculo do tempo total de intervenção e a identificação do caminho crítico de atividades.

A lista das atividades deve conter, para cada atividade, o tempo medido, a pessoa responsável por sua execução e os recursos necessários, conforme exemplo a seguir.

Quadro 3.5 – Lista de Atividades em uma Intervenção

Torno para usinagem dos munhões do comando de válvula						
Atividade	Descrição da Atividade	Tempos Medidos		Tempo de Duração	Responsável	Recursos Necessários
		Início	Término			
1	Pegar ferramentas do armário	0	4'02	242	João	
2	Soltar placa de arraste	4'02	4'58	56	Marcos	Ponte Rolante
3	Pegar Paquímetro no armário	4'58	5'24	26	João	
4	Regular posição da luneta	5'24	7'27	123	Antônio	
5	Fixar apoio para placa de arraste	7'27	7'42	15	Antônio	Ponte Rolante
6	Fixar nova placa de arraste	7'42	7'54	12	Marcos	Ponte Rolante
7	Pegar dispositivos de fixação	7'54	8'17	23	João	
8	Ajustar posição do dispositivo de fixação	8'17	9'32	75	Antônio	
9	Prender dispositivo de fixação	9'32	9'55	23	Marcos	
10	Pegar Calibre de boca	9'55	10'22	27	João	
11	Regular limites mecânicos	10'22	11'00	38	Marcos	
12	Regular limites elétricos	11'00	12'01	61	Antônio	
Total				721"		

Fonte: Autora (2006)

Durante a análise da filmagem devem ser contemplados os seguintes pontos:

- ▶ Identificação dos elementos de preparação, confirmando-os com os mantenedores;
- ▶ Registro das diferenças entre os procedimentos de ajuste e preparação realizados por diferentes mantenedores;
- ▶ Observação do tempo e distância percorrida em cada elemento de preparação;
- ▶ Mapeamento da movimentação dos mantenedores;

Passo 7 – Separar as Atividades Internas e Externas

A partir da análise da filmagem devem ser identificadas, dentre todas as atividades executadas, quais são internas, ou seja, que são realizadas com o equipamento parado, e quais são externas, ou seja, que são realizadas com o equipamento funcionando. Tomando-se a mesma planilha montada no MS Project, deve ser aberta uma coluna para que seja realizada esta identificação.

Quadro 3.6 – Separação entre Atividades Internas e Externas

Torno para usinagem dos munhões do comando de válvula							
Atividade	Descrição da Atividade	Tipo	Tempos Medidos		Tempo de Duração	Responsável	Recursos Necessários
			Início	Término			
1	Pegar ferramentas do armário	Externa	0	4'02	242	João	
2	Soltar placa de arraste	Interna	4'02	4'58	56	Marcos	Ponte Rolante
3	Pegar Paquímetro no armário	Interna	4'58	5'24	26	João	
4	Regular posição da luneta	Interna	5'24	7'27	123	Antônio	
5	Fixar apoio para placa de arraste	Interna	7'27	7'42	15	Antônio	Ponte Rolante
6	Fixar nova placa de arraste	Interna	7'42	7'54	12	Marcos	Ponte Rolante
7	Pegar dispositivos de fixação	Interna	7'54	8'17	23	João	
8	Ajustar posição do dispositivo de fixação	Interna	8'17	9'32	75	Antônio	
9	Prender dispositivo de fixação	Interna	9'32	9'55	23	Marcos	
10	Pegar Calibre de boca	Interna	9'55	10'22	27	João	
11	Regular limites mecânicos	Interna	10'22	11'00	38	Marcos	
12	Regular limites elétricos	Interna	11'00	12'01	61	Antônio	
Total					721"		

Fonte: Autora (2006)

A partir da separação e identificação das atividades internas e externas deve-se proceder a uma análise de cada uma para que sejam apontadas atividades que possam passar de

externas para internas. Deve-se buscar o máximo de conversão de atividades internas em atividades externas, de modo a minimizar o tempo exigido de máquina parada.

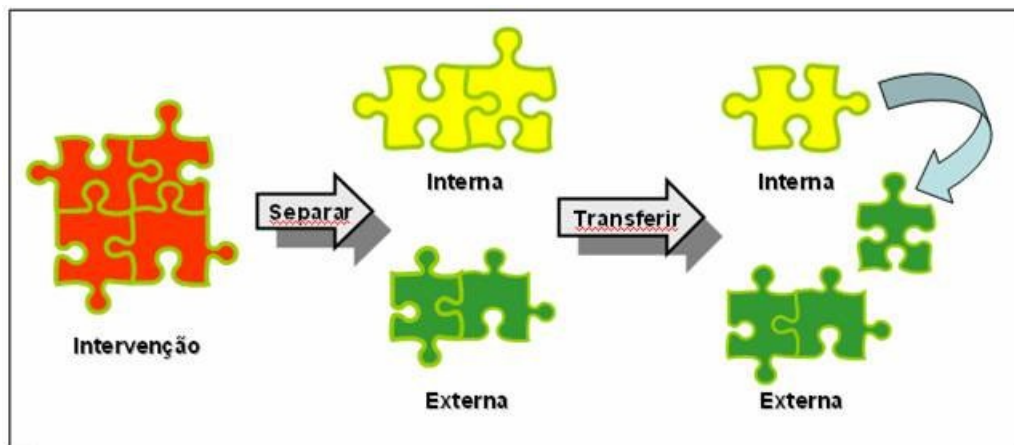


Figura 3.9. – Separação Atividades Internas x Atividades Externas

Fonte: GERDAU Treinamento TRF (2005)

Após a conversão de atividades internas em externas, deve ser elaborada a nova sequência de execução e estimado o novo tempo de intervenção. Esta nova sequência representa o estado futuro da frente. A definição do estado futuro representa a meta de tempo a ser perseguida, e, enquanto esta meta não for alcançada, aconselha-se que as intervenções sejam acompanhadas *on line*. O acompanhamento *on line* prevê que haja uma pessoa responsável por verificar se a sequência de execução desenhada e o tempo estimado para cada atividade estão sendo realizados. Este acompanhamento permitirá ao time de troca rápida identificar problemas ou dificuldades encontradas na execução das atividades que não haviam sido contempladas no estado futuro montado.

Passo 8 – Eliminar / Minimizar Atividades Desnecessárias

A eliminação das atividades desnecessárias é uma das metas da troca rápida de ferramentas e deve ser buscada a todo o momento. A aplicação do sistema 5 S é importante nesta etapa do projeto para organização dos recursos e minimização de atividades de preparação. Atividades como procurar ferramentas, solicitar recursos no almoxarifado, por exemplo, devem ser definitivamente eliminadas ou minimizadas através da organização prévia de ferramentas e planejamento dos recursos necessários, pois todas estas atividades não agregam valor ao processo e elevam significativamente o tempo requerido de equipamento

parado. Todas as modificações traçadas deverão ser registradas no estado futuro da frente, para que seja realizado o devido acompanhamento.

FASE “C” da Metodologia – “*CHECK*”

Passo 9 – Filmar / checar a nova seqüência operacional da intervenção piloto

A filmagem nesta etapa do projeto tem por objetivo verificar se a intervenção está sendo executada de acordo com o novo padrão proposto pelo time de troca rápida, se as melhorias foram implementadas e se seus resultados foram eficazes. Além disso, a verificação do novo tempo de realização das atividades, estimado a partir da filmagem anterior e das melhorias introduzidas, deve identificar se a forma como as atividades são realizadas está de acordo com o esperado. Entre a primeira e a segunda filmagem estima-se um período de 6 meses, dando tempo hábil ao time para que as alterações e melhorias necessárias sejam realizadas.

Para esta segunda filmagem é importante que sejam seguidas as mesmas instruções apresentadas para a primeira filmagem e também que sejam identificadas as partes que sofreram mudanças, para que sejam devidamente registradas no novo filme.

Até o passo 9 estima-se um ganho de 40 a 60% no tempo de execução total da intervenção, mas este percentual varia de acordo com as condições do equipamento e características do processo em que está envolvido.

Passo 10 – Auditar a Intervenção

O principal objetivo da auditoria é verificar se a frente foi trabalhada segundo a metodologia proposta e se as informações estão gerenciadas de modo de conduzam a decisões inequívocas. A auditoria também verifica investimentos e melhorias estão sendo corretamente coordenados e registrados para que se possa, ao chegar no nível de estabilização do trabalho, ou seja quando o tempo total de intervenção tiver sido sensivelmente reduzida e estabilizado neste patamar, possa ser calculado o retorno sobre o investimento que o projeto trouxe em cada frente específica. A capacitação necessária para o time também é verificada, assim como o envolvimento da equipe e disseminação dos resultados através de quadros que exponham na área os ganhos e melhorias alcançadas com a TRF. Este tipo de exposição é de extrema importância para o envolvimento de todos da empresa com o projeto e como fator

motivacional, sendo primordial para a atração do interesse de novos colaboradores que queiram também trabalhar com a ferramenta em seus processos.

A ferramenta base que norteia a auditoria é a ferramenta A3, que possui papel estratégico fundamental uma vez que esta deve conter todas as informações relacionadas com a frente de trabalho auditada necessárias para sua gestão, e sendo assim, seu preenchimento também é considerado. Além de avaliar os aspectos operacionais e gerenciais das frentes a auditoria também tem como função verificar o alinhamento entre as metas do projeto e as metas fortes das áreas e a visão de futuro do projeto, ou seja, como estão desenhados os próximos passos a serem seguidos após o término das frentes que por hora estão sendo trabalhadas.

FASE “A” da Metodologia – “ACT”

Passo 11 – Identificar as melhorias necessárias para as atividades internas

Após a separação das atividades internas e externas, análise crítica para conversão do máximo de atividades internas em externas e definição do novo padrão de execução, deve-se passar para a segunda fase da metodologia, que busca a melhoria das atividades internas. Estas melhorias geralmente envolvem investimentos em tecnologia ou adaptação dos equipamentos atuais, de modo que as atividades internas possam ser realizadas em um menor tempo e com melhor qualidade. Alguns exemplos passíveis de aplicação nesta fase da metodologia são:

- ▶ Redução ou eliminação de porcas e parafusos;
- ▶ Desenvolvimento de encaixes deslizantes;
- ▶ Implementação de procedimentos de câmbio paralelos;
- ▶ Padronização de ferramentas;
- ▶ Aplicação de engates rápidos;
- ▶ Aquisição de peças reservas, que dispensem a necessidade de recuperação durante a intervenção.

Passo 12 – Identificar as melhorias necessárias para as atividades externas

As melhorias das atividades externas também são importantes para a aplicação da TRF nas intervenções, pois garante que as atividades necessárias serão desempenhadas, antes ou após a preventiva. Caso as atividades externas não sejam trabalhadas, corre-se o risco de que o recurso humano da manutenção passe a ser o gargalo da área, pois os mantenedores terão atividades demais a serem desenvolvidas nos intervalos entre preventivas e pode ocorrer que eles não tenham tempo hábil para realizar todas, ou que estas sejam realizadas com qualidade insatisfatória. Alguns exemplos de melhoria nas atividades externas são:

- ▶ Arranjo e ordenação adequada;
- ▶ Criação de *kits* e carrinhos de troca rápida;
- ▶ Utilização de equipamentos para transporte de ferramentas e dispositivos.

Para os passos doze e treze da metodologia estima-se um ganho entre 10% e 20% no tempo total de intervenção. A aplicação de todos os passos estima um ganho total entre 50% e 80% sobre o tempo inicial da intervenção, antes da aplicação da TRF. É necessário, porém, que se identifique a real necessidade de melhoria das atividades através de investimentos, pois existem casos em que o ganho alcançado com a aplicação dos passos um ao nove já é em si satisfatório para o processo, e não se justifique o investimento de capital numa maior redução do tempo de intervenção. Algumas frentes trabalhadas na Gerdau Açonorte contemplaram apenas os primeiros passos, enquanto outras trabalharam todos os passos descritos na metodologia. Esta análise crítica é essencial para evitar a aplicação de recursos em equipamentos que se caracterizam mais como “gargalo”.

Passo 13 – Iniciar a análise de uma nova intervenção

O passo seguinte na metodologia prevê a padronização da seqüência final de execução das atividades, para que o controle possa ser então passado para a produção e entre na rotina operacional da empresa. A padronização encerra o trabalho da frente.

O próxima ação a ser tomada deve ser então a identificação de uma nova frente a ser trabalhada, seguindo os mesmos passos apresentados.

3.5 Pontos relevantes e Ganhos alcançados

A proposta metodológica apresentada, que estrutura a aplicação da Troca Rápida de Ferramentas às intervenções de manutenção programada, já foi utilizada com sucesso na Gerdau Açonorte em algumas frentes de trabalho nas diversas áreas produtivas. Alguns pontos podem ser levantados, com base nestas experiências práticas, que traduzem os benefícios alcançados a partir de sua implementação:

- ▶ Aperfeiçoamento no planejamento das tarefas;
- ▶ Transformação de várias atividades internas para externas;
- ▶ Adoção da prática de inspeção antecipada nos equipamentos antes das preventivas, realizada pelos mantenedores em conjunto com os operadores durante o período da manutenção autônoma, possibilitando uma maior comunicação entre o mantenedor e o operador da máquina, que está acompanhando seu desempenho no dia-a-dia da rotina, permitindo a identificação prévia de pontos que necessitam de reparos ou ajustes durante a preventiva;
- ▶ Eliminação dos tempos de espera: paradas passaram a ser “puxadas” e organizadas de forma que os mantenedores se planejam e vão para a preventiva com todos os recursos necessários para a plena execução das tarefas. Esta prática é usualmente tratada como “ir pronto para a guerra”, que traduzindo, significa estar preparado para o pior cenário imaginável, dentro das condições observadas durante a inspeção antecipada do equipamento;
- ▶ Eliminação de movimentação desnecessária dos mantenedores, que representa ganho de tempo e melhor utilização do recurso humano, uma vez que movimentação, conforme apontado por Shingo (2000), caracteriza-se como uma das sete grandes perdas;
- ▶ Melhoria da manutenibilidade dos equipamentos;
- ▶ Disponibilização de tempo para gestão dos mantenedores. Este foi um poderoso fator motivacional alcançado com a TRF, pois os mantenedores que reclamavam não possuir tempo para conduzir a gestão do sistema e acompanhar o desempenho dos equipamentos passaram a ter, a partir da redução dos tempos de preventiva, tempo disponibilizado para o desenvolvimento destas atividades.

Alguns exemplos reais de redução do tempo de preventiva, alcançada a partir da aplicação da TRF, na empresa são:

- ▶ Troca na Aciaria: redução de 45%;
- ▶ Preventiva na Laminação: redução de 40 %;
- ▶ Troca no Laminador: redução de 50%;
- ▶ Intervenção Mecânica no Laminador: redução de 35%;
- ▶ Preventiva do Empacotamento da Fábrica de Pregos: redução de 60%.

3.6 Sugestões de Melhorias

A partir do desenvolvimento deste trabalho e da experiência adquirida com aplicação da metodologia puderam ser observados alguns pontos passíveis de melhorias em sua estruturação. É importante ressaltar que a proposta de melhorias sempre deve ser embasada na relação entre o investimento requerido para implantação e o retorno esperado desta. Sob essa diretriz, foi realizada uma análise crítica da metodologia doravante apresentada e levantados alguns pontos relativos aos passos quatro e cinco descritos na metodologia:

Passo 4 - Selecionar o Equipamento Piloto

O método para a seleção do equipamento a ser trabalhado prioritariamente é baseado na relação entre dois indicadores para determinação do índice de priorização (IP), sendo estes:

$$\text{Utilização (\%)} = \frac{\text{Produção Realizada}}{\text{Capacidade Nominal} - \text{Paradas Programadas}} \quad (3.1)$$

$$\text{AOP (\%)} = \frac{\text{Pedidos entregues pela Produção (por equipamento)}}{\text{Pedidos programados para Produção (por equipamento)}} \quad (3.2)$$

$$\text{IP (\%)} = 1 - (\text{Utilização} \times \text{AOP}) \quad (3.3)$$

Deve-se ter o cuidado de, quando da quantificação do indicador Utilização, considerar a demanda programada para produção, considerando como tempo de parada de programada a não programação do equipamento. Esta questão é de extrema importância, pois qualquer equívoco no cálculo deste indicador poderá conduzir a um erro na determinação de qual

equipamento priorizar. Por exemplo, um equipamento com capacidade nominal acima da necessidade de produção, caso não considere o tempo parado por falta de demanda, apontará uma baixa utilização, levando-o a ser visto como um equipamento prioritário quando na realidade ele possui capacidade excedente, não se caracterizando como equipamento “gargalo”. Em um caso hipotético poder-se-ia ter:

Quadro3. 7 – Erro no cálculo da Utilização

	Capacidade Nominal	Demanda de Produção	Produção Realizada	AOP (%)	Utilização (%)	IP (%)
Equipamento 1	300	100	110	100%	36,7%	63%
Equipamento 2	200	180	178	80%	71,2%	29%

Fonte: Autora (2006)

Neste caso o IP apontaria o Equipamento 1 como prioritário, quando na realidade o equipamento 2 deve ser primeiramente trabalhado, uma vez que possui menor capacidade, fator limitante do volume de produção. Desta forma, a real demanda solicitada pela produção deve ser cuidadosamente considerada para o cálculo da Utilização. Uma outra solução interessante seria a inserção de um novo indicador no processo decisório, que representasse a demanda solicitada pela produção, de modo que casos como este, exibido acima, sejam claramente identificados.

Outra ação que implicaria em maior confiabilidade do processo decisório seria a realização de um levantamento histórico da capacidade média utilizada pela produção *versus* a capacidade nominal da máquina. Este estudo permitiria ao decisor verificar equipamentos que historicamente possuem excedente de capacidade, como também identificar possível sazonalidade no comportamento de utilização do equipamento, prevendo possíveis picos de demanda e podendo priorizar seu trabalho de acordo com estes picos.

Passo 5 - Selecionar a Intervenção Piloto

O método proposto para identificação das intervenções prioritárias considera o indicador grau de relevância, calculado da seguinte forma:

$$\text{Grau de Relevância (\%)} = \text{Tempo de Parada} \times \text{Frequência de Ocorrência} \quad (3.4)$$

Entretanto este indicador pode apontar o mesmo nível de prioridade para intervenções de natureza distintas. Por exemplo, uma intervenção que possui uma duração atual de 48 horas com periodicidade anual obterá o mesmo grau de relevância de uma intervenção com duração de 2 horas e periodicidade quinzenal. Vide tabela abaixo:

Quadro 3.8 – Similaridade dos Graus de Relevância

	Tempo - h (média histórica em 1 ano)	Frequência / 1 ano	Grau de Relevância	Priorização
Intervenção X	48	1	48	A
Intervenção Y	2	24	48	
Intervenção Z	5	6	30	B

Fonte: Autora (2006)

Todavia, poderia ser mais interessante para a área trabalhar primeiro na intervenção de periodicidade quinzenal do que na intervenção de periodicidade anual, ou na forma contrária, pois esta decisão implica em diferentes usos dos recursos disponíveis. As intervenções de maior frequência exigem um esforço no controle das atividades executadas após a definição do estado futuro, enquanto as atividades com baixa frequência concentram os esforços no planejamento da sequência, uma vez que não será possível realizar o controle sistemático das atividades.

Desta forma, dever-se-ia haver uma revisão no indicador do grau de relevância que permita a separação ou identificação destas intervenções distintas.

Uma outra possibilidade seria adotar um método de apoio à decisão que realize a classificação das intervenções de forma direta, e não mais a partir do indicador de grau de relevância. Este método de apoio à decisão modelaria classes de prioridades, tendo como *input* as necessidades das áreas, e realizaria a identificação das intervenções de acordo com os padrões estabelecidos. Por exemplo, para um universo de intervenções seriam definidas as seguintes classes de prioridade:

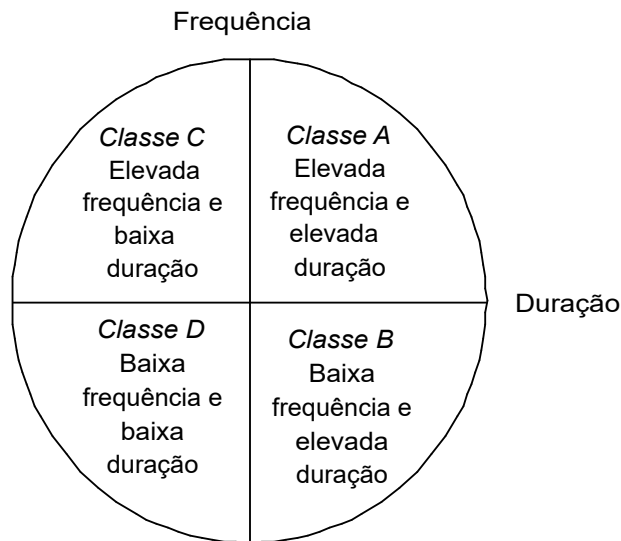


Figura 3.10 – Classes de Prioridade

Fonte: Autora (2006)

A partir da definição das classes de prioridade, todas as intervenções de um determinado equipamento seriam identificadas como pertencentes a uma classe e ter-se-ia então um grupo de intervenções com prioridade A, um grupo de intervenções com prioridade B, um outro grupo com prioridade C e um último grupo com prioridade D. Esta seria em si uma classificação que não permitiria que intervenções com alta e baixa periodicidade fossem analisadas e priorizadas de forma semelhante, sem distinção. Além disso, a introdução de outros critérios de decisão para estabelecer a ordem ou escolha das intervenções em cada classe possibilitaria que o contexto da organização e a percepção da área (representada por um decisor) sejam considerados quando da definição da intervenção piloto a ser trabalhada.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste último capítulo são apresentadas as conclusões relativas a este trabalho, fazendo referência aos seus objetivos e ao tema estudado, a aplicação da TRF nas intervenções de manutenção programada. Em um primeiro momento será apresentada a posição da autora com relação ao desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso. Finalizando, serão apontadas as recomendações finais concernentes ao estudo de caso trabalhado.

4.1 Considerações Finais

A idealização e desenvolvimento deste trabalho contribuíram de forma significativa para o aprimoramento da formação profissional da aluna, uma vez que possibilitou a esta a associação e vivência da prática em relação à teoria absorvida no ambiente acadêmico. Neste contexto, o desenvolvimento deste projeto contribuiu para o enriquecimento curricular da estudante formanda, ainda proporcionando-lhe a discussão de conhecimentos inseridos no campo de trabalho em que pretende atuar.

A partir deste trabalho foi possível conhecer e analisar uma proposta metodológica para aplicação da Troca Rápida de Ferramentas às intervenções de manutenção programada, com foco nas manutenções preventivas, identificando como esta ferramenta, direcionada para a redução dos tempos de câmbio de máquinas, pode ser integrada às atividades de manutenção, conduzindo a ganhos de tempo e desempenho dos equipamentos, além de uma melhor utilização dos recursos humanos e materiais necessários à realização destas atividades.

Para o alcance dos objetivos traçados com este trabalho, foi estruturada uma sistemática de desenvolvimento, embasada em quatro capítulos: Introdução, Fundamentação Teórica, Estudo de Caso e Conclusões.

As informações disponibilizadas a partir da pesquisa bibliográfica deram o suporte necessário ao desenvolvimento do estudo de caso trabalhado.

Antes do desenvolvimento do estudo de caso em si foram introduzidas informações referentes à empresa sobre a qual o estudo foi embasado, relatando sua história, características e, como não poderia deixar de ser, a estrutura do sistema de manutenção por esta utilizado, que forneceu a base para que a ferramenta TRF pudesse ser aplicada.

O estudo de caso foi então desenvolvido, de modo a explicar como está estruturada a metodologia utilizada pela empresa para aplicação da TRF nas intervenções de manutenção programada, e destrinchar cada passo apontado em sua estrutura. É importante enfatizar que o

envolvimento da alta gerência e do time de troca rápida é de fundamental importância para alcançar os objetivos esperados com a implementação desta metodologia.

Por fim, a análise dos resultados da combinação da TRF com as atividades de manutenção revelou inúmeros ganhos e benefícios para as áreas de manutenção, produção e resultados da empresa como um todo. Dentre os resultados obtidos pode-se enumerar a redução dos tempos de intervenção, o aumento da disponibilidade dos equipamentos, a melhor utilização dos recursos e a disponibilização de tempo para a gestão dos mantenedores.

É importante enfatizar a importância do estruturado e elevado nível do sistema de manutenção aplicado na empresa, o SMI, que possibilitou a implantação da metodologia abordada. Com base nas observações realizadas pela aluna quando do desenvolvimento deste trabalho, foram sugeridas algumas melhorias na metodologia proposta. Espera-se que haja contribuição das observações realizadas para a melhoria contínua da metodologia apresentada.

4.2 Recomendações

Como recomendações para continuidade do trabalho, sugere-se:

- Modelagem de preferências do decisor da área de manutenção a ser incorporada na metodologia de aplicação do TRF a manutenção;
- Utilização de métodos de apoio à decisão multicritério para priorização das intervenções a serem alvo da TRF;
- Utilização de métodos de apoio à decisão multicritério para classificação das intervenções a serem alvo da TRF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEM, André Nunes de. *Implantação do Conceito de Troca Rápida de Ferramentas no Setor de Impressão Flexográfica em Empresas Produtoras de Embalagens Plásticas Flexíveis*. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/Resumo.asp?3919>>. Acesso em: 3 set. 2006.

FERREIRA, A. B. H. *Dicionário da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 506p.

FOGLIATTO, Flávio S.; FAGUNDES, Paulo Ricardo M. *Troca Rápida de Ferramentas: Proposta Metodológica e Estudo de Caso*. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2003000200004&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 1 set. 2006.

GERDAU Treinamento TRF. Arquivo em PowerPoint destinado ao treinamento em Troca Rápida de Ferramentas. Gerdau Açonorte. Recife: 2005.

GERDAU Site. Disponível em: <<http://www.gerdau.com.br>>. Acesso em: 28 ago. 2006.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em larga Escala*. Bookman, 2000.

MONTEIRO, Aluisio; MENEZES, João O.; MONTEIRO, Denner V. C. *Troca rápida de ferramentas aplicada a uma indústria siderúrgica do Rio de Janeiro: um estudo de caso*. XII SIMPEP, 2005, Bauru, SP, Brasil.

MOURA, Reinaldo A.; BANZATO, Eduardo. *JIT – Jeito Inteligente de Trabalhar: A reengenharia dos processos de fabricação*. São Paulo: IMAM, 1994.

PORTER, Michael E. *Vantagem Competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior*. 4.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

SANTOS, Gilson da Costa. *Manutenção Enxuta na Área de Montagem de Carrocerias: Body Shop Lean Maintenance*. Disponível em: <http://www.unitau.br/prppg/cursos/ppga/mba/2003/gpt/santos-gilson_da_costa.pdf>. Acesso em: 3 set. 2006.

SHINGO, Shingeo. *Sistemas de Troca Rápida de Ferramentas: uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SILVA, Antônio M. *Manutenção Preventiva nos Equipamentos do Serviço Central de Esterelização*. Disponível em: <http://www.efhss.com/html/conf/assets/pt_anes_conf20060602_lecture03_pt.pdf>. Acesso em: 1 set. 2006.

TROSS, R. L. *Gestão da Qualidade na Área de Manutenção de uma Montadora de veículos Automotivos*. Taubaté, 1999. Monografia de Especialização em Administração - Universidade de Taubaté.

TUBINO, Dalvio Ferrari. *Manual de Planejamento e Controle da Produção*. São Paulo: Atlas, 1997.

UFPA – Universidade Federal do Pará. Disponível em:
<<http://www.eln.gov.br/setel/dados/arquivos/OperacaoManuntComercializacao/ManutencaoLTs-PetronioUFPA.ppt>>. Acesso em: 3 set. 2006.

XAVIER, Júlio N. *Manutenção Classe Mundial*. Disponível em:
<http://www.icapdelrei.com.br/arquivos/Artigos/manutencao_classe_mundial.pdf>.
Acesso em: 3 set. 2006.