



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DA TPM EM UMA INDÚSTRIA
SIDERÚRGICA PRODUTORA DE AÇO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO
POR

NATHÁLIA COIMBRA DE VASCONCELOS

Orientador: Prof. Cristiano Alexandre Virgínio Cavalcante

Recife, Agosto/2008

Nathália Coimbra de Vasconcelos

**DESENVOLVIMENTO DA TPM EM UMA INDÚSTRIA
SIDERÚRGICA PRODUTORA DE AÇO**

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

Orientador: Prof. Cristiano Alexandre Virgínio Cavalcante

Recife, Agosto/2008

V331d Vasconcelos, Nathália Coimbra de

Desenvolvimento da TPM em uma indústria siderúrgica produtora de aço / Nathália Coimbra de Vasconcelos. – Recife: O Autor, 2008.

v, 54 f.; il., figs., tabs.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia de Produção, 2008.

Inclui Referências Bibliográficas.

1. Engenharia de Produção. 2. Manutenção. 3. TPM. 4. Manutenção Produtiva Total. 5. Manutenção Autônoma. I. Título.

658.5 CDD (22.ed.)

UFPE/BCTG/2008-233

AGRADECIMENTOS

À minha família, em primeiro lugar, principalmente a meus pais Gláucio e Lígia e a meu irmão Leonardo, pelo suporte, incentivo e confiança no meu potencial, além dos ensinamentos sempre pautados na retidão de conduta e firmeza de caráter.

A meus amigos por todos os momentos felizes e difíceis compartilhados, em especial, a Marcela Maia.

A todos os integrantes da equipe do TCC (*Train Continu à Chaud* – Laminação a quente) da ArcelorMittal *Atlantique et Lorraine* - Dunkerque, especialmente a meu tutor de estagio Pierre Vienot, que me orientou gentil e pacientemente. A Eric Renault, Christophe Elices, Eric Piccavet, Pascal Boutoille, Patrick Rosseel e Jean-Marie Noel pelo tempo que eles me concederam explicando o funcionamento das instalações, dos equipamentos e de todo o processo de fabricação e manutenção.

Finalmente, ao professor Cristiano Cavalcante, orientador do meu Trabalho de Conclusão de Curso, pela cordialidade, atenção, paciência e esclarecimentos concedidos.

RESUMO

Dentro de uma comunidade global econômica que muda constantemente, e de maneira acelerada, exigem-se atitudes precisas por parte das empresas que necessitam aumentar progressivamente suas performances, seja através da adaptação e automatização de suas linhas de produção, seja graças à melhor utilização possível de seus recursos e de seus equipamentos disponíveis. Atualmente, os envolvidos no processo de manutenção necessitam se ocupar em prevenir e corrigir as possíveis falhas do sistema. Devido a estas exigências, foi desenvolvido o conceito de Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*), cujo objetivo é alcançar uma melhor performance dos meios de produção, que se traduz através da melhoria das capacidades humanas e, em consequência, dos equipamentos. A TPM é uma abordagem que visa, entre outros objetivos, tornar o *know how* acessível e compreensível a todos da empresa, garantindo o estado correto das ferramentas, sua acessibilidade e, sobretudo, a competência dos operadores, que são os atores principais da Manutenção Autônoma. Portanto, dentro deste contexto que inclui a busca do conhecimento, *know-how* e, também, a fim de padronizá-los e documentá-los, o presente trabalho se propõe a relatar a implementação, na zona do Acabador da Laminação, de suportes técnicos para operadores chamados “Módulos de Formação”. Alguns fatores compuseram a escolha pelo tema: o fato da TPM ser uma das ferramentas de estudo exploradas ao longo do curso de graduação de engenharia de produção, na Universidade Federal de Pernambuco; a vivência da aluna neste âmbito e os benefícios alcançados pela aplicação correta desta ferramenta.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção, TPM, Manutenção Produtiva Total, Manutenção Autônoma

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo geral	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Estrutura do trabalho	3
2. BASE CONCEITUAL	5
2.1 Introdução à Manutenção	5
2.1.1 Definição de Manutenção	6
2.1.2 Evolução da Manutenção	6
2.1.3 Tipos de Manutenção	8
2.1.3.1 Manutenção Corretiva	8
2.1.3.2 Manutenção Preventiva	8
2.1.3.3 Manutenção Preditiva	8
2.1.3.4 Manutenção Detectiva	9
2.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)	9
2.2.1 Histórico	9
2.2.2 Definições de TPM	11
2.2.3 Principais objetivos	13
2.2.4 As seis grandes perdas	14
2.2.5 Os oito pilares da TPM	16
2.2.6 Etapas para implantação da TPM	18
2.3 Manutenção Autônoma	19
2.4 Trabalho em equipe e TPM	23
2.5 Motivação	25
3. ESTUDO DE CASO	30
3.1 A Siderurgia no Brasil	31
3.1.1 Parque siderúrgico atual	31
3.1.2 Processo Siderúrgico	32
3.1.3 Etapas da Produção	34

3.2	A empresa.....	35
3.2.1	Apresentação da Zona de Estudo: Usina de Dunkerque.....	36
3.2.1.1	Processo produtivo de obtenção de Aço – Usina de Dunkerque....	37
3.2.2	Zona do Acabador “Finisseur” da Laminação da Usina de Dunkerque	39
3.3	Manutenção Autônoma na Zona do Acabador	40
3.3.1	Necessidade do desenvolvimento de equipes de Manutenção Autônoma.....	40
3.3.2	Formação das equipes de Manutenção Autônoma	41
3.3.3	Etapa 4 da Manutenção Autônoma: Formação Prática dos Operadores.....	42
3.3.4	Módulos de Formação da Zona do Acabador.....	44
3.3.4.1	Módulos de Formação da Zona do Acabador	46
3.4	Dificuldades encontradas	46
3.5	Melhorias alcançadas.....	47
3.6	Análise Crítica do Estudo de Caso	49
4.	CONCLUSÃO.....	51
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

LISTA DE FIGURAS

2.1 5S como base da TPM.....	p. 10
2.2 Hierarquia das necessidades de Maslow.....	p. 28
3.1 Fluxo de Produção do Aço.....	p. 35
3.2 Seqüência de produção de aço – Usina de Dunkerque.....	p. 37
3.3 Seqüência de produção - Laminação a quente.....	p. 38
3.4 Esquema da Zona do Acabador da Laminação.....	p. 39
3.5 Contexto atual da etapa 4.....	p. 43

LISTA DE TABELAS

2.1 Evolução da Manutenção.....	p. 7
2.2 Etapas para implementação da TPM.....	p. 19
2.3 Programa 5S para Manutenção Autônoma.....	p. 21
2.4 Sete etapas para implementação da Manutenção Autônoma.....	p. 22

1. INTRODUÇÃO

Durante o período que precedeu a Segunda Guerra Mundial, a manutenção era fundamentalmente corretiva, devido a toda conjuntura econômica da época aliada à escassa mecanização da indústria e à simplicidade dos equipamentos. No período pós-guerra até a década de 60, aumentou-se consideravelmente a mecanização e a complexidade das instalações industriais.

Começa a ser evidenciada a necessidade de maior disponibilidade, isto na busca de uma maior produtividade; a indústria estava bastante dependente do bom funcionamento das máquinas. Isto levou à idéia de que as falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, o que resultou no conceito de manutenção preventiva (KARDEC e NASCIF, 1998). Além disso, uma outra característica passou a ser considerada relevante: o aumento dos custos de manutenção.

Com a ênfase na manutenção preventiva e com o crescimento constante da automação e da mecanização, foram desenvolvidas práticas consideradas básicas na manutenção moderna, entre elas a TPM (*Total Productive Maintenance*).

A TPM é a ampliação do conceito da Manutenção, pela promoção da Manutenção do Sistema de Produção com a participação das pessoas da Operação (KARDEC e NASCIF, 1998). A aplicação desse conceito torna-se ainda mais importante quando se leva em consideração um fenômeno que assola predominantemente os países ricos: o envelhecimento da população. Esta tendência faz com que haja uma saída maciça à aposentadoria de operadores experientes e, na maioria das vezes, detentores do conhecimento técnico relacionados à manutenção de equipamentos da produção e de seus processos. Neste aspecto, o desenvolvimento do segundo pilar da TPM, Manutenção Autônoma, aparece como solução concreta para eliminação destas conseqüências maléficas.

Neste trabalho será abordada a conceituação de TPM, mostrando como ela pode ser uma ferramenta útil na melhoria da performance global da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas) e em termos humanos (capacitação e treinamento). Logo após, será apresentada a Siderurgia, ramo onde o estudo foi desenvolvido. E, em seguida, será demonstrada a base conceitual através da aplicação na siderúrgica produtora de aço ArcelorMittal, situada no Norte da França, onde poderão ser avaliados os benefícios da implementação da Manutenção Autônoma.

1.1 Justificativa

Empresas de grande porte, em especial as pertencentes ao setor siderúrgico, como a ArcelorMittal, que foi utilizada como objeto de estudo, buscam incessantemente um aumento de produção, automatizando, deste modo, cada vez mais seus processos de fabricação. Como resultado deste fenômeno, há uma queda considerável do número de especialistas engajados no processo. Acrescido a isto, ainda deve-se citar o problema gerado pelo envelhecimento da população. Devido a estes fenômenos, muitas destas organizações deparam-se com um problema de perda de *know how* e de talentos em suas unidades. Esta ausência de pessoal especializado é causada por diversas razões. Pode-se mencionar: criação de novos postos, promoções de carreira, aposentadoria, licenças, entre outras. Enfim, são muitas as motivações compulsórias ou não que levam o especialista a deixar sua função.

Em virtude disso, tornou-se indispensável a realização de um trabalho na ArcelorMittal, onde fossem padronizados os métodos e procedimentos de manutenção e fabricação, além da identificação da necessidade de formação técnica de equipes, de modo a disseminar o conhecimento de domínio da Manutenção entre os operadores. Neste âmbito, a TPM, cujo objetivo é alcançar uma maior eficiência do sistema de produção, aumentando a vida útil dos equipamentos, através do direto acompanhamento de operadores; surge como ferramenta de fundamental importância para a resolução da problemática apresentada.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma aplicação do segundo pilar da TPM, Manutenção Autônoma, em uma indústria siderúrgica produtora de aço, onde foi possível a identificação dos potenciais benefícios e ganhos gerados, além das maiores dificuldades encontradas, a partir deste estudo de caso, baseado em revisão bibliográfica aqui apresentada.

1.2.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral seja alcançado, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar fundamentação teórica dos conceitos principais de Manutenção, e aprofundar os conceitos sobre TPM com ênfase na Manutenção Autônoma;
- Mostrar a importância da motivação no desenvolvimento da Manutenção Autônoma no chão de fábrica;
- Apresentar o setor siderúrgico no Brasil e no mundo, além de fazer uma breve apresentação da empresa na qual o estudo foi desenvolvido, suas instalações e seu processo produtivo;
- Mostrar os benefícios e as principais dificuldades encontradas na implementação da Manutenção Autônoma, através da capacitação de equipes de operadores, de modo a reduzir as situações de espera por reparo.

1.3 Estrutura do trabalho

Neste primeiro capítulo de introdução foi apresentada a justificativa pela escolha do tema, além objetivos visados (geral e específicos) deste Trabalho de Conclusão de Curso.

No segundo capítulo é realizada a fundamentação teórica do tema em estudo. Há, desta forma, a apresentação de um breve histórico da TPM, o contexto no qual ela esta inserida, sua conceituação, seus objetivos, seus oito pilares e as perdas dos sistemas de produção.

Em seguida, enfatiza-se o desenvolvimento do segundo pilar da TPM, Manutenção Autônoma, suas sete etapas de implementação, o aprofundamento na etapa 4, além dos benefícios oriundos de sua aplicação. Ainda no segundo capítulo serão apresentados conceitos sobre motivação em equipes, uma vez que este é um dos principais requisitos para o sucesso do programa.

No terceiro capítulo, Estudo de Caso, é feita uma introdução ao setor siderúrgico produtor de aço, além de uma breve apresentação da empresa siderúrgica produtora de aço ArcelorMittal, cuja unidade de Dunkerque (Norte da França) foi palco para o desenvolvimento do estudo. Neste capítulo serão encontradas explicações acerca do processo de produção de aço, em especial, da área de laminação de tarugos de aço (TCC – *Train Continu à Chaud*).

Ainda no terceiro capítulo, detalha-se a terceira e quarta etapas do processo de implantação da Manutenção Autônoma, aplicando-as à realidade de chão de fábrica,

mostrando as principais dificuldades encontradas na realização do trabalho e as melhorias obtidas. Ao final do terceiro capítulo é feita uma análise crítica do estudo de caso apresentado.

Por fim, o presente Trabalho de Conclusão de Curso apresenta a conclusão, de modo a mostrar o aprendizado da aluna, obtido com o desenvolvimento do estudo, além de elaborar sugestões para trabalhos futuros.

2. BASE CONCEITUAL

Uma vez que a proposta deste Trabalho de Conclusão de Curso é a análise da aplicação do segundo pilar da TPM, Manutenção Autônoma, faz-se necessário apresentar conceitos relativos ao universo da Manutenção, de modo a fornecer uma base conceitual adequada para o entendimento do trabalho.

Inicialmente, serão abordados neste capítulo aspectos da Manutenção: uma breve introdução ao tema, sua evolução, definição e classificação.

Posteriormente, o capítulo apresentará a TPM (MPT – Manutenção Produtiva Total): seu histórico, definição, objetivos principais, as seis perdas que esta filosofia busca eliminar, seus oito pilares, o aprofundamento do segundo pilar (Manutenção Autônoma), além de ressaltar as vantagens e benefícios mais relevantes que resultam de sua aplicação.

Ainda no segundo capítulo será abordado o indicador de desempenho OEE (Eficiência Global do Equipamento) e sua importância na implementação da TPM.

Posteriormente, será ressaltada a pertinência da utilização do trabalho em equipe, por ser esta a característica mais evidente dentro da TPM.

Por fim, será mostrada a importância da motivação no trabalho em equipe dentro das organizações produtivas.

2.1 Introdução à Manutenção

O modo como às organizações enxergavam a manutenção mudou progressivamente e alguns fatores tornaram-se determinantes, entre eles: o visível aumento da competitividade entre as empresas; o aumento do nível de exigências relativas à qualidade do produto e à produtividade; o desenvolvimento de novas tecnologias; o aumento do nível de automação nos processos; o aumento da complexidade de máquinas e equipamentos.

Dessa forma, a manutenção passa a ser vista como parte indispensável na busca para se atingir objetivos estratégicos nas organizações, deixando de ter como única preocupação, o atendimento à produção e à disponibilidade do equipamento. Atualmente, a manutenção desponta como item de fundamental importância na redução de custos, no atendimento às necessidades do cliente através da melhoria da confiabilidade de máquinas, equipamentos e processos.

2.1.1 Definição de Manutenção

A NBR 5462 (1994) define a manutenção como a “combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Já SLACK (1997, p.365) diz que é a “forma pela qual. as organizações tentam evitar as falhas, cuidando de suas instalações físicas”.

Segundo XENOS (1998, p. 18), manutenção é “fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, em um nível de desempenho exigido”.

De acordo com KARDEC (2002, p. 23) a missão da manutenção é “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados”.

A ABNT (2004) define a 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, ou seja, fazer o que for preciso para assegurar que um equipamento ou máquina opere dentro de condições mínimas de requerimentos e especificações”.

2.1.2 Evolução da Manutenção

Desde os primórdios da civilização observam-se atividades relacionadas ao estado de conservação de ferramentas. Entretanto, foi apenas no Século XVI, com o surgimento das primeiras máquinas têxteis a vapor, que a manutenção propriamente dita passa a emergir. As intervenções, neste período, eram feitas apenas em situações que requeriam maior complexidade e os operadores eram os próprios mantenedores mecânicos. Foi somente no século passado, com o desenvolvimento de motores elétricos que o mantenedor eletricista passou a integrar o setor de manutenção.

Foi então que durante o século XVI, na Europa, surgiram os primeiros técnicos de montagem e reparação nas fábricas dos primeiros relógios mecânicos. Posteriormente, durante a Revolução Industrial e a Primeira Guerra Mundial houve a necessidade de expansão das atividades de manutenção emergenciais.

Já na Segunda Guerra Mundial passou a haver a exploração de termos como disponibilidade e produtividade, levando a chamada manutenção preventiva.

Didaticamente, de acordo com o contexto industrial do mundo, pode-se dividir a evolução da manutenção em três gerações:

- De 1930 a 1940 – Esta geração caracterizou-se por conserto e reparos após a ocorrência de falha ou manutenção emergencial;
- De 1940 a 1970 – A segunda geração teve como característica principal o crescimento da disponibilidade e a maior vida útil de equipamentos. Este fato foi ocasionado pelas intervenções de caráter preventivo, que usavam como base o tempo de uso das máquinas após a última intervenção. Posteriormente, essa fase foi caracterizada pela utilização de grandes computadores que executavam atividades de planejamento e registro de tarefas que eram feitas, até então, manualmente.
- Desde 1970 – A terceira e última geração caracterizou-se pelo visível aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. Além disso, esta fase foi marcada pela melhora na relação custo *versus* benefício da manutenção, pela melhoria na qualidade dos produtos, pelo crescimento da preocupação com o meio ambiente, por avanços na área tecnológica e desenvolvimento de softwares voltados para intervenções e gerenciamento da manutenção; por avanços relacionados à saúde e segurança do trabalhador. Por fim, esta geração também foi caracterizada pelo surgimento de grupos de trabalho multidisciplinares.

Evolução/ Década	1970	1980	1990	2000
Estratégia	Máxima Eficiência dos Equipamentos		Produção TPM	Gestão TPM
Foco	Equipamento		Sistema de Produção	Sistema Geral da Companhia
Perdas	Perda por falha	6 Perdas principais	16 Perdas	20 Perdas
		Assim divididas: nos equipamentos	Assim divididas: Equipamentos Fatores Humanos Recursos na Produção	Assim divididas: Processos Inventário Distribuição Compras

Tabela 2.1 – Evolução da Manutenção

Fonte: Adaptado de IMAI (2000)

2.1.3 Tipos de Manutenção

São encontrados na literatura contemporânea os seguintes tipos de manutenção:

2.1.3.1 Manutenção Corretiva

- Manutenção corretiva não planejada

Para WILLIAMS (1994) é a correção de uma falha de forma aleatória, cujo objetivo é evitar o acontecimento de conseqüências mais graves, sem que haja tempo para elaboração e preparação do serviço.

De acordo com PINTO (1998), a manutenção corretiva não planejada tem como principal característica a intervenção da manutenção em um episódio já ocorrido, não importando se foi um desempenho abaixo do esperado ou uma falha propriamente dita.

- Manutenção corretiva planejada

Segundo PINTO (1998, p.34), a manutenção corretiva planejada é “a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra”.

2.1.3.2 Manutenção Preventiva

Já esta manutenção ocorre em equipamentos que, conforme distribuição de falha normal, dentro do ciclo de vida útil, estão suscetíveis a desgastes. Para PINTO (1998, p. 35) a manutenção preventiva é a “atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo”.

2.1.3.3 Manutenção Preditiva

De acordo com PINTO (1998), a manutenção preditiva é a atuação que ocorre baseada em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, que tem seu acompanhamento obedecendo a uma sistemática.

Este tipo de manutenção favorece um maior conhecimento da equipe de manutenção, da natureza da degradação ou falha que podem acontecer eventualmente, aumentando a disponibilidade e qualidade do serviço, pois usa dados coletados ao longo do tempo para inferir a respeito do estado futuro no qual o equipamento deverá encontrar-se. Para isso, faz-se necessário verificar a tendência das variáveis descritivas ligadas ao estado do equipamento, fazendo uso de avaliações probabilísticas.

2.1.3.4 Manutenção Detectiva

Este tipo de manutenção é a atuação em sistemas de proteção, cujo objetivo é detectar falhas ocultas ou aquelas que não são perceptíveis aos operadores e mantenedores, conforme PINTO (1998).

2.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)

2.2.1 Histórico

Conforme NAKAJIMA (1989), os Estados Unidos sempre desempenharam papel de destaque na inovação tecnológica. Foram eles os primeiros na adoção da Manutenção Preventiva (MP), que evoluiu para Manutenção do Sistema de Produção (MSP), além do desenvolvimento de conhecimentos na área de engenharia de confiabilidade.

Com a assimilação dos conceitos iniciais oriundos dos Estados Unidos, a TPM foi então desenvolvida pelo JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*), no início dos anos setenta, quando as primeiras abordagens foram lançadas na indústria automobilística Nippon Denso, pertencente ao grupo Toyota, no Japão, para atender às exigências de evolução na direção de uma automação constante dos equipamentos de produção. Esta evolução tem transformado progressivamente os operadores de produção em guardiões e reguladores de suas máquinas. O organismo JIPM transformou a noção de TPM que era originalmente centrada em uma vigilância eficaz dos equipamentos realizada pelos operadores, sendo conhecida pela sigla 5S e, às vezes, denominada auto-manutenção.

O JIPM desempenhou papel fundamental na disseminação da filosofia TPM, a partir do momento em que a fez evoluir no sentido de um desenvolvimento global, ainda mais eficaz, buscando a máxima performance do sistema de produção e manutenção. Entre seus objetivos se pode citar “aumentar a rentabilidade dos negócios através da eliminação das falhas por quebras de equipamentos, reduzindo o tempo gasto para preparação dos equipamentos, mantendo a velocidade do maquinário, eliminando pequenas paradas e melhorando a qualidade final dos produtos.” (WILLMOT, 1994).

As perspectivas de ganhos na versão atual da TPM são muito mais ambiciosas do que sob a versão de 5S, abrangendo todos os níveis e setores das empresas.

Tradicionalmente, a TPM é representada por um edifício cujas colunas são os oito pilares e tendo o 5S como base, como sugere a figura seguinte:

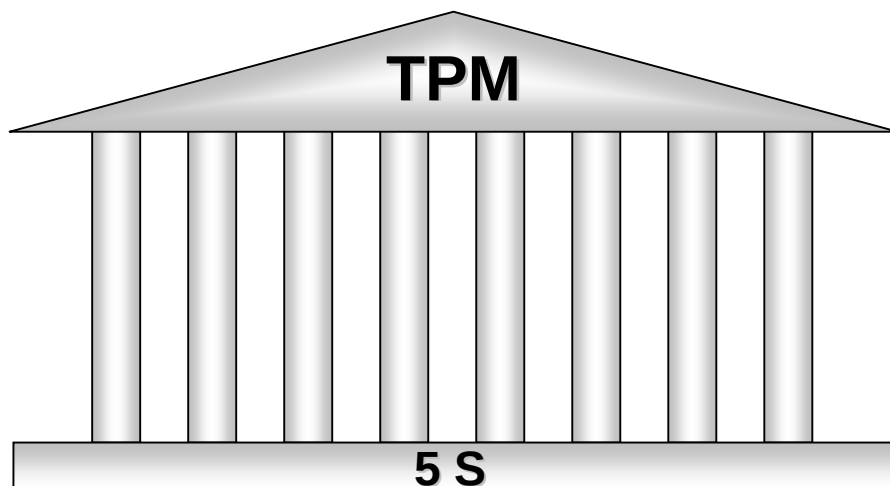


Figura 2.1 – 5S como base da TPM

Fonte: JIPM (2000)

Este simbolismo chama atenção a alguns comentários pertinentes:

- A solidez do conjunto está ligado à qualidade das bases (5S);
- Se um número mínimo de pilares é instalado, o edifício resiste;
- Já se alguns pilares são defeituosos, o edifício pode resistir.

De acordo com o JIPM (2000), a TPM possui três fases históricas: a primeira que iniciou no Japão, onde havia o ideal de quebra zero e foco na produção, contendo cinco pilares. Em 1989, a segunda fase foi considerada um aperfeiçoamento da primeira e traduzia a visão de abranger toda a empresa, trazendo oito pilares, além do compromisso de alcançar a perda zero. Por fim, em 1997, a terceira geração da TPM, sustentada em oito pilares, veio propor a satisfação de uma forma global acrescida na redução de custos.

Foi somente na década de 80 que surgiram os primeiros artigos e trabalhos escritos sobre a TPM, que teve em Seichi Nakajima o seu maior propulsor. De acordo com ROBERTS (1997), o primeiro congresso mundial sobre TPM, aconteceu em 1990 nos Estados Unidos.

No que concerne os equipamentos, a TPM objetiva promover a revolução junto à linha de produção, através da introdução de conceitos como “Quebra zero”, “Defeito zero” e “Acidente zero” (TAVARES, 1996). Entretanto, deve-se ressaltar o fato de que estes

conceitos ou idéias são de cunho essencialmente motivacional e não objetivos factíveis, uma vez que há diversos modos de falha que fogem ao controle da ação humana.

Segundo SUZUKI (1994), a TPM foi inicialmente, desenvolvida na indústria de automóvel e rapidamente passou a formar parte da cultura corporativa de Empresas tais como Toyota, Nissan, e Mazda, seus fornecedores e filiais. Depois, foi implementada em outras indústrias como eletrodomésticos, microeletrônicas, máquinas, ferramentas, plásticos, fotografia, etc. Inicialmente, as atividades de TPM se limitaram aos departamentos diretamente relacionados com os equipamentos. Nos dias atuais, os departamentos administrativos e de apoio, que apóiam de modo ativo a TPM na produção, a aplicam também para melhorar a eficácia de suas próprias atividades.

SAKAGUCHI (2001) reforça este pensamento ao sugerir que a TPM objetivava, em um primeiro momento, a melhoria apenas das atividades de produção. Posteriormente, a definição passou a abranger toda a organização, ou seja, o foco das atividades mudou de equipamento e passou a ser o sistema de produção global. Dessa forma, as atividades que visavam à redução e prevenção de perdas nos equipamentos, mudaram para prever e reduzir as perdas em todo o sistema de produção. Assim, ampliou-se o escopo das atividades de práticas de produção mais lucrativas para práticas de gestão organizacional mais produtivas.

Ainda segundo SAKAGUCHI (2001), a implementação das práticas de TPM tem sido fundamental para eliminar fatores que impedem a redução de custos dos produtos e de aspectos que impossibilitam o lucro. Por estas razões que a TPM vem se tornando indispensável na criação de um sistema lucrativo de práticas corporativas e de negócios.

2.2.2 Definições de TPM

Inicialmente, o conceito de NAKAJIMA (1989, p. 12) traduz o objetivo fundamental desta filosofia: “Manutenção conduzida com a participação de todos”.

Para o JIPM (2000), o conceito teórico da TPM baseia-se nos seguintes itens:

- A criação de uma estrutura organizacional que permite a busca um maior rendimento do sistema de produção como um todo;
- A busca por atividades que evitem todas as perdas, que procurem o “zero acidente”, “zero falha”, “zero defeito” em todo o ciclo de vida do sistema de produção;

- A participação de todos os departamentos, produção, desenvolvimento, comercial e administrativo;
- A participação de todos os níveis hierárquicos desde a direção até os operadores de chão de fábrica;
- Obtenção perda zero graças às atividades de pequenos grupos.

Para IMAI (2000), a TPM é um método de gestão que identifica e elimina as perdas existentes no processo produtivo, maximiza a utilização do ativo industrial e garante a geração dos produtos de alta qualidade a custos competitivos. Além disso, desenvolve conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e de melhoria contínua, garantindo o aumento da confiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos processos, sem investimentos adicionais. Atuando, também, na cadeia de suprimentos e na gestão de materiais, reduz o tempo de resposta, aumenta a satisfação do cliente e fortalece a posição da empresa no mercado.

Segundo NAKAJIMA (1989, p. 6), “A TPM representa uma forma de revolução, pois conclama a integração total do homem x máquina x empresa, onde o trabalho de manutenção dos meios de produção passa a constituir a preocupação e a ação de todos”.

Para TAKAHASHI e OSADA (1993), a TPM é uma campanha que abrange toda a organização, com a participação de todos os empregados para conseguir a utilização máxima do equipamento existente, utilizando a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento.

Portanto, a aplicação da TPM significa organizar uma estrutura, na qual todos os integrantes, independentemente do cargo ocupado. É de fundamental importância que haja um combate de paradigma organizacional, no sentido de não conceber como normal e natural a quebra ou defeitos apresentados por máquinas e equipamentos, fazendo com que seja interrompida a operação. Na TPM, há a preocupação constante de inculcar a visão de que é possível manter impecável o ambiente no qual a empresa está inserida e, ainda, alcançar o ideal de “quebra zero”.

A TPM ainda traz um novo conceito relacionado ao modo como operadores e envolvidos nos processos envolvem-se na manutenção de máquinas, equipamentos e instalações, pois é uma incentivadora do aumento de produtividade, elevando a satisfação pela realização do trabalho e o moral dos trabalhadores.

2.2.3 Principais objetivos

Para MIRSHAWKA e OLMEDO (1994), os cinco principais objetivos da TPM são:

- Garantir a eficiência global das instalações;
- Implementar um programa de manutenção para otimizar o ciclo de vida dos equipamentos;
- Requerer o apoio dos demais departamentos envolvidos no plano de elevação da capacidade instalada;
- Solicitar dados e informações de todos os funcionários da empresa;
- Incentivar o princípio do trabalho em equipe para consolidar ações de melhoria contínua.

Pode-se dizer ainda que o objetivo da TPM é a melhoria da performance global da empresa (qualidade, confiabilidade, tempo de operação) através da melhoria/evolução dos recursos humanos e dos equipamentos em todos os níveis, dentro de todos os setores.

A melhoria dos recursos humanos dá-se através da formação dos colaboradores, não importa o nível hierárquico, para responder às necessidades de automatização, de confiabilidade dos processos e da qualidade do produto.

Devem ser definidos, portanto, os objetivos a ser alcançados por cada integrante da equipe:

- Operador: Ter a capacidade de manter o equipamento em perfeito estado de funcionamento; detectar, julgar e reagir (manutenção autônoma);
- Mantenedor: Ter a capacidade de realizar uma manutenção do tipo Produtiva e dar a chance aos operadores de fabricação de inspecionarem os equipamentos;
- Engenheiro: Ter a capacidade de realizar um programa para conduzir os equipamentos com as menores perdas possíveis, além de permitir a aplicação de um bom gerenciamento da TPM nas instalações.

E nos equipamentos/ferramentas o mais relevante é:

- Obter a melhor utilização possível dos equipamentos existentes;
- Prever as inspeções nas ferramentas (mecânicas, elétricas, de processo);
- Localizar os equipamentos para facilitar a comunicação entre diferentes níveis de manutenção e operadores;

- Conceber novos equipamentos baseados no ciclo de vida total e o aumento de seus tempos de funcionamento.

A TPM busca obter uma Manutenção Produtiva rentável, ou seja, seu objetivo não é apenas a prevenção de falhas e defeitos, mas acima de tudo, que seja feito de modo econômico e efetivo. Uma consequência direta da aplicação da TPM é o fato de tornar as pessoas mais conhecedoras de equipamentos e processos nos quais atuam, além de fazer com que elas próprias identifiquem, reportem e minimizem a causa de falhas e defeitos. Outra contribuição da TPM é a criação de um senso crítico nos colaboradores da empresa, tornando-os responsáveis por seus próprios processos.

Portanto, a TPM busca a maior eficácia possível de toda estrutura organizacional, através de melhorias incorporadas às pessoas e aos equipamentos, ou seja, tornar os colaboradores e a empresa aptos à condução das fábricas do futuro, dotadas de automação. Estas modificações fazem com que haja melhorias estruturais e orgânicas nas empresas, fato que pode ser identificado como o objetivo mais relevante da TPM (MIRSHAWKA e OLMEDO, 1993).

2.2.4 As seis grandes perdas

Com a aplicação da TPM possibilita-se a eliminação das seis grandes perdas do sistema de produção, decorrentes da não-conformidade ou má qualidade do produto, processo ou equipamento.

Essas seis grandes perdas são:

- Perda por parada - quebra/falha

Nesse tipo de perda pode haver quebra com perda total da capacidade ou quebra com redução parcial da capacidade. A maior parcela de perdas (custos) se dá às quebras com perda parcial. Esse fato ocorre porque se não for realizado um detalhado monitoramento, a redução da capacidade pode não se tornar visível para uma correção imediata e acabar sendo aceita como normal.

- Perda por mudança de linha e regulagens

Essa perda é crucial, pois pode significar o limite entre a obtenção do lucro ou do prejuízo nos negócios, ocorrendo quando a mesma máquina ou linha de produção destina-se a

produção de mais de um produto. Nesse contexto, é introduzido o conceito de tempo de ajuste (tempo de *setup*), que é o tempo necessário para a realização de troca, em uma mesma máquina, de um produto por um outro.

- Perda por operação em vazio e pequenas paradas

Este tipo de perda tem como principal causa a sobrecarga, quando ocorrem interrupções na alimentação ou no próprio sistema produtivo, fato que resulta em operações em vazio e pequenas paradas que não podem ser desprezadas por fazerem parte das características do equipamento. Essas perdas podem comprometer o bom desempenho de máquinas e equipamentos.

- Perda devido à queda de velocidade

Essa perda é resultante da queda da velocidade normal de trabalho, causada por alguns fatores:

- Falta de conhecimento da capacidade da máquina/equipamento;
 - Demora em solucionar pequenos problemas;
 - Realização de operações abaixo da capacidade do projeto do equipamento;
 - Resistência a mudanças das pessoas em utilizar o equipamento, de modo que ele desempenhe apenas sua capacidade nominal (comportamento/postura dos envolvidos no processo).
- Perda por defeitos gerados no processo de produção

Esta perda está relacionada a:

- Operações de retrabalhos;
- Eliminação de produtos defeituosos gerados durante o processo de fabricação;

- Funcionamento inadequado ou falha em um dos sistemas do equipamento/máquina;
- Operações com problemas antigos ou algum grau de deterioração.
- Perdas devido a reinício e na partida

Essa perda também é conhecida com perda para entrada no regime de produção, onde suas principais causas são:

- Instabilidade da própria operação;
- Falta de matéria-prima;
- Utilização de ferramentas inadequadas;
- Problemas de conhecimento/domínio técnico por parte dos operadores.

2.2.5 Os oito pilares da TPM

Qualquer modelo de gestão voltado para produtividade e qualidade deve estar muito fundamentado e estruturado. No caso da TPM, há oito pilares que são princípios básicos para implementação da TPM, segundo o JIPM (*Japan Institute Productive Management*). Estes pilares devem ser estruturados e desenvolvidos em equipes, que possuam a adequada coordenação.

Os oito pilares da TPM são necessários e indispensáveis para que se consiga eliminar as seis grandes perdas e servem de sustentação do desenvolvimento da TPM. Inicialmente, a TPM contava com apenas cinco pilares. Em um momento posterior, foram acrescentados os outros três pilares: Manutenção da Qualidade, Office TPM e Saúde, Segurança e Meio Ambiente.

Cada um dos oito pilares de sustentação possui características e objetivos específicos, conforme descrição abaixo:

- Melhorias Específicas

Este pilar procura detectar e lidar prontamente com anormalidades em equipamentos, fazendo uso de conceitos relacionados à manutenção corretiva para atuar em perdas ligadas a equipamentos, consideradas crônicas do processo produtivo, de modo a eliminá-las.

- Manutenção Autônoma

O segundo pilar da TPM tem como alicerce o treinamento prático e teórico que os operadores devem receber, além da conscientização da importância do trabalho em equipe para, assim, alcançar a melhoria contínua de atividades ligadas à manutenção e à produção.

- Manutenção Planejada

O terceiro pilar está relacionado às rotinas de manutenção preventiva cuja base é o tempo de uso ou condição do equipamento, de modo a obter a melhoria contínua da disponibilidade e confiabilidade, além de reduzir custos de manutenção. Aqui, o adequado gerenciamento da manutenção suporta fortemente o segundo pilar, manutenção autônoma.

- Treinamento e educação

Este pilar é caracterizado pela utilização e aplicação de treinamentos técnicos e comportamentais voltados para desenvolver conhecimento e habilidades como liderança, flexibilidade e autonomia das equipes de manutenção, fornecendo suporte a outros pilares da TPM.

- Manutenção da qualidade

Este pilar relaciona-se com a interação da confiabilidade dos equipamentos com a qualidade dos produtos, além da capacidade de atendimento à demanda. Este pilar se propõe a manter as condições ideais dos equipamentos, métodos, pessoas e materiais, de modo a alcançar o zero defeito.

- Controle Inicial ou Gestão Antecipada

Este pilar é caracterizado por um conjunto de atividades cujo objetivo é assegurar a operação para a produção de novos equipamentos, visando alcançar alta confiabilidade e facilitar tarefas relacionadas a operação e manutenção, de modo a diminuir a intervenção do homem no equipamento. Ou seja, este pilar consiste em aproveitar o conhecimento adquirido através de melhorias para introdução de novos projetos sem qualquer tipo de perda (velocidade, qualidade, tempo, custo, quebras).

- Saúde, Segurança e Meio Ambiente

Há aqui uma ênfase na melhoria continua dos riscos de segurança e de meio ambiente, além do foco na melhoria das condições de trabalho. O principal objetivo deste pilar é a busca do zero acidente, a garantia da integridade mental e física dos trabalhadores, a identificação de quase-acidentes e a redução do nível de absenteísmo provocado por doenças.

- Melhoria dos processos administrativos

Este pilar também é chamado de TPM de escritório (*Office TPM*) e faz uso de conceitos relacionados à eliminação de desperdícios e perdas nas rotinas administrativas. Sua característica fundamental é a redução de tempo e aumento da qualidade e precisão das informações. As atividades relacionadas a este pilar baseiam-se no 5S e na melhoria das rotinas.

Como o foco do presente trabalho foi o desenvolvimento do segundo pilar, Manutenção Autônoma, em uma indústria siderurgia de grande porte; o item seguinte será destinado a um maior aprofundamento deste pilar.

2.2.6 Etapas para implantação da TPM

A metodologia do JIPM sugere que a implementação da TPM seja realizada seguindo doze etapas, que compõem as fases de preparação, inicial, implementação e de consolidação.

FASES	ETAPAS	CONTEÚDO
Fase Preparatória	Decisão de adoção pela diretoria	Engajamento da Diretoria; Contratação de especialistas
	Campanha de divulgação	Anúncio para todo o pessoal, cartazes, palestras
	Criação do órgão gestor da implantação	Pessoas encarregadas de coordenar a implantação
	Definição de políticas e metas	Medição dos índices atuais; Estabelecimento de metas de produção, qualidade, quebras de máquinas e desperdícios
	Elaboração do plano diretor	Detalhamento de políticas e metas
Fase Inicial	Combate às 6 Grandes Perdas	Quebras de máquinas, mudança de linhas, pequenas paradas, queda de velocidade, defeitos no processo, defeitos no início da produção
Fase de Implementação	Melhorias em máquinas, instalações e equipamentos	Modificações para melhorar o desempenho, facilitar limpeza e manutenção, reduzir desperdício
	Estruturação da Manutenção Autônoma	Treinamento dos operadores em limpeza, manutenção e detecção de defeitos
	Estruturação do Planejamento de Manutenção	Sistema de informações; Manutenção Preventiva
	Incorporação de novas habilidades individuais	Cursos e treinamentos para operadores e mantenedor
	Controle da instalação e do funcionamento inicial das máquinas	Acompanhamento do início das atividades das máquinas e equipamentos
Fase de Consolidação	Avaliação dos resultados	Comparação com os índices antes do TPM; Atuação Corretiva

Tabela 2.2: Etapas para implementação da TPM

Fonte: Adaptado de CARVALHO, PEREIRA e TURRIONI (2002)

2.3 Manutenção Autônoma

Para ALMEIDA *et al* (2001), o processo de Manutenção Autônoma tem como foco o desenvolvimento das habilidades dos operadores, de modo que eles passem a ter domínio sobre os equipamentos nos quais atuam. O objetivo do segundo pilar da TPM é tornar os operadores aptos a agir como “sensores humanos”, promovendo no seu ambiente de trabalho as mudanças que irão garantir altos níveis de produtividade.

Sendo assim, este pilar é fundamentalmente caracterizado por um conjunto de atividades a serem executadas de forma rotineira nos equipamentos, pelos próprios operadores, abrangendo a limpeza, inspeção, lubrificação, restauração, ajuste e atividades de melhorias, trocas de peças de baixa complexidade, cujo objetivo é manter os equipamentos operando em condições básicas, ou seja, dentro dos parâmetros para os quais foram projetados.

Para NAKAJIMA (1989), a filosofia da Manutenção Autônoma consiste na quebra de barreiras entre as funções de operação e manutenção. Assim, a tônica da Manutenção Autônoma é a expressão “da minha máquina cuido eu”. Assim, o convencimento dos operadores de que a “saúde” dos equipamentos depende de forma direta deles é um dos

pontos-chave para se obter o sucesso no processo de implementação da Manutenção Autônoma.

Para KARDEC (2002, p. 43), a manutenção autônoma consiste em “desenvolver nos operadores o sentimento de propriedade e zelo pelos equipamentos e a habilidade de inspecionar e detectar problemas em fase incipiente, e até realizar pequenos reparos, ajustes e regulagens”.

Assim, o segundo pilar da TPM pode ser visto como uma metodologia, onde a força de trabalho dos operadores é utilizada para preservação e manutenção dos equipamentos, de modo a superar dificuldades relacionadas a limitações de cunho técnico através da formação e treinamentos.

Há uma estreita relação entre o 5S e a manutenção autônoma, pois o objetivo maior da implementação do 5S é a melhoria das condições de trabalho, além de possibilitar a criação de um ambiente favorável a um eficiente gerenciamento. Um exemplo dessa forte ligação é a limpeza, operação fundamental da manutenção autônoma: durante a atividade de limpeza o operador necessita utilizar seus sentidos para detectar potenciais falhas nos equipamentos. Consequentemente, uma limpeza realizada de maneira adequada implica uma inspeção rigorosa.

Dentro dessa linha de raciocínio, XENOS (1998, p. 295) afirmou que “na prática, quando os operadores não entendem como ocorrem as falhas nos equipamentos, o 5S ficará limitado às áreas óbvias - corredores, passarelas, armários e prateleiras – e não será praticado nas partes menos visíveis e evidentes dos equipamentos e que realmente precisam do 5S. O 5S que não estiver apoiado por um entendimento dos princípios de funcionamento dos equipamentos será ineficaz como uma medida de prevenção de falhas”.

Deste modo, evidencia-se a necessidade dos operadores entenderem a razão pela qual deve-se utilizar a metodologia do 5S, não sendo suficiente a compreensão apenas das palavras que representam cada “S”. XENOS (1998, p. 295) ainda complementa: “Na implantação do 5S, é preciso definir os padrões de limpeza dos equipamentos de acordo com o tipo de indústria. Por exemplo, numa indústria siderúrgica é uma utopia querer que todas as partes dos equipamentos fiquem brilhando o tempo todo, pois isto é incompatível com a natureza do processo de produção. Neste caso, não se pode comparar a limpeza dos escritórios da empresa com o chão de fábrica. Mas, mesmo no ambiente de produção, alguns

componentes e peças dos equipamentos têm que ser mantidos bem limpos, tais como painéis de controle, rolamentos, centrais hidráulicas, engrenagens e trilhos”.

5S – Significado	Definição
SEIRI – Organização	Diferenciar o necessário do desnecessário; Eliminar o desnecessário
SEITON – Ordenação	Determinar o layout e a ordenação para que todos os itens possam ser encontrados imediatamente quando forem necessários
SEISO – Limpeza	Eliminar a sujeira, materiais estranhos e poeira; Manter o ambiente limpo
SEIKETSU – Limpeza Pessoal	Manter o ambiente limpo para conservar a saúde e evitar a poluição.
SHITSUKE – Disciplina	Treinar as pessoas para obterem o hábito da realização de atividades bem feitas.

Tabela 2.3: Programa 5S para Manutenção Autônoma

Fonte: Adaptado de TAKAHASHI (1993)

Conforme McKONE (1999), a Manutenção Autônoma pode ser definida a partir da consideração dos quatro objetivos principais da TPM: Inicialmente, fazer com que as equipes de manutenção e produção trabalhem em conjunto para estabilizar as condições e cessar a deterioração dos equipamentos. Em seguida, com a divisão das responsabilidades pelas atividades diárias de manutenção, a produção e a manutenção tornam-se capazes de melhorar a “saúde” dos equipamentos. Aqui, são incluídas atividades como limpeza e inspeção, lubrificação e outras pequenas intervenções de manutenção. Terceiro, faz-se uso do pensamento de que a TPM foi idealizada para auxiliar os operadores a conhecerem melhor o funcionamento dos equipamentos, quais problemas podem ocorrer, qual a razão e como tais problemas podem ser previstos através da pré-detecção e do tratamento de condições anormais. E por fim, a TPM promove o envolvimento dos operadores através de sua preparação para atuar como parceiros do pessoal de manutenção na melhoria da performance geral, disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

Pode-se dizer que o objetivo principal da Manutenção Autônoma é o aumento do tempo de disponibilidade operacional dos equipamentos através da preparação e envolvimento do pessoal de operação. Não é à toa que se faz uso da palavra autônoma, justamente para

mostrar o fato de os operadores possuírem autoridade e conhecimento suficientes para executarem intervenções que antes eram realizadas apenas por pessoal especializado. É desta forma, incrementando com pequenas tarefas, que a função dos operadores tem sido mais valorizada. Este fato faz com que os técnicos de manutenção tenham uma maior parcela de tempo disponível para desenvolver e aperfeiçoar novas formas de melhorias em equipamentos e intervenções. Esta seqüência de melhorias torna o processo mais eficiente, fazendo com que sejam reduzidas as perdas relativas a falhas, quebras, perda de qualidade e velocidade e falta de disponibilidade.

A Manutenção Autônoma pode ser estruturada em sete etapas de implementação, que seguem abaixo:

Etapa	Atividade	Conteúdo
1	Limpeza inicial	Limpeza, inspeção, lubrificação e aperto das partes dos equipamentos, identificando e corrigindo as anomalias.
2	Eliminação das fontes de inconveniências e locais de difícil acesso	Eliminação das fontes de contaminação, melhoria na posição de elementos do equipamento à inspecionar, mudanças de altura e fixação de proteções.
3	Elaboração de padrões de lubrificação e inspeção	Implementação de ações e procedimentos que permitam a inspeção, lubrificação e aperto de forma rápida e eficaz e nas freqüências pré-estabelecidas.
4	Inspeção geral	Elaboração de manuais simples e eficazes para inspeção e reparos. Identificar e eliminar as causas das inconveniências.
5	Inspeção voluntária	Elaboração de listas de verificação dos equipamentos para execução do autocontrole.
6	Organização e ordem	Padronização de atividades de inspeção, de lubrificação, de manutenção de ferramentas e moldes além da padronização dos registros de dados.
7	Consolidação da manutenção autônoma	Melhoria contínua do nível de excelência do autocontrole dos equipamentos, atrelada ao gerenciamento dos objetivos e metas da organização.

Tabela 2.4: Sete etapas para implementação da Manutenção Autônoma

Fonte: Adaptado de SHIROSE et al (1999)

2.4 Trabalho em equipe e TPM

De acordo MIRSHAWKA & OLMEDO (1994), a manutenção é participativa quando está voltada para o trabalho em equipe. Desta forma, as equipes são introduzidas como um meio de aumentar a produtividade, qualidade, disponibilidade dos equipamentos, além de colaborar para a satisfação dos trabalhadores.

Já para ROBBINS (2000), as organizações para que sejam capazes de competir com mais eficácia e eficiência têm regularmente recorrido às equipes como uma maneira de utilizar melhor o talento de seus empregados.

Algumas das características positivas do trabalho em equipe são: capacidade para rápida formação, deslocamento, mudanças de objetivo e dissoluções; além de flexibilidade e sensibilidade a diferentes eventos.

Segundo com ROBBINS (2000), para as equipes de trabalho serem bem-sucedidas devem ser selecionadas pessoas que ocupem os papéis-chave, de acordo com as habilidades e preferências. Há casos onde indivíduos poderão desempenhar papéis múltiplos. As equipes possuem um propósito significativo, mais amplo do que as metas específicas, esse propósito é chamado de missão. Ainda para ROBBINS (2000), equipes eficazes possuem uma missão comum e significativa que dá aos membros direção, ímpeto e comprometimento.

Algumas características da TPM são comuns a outros sistemas de manutenção. Por exemplo, a busca da economicidade é enfatizada nos sistemas de Manutenção Preventiva ou no de Manutenção Preditiva. Outra característica que é o enfoque de modo sistêmico também é preconizado na Manutenção do Sistema de Produção, onde foram abordados conceitos relacionados a ausência de necessidade de manutenção resultante de um projeto apropriado, a incorporação de técnicas similares às da medicina preventiva, e à adoção de melhorias, tanto para incremento da vida útil como para a facilidade da manutenção.

Já a terceira característica é encontrada essencialmente na TPM. Esta característica refere-se à condução da manutenção voluntária (ou autônoma) através de trabalhos desenvolvidos pelos pequenos grupos, incluindo, assim, o pessoal da produção nesse processo.

Através da aplicação de seus conceitos, o TPM é possível tornar as pessoas mais conhecedoras dos processos e equipamentos, nos quais operam, além de tornar o operador mais capaz de identificar, reportar, minimizar e até eliminar a causa das quebras, falhas e

defeitos. A TPM também contribui para a criação de um senso crítico nas pessoas, fazendo com que elas se sintam responsáveis (“donas”) pelo bom funcionamento do processo do qual integram. Esta consciência é positiva, à medida que reduz consideravelmente as seis grandes perdas relacionadas, entre outros fatores, a paradas de equipamentos por quebra ou falhas, a geração de peças defeituosas e à ocorrência de acidentes, além de gerar um alto nível de motivação nas equipes de trabalho.

Ao minimizar ou eliminar as perdas, as empresas tendem a caminhar rumo ao estado ideal, que é a perda zero, fazendo com que os resultados sejam mais próximos ao planejado. Quanto mais perto se chega do estado ideal, menor os custos e maior a probabilidade de sobrevivência e crescimento no mercado.

Assim, observa-se a importância do incentivo ao princípio de trabalho em equipe, de modo a consolidar as ações de melhoria contínua. Sabe-se que quanto maior for a abertura da gerência em relação às idéias e contribuições da força de trabalho, maior simplicidade de funcionamento das equipes existirá. Estas equipes são compostas por colaboradores de diversos ramos de atuação e nível hierárquico: operadores, pessoal de manutenção e integrantes da gerência.

O esforço e trabalho de equipe é indubitavelmente um grande indicador de sucesso do processo de implementação da TPM.

Existem três passos fundamentais no processo de passagem de responsabilidades relativas a atividades de manutenção, aos operadores.

- Identificação de quais tarefas poderão ser repassadas

É necessário que o operador que deverá receber a responsabilidade por determinadas tarefas de manutenção possua o devido entendimento daquilo que se quer alcançar. Este cuidado é fundamental para que as atividades escolhidas não influam de maneira negativa sua atividade principal que é a operação, havendo excessiva perda de tempo na atividade de manutenção delegada. Assim, as intervenções de manutenção abrangem a lubrificação de partes e o aperto de peças.

- Treinamento dos operadores

A formação das equipes será detalhada no capítulo seguinte, no estudo de caso. Esta fase é fundamental por deixar o operador tecnicamente apto a desempenhar funções, que

antes da implementação da TPM eram de inteira responsabilidade do pessoal de manutenção.

- Monitoramento do programa

O monitoramento é requisito essencial para que se possa avaliar posteriormente a eficiência do equipamento.

2.5 Motivação

Na implementação de um programa como a TPM, um fator determinante para o sucesso ou fracasso deste processo é o estado de motivação para realizar as atividades de manutenção dos envolvidos, principalmente dos operadores.

Sabe-se que um sistema produtivo só tem a capacidade de reverter trabalho em receita por meio de equipamentos disponíveis. Neste âmbito, a disponibilidade como visto anteriormente é a característica essencial dos equipamentos. Assim, observa-se que quando há a ocorrência de determinada falha torna-se necessário a rápida recolocação do equipamento em estado operacional. Para tal finalidade, as pessoas constituem o aspecto-chave para a garantia de uma alta disponibilidade. Entretanto, esse processo para ser considerado bem sucedido, necessita que a força de trabalho sinta-se motivada o suficiente para desempenhar eficazmente seu papel.

Portanto, treinar os operadores e provê-los dos conhecimentos necessários para a realização de atividades de manutenção em diversos níveis, faz com sejam reduzidas as situações de espera por reparo, bem como torna os reparos mais rápidos.

Conceitua-se a motivação como sendo o processo responsável pela intensidade, direção, e persistência dos esforços de uma pessoa para o alcance de uma determinada meta, estando, desta forma, relacionado à eficiência dos operadores. Portanto, as teorias da motivação tratam das forças propulsoras do indivíduo para o trabalho e estão normalmente associadas à produtividade e ao desempenho, despertando o interesse das organizações.

Segundo HERZBERG (1968), quando uma pessoa se coloca ou se direciona a um caminho ou objetivo, ela não está necessariamente motivada a atingir tal objetivo. Os fatores que podem levá-la a caminhar naquele sentido ou são internos (intrínsecos) ou são externos (extrínsecos). Existe motivação quando estes aspectos são internos.

Ocasionalmente, trabalhadores evitam uma punição ou buscam uma recompensa e, a partir daí, surge o desejo de realizar alguma tarefa. Observa-se que neste tipo de situação não houve uma iniciativa da própria pessoa, mas sim de um terceiro ou fator externo (punição ou recompensa). Já quando os trabalhadores são impulsionados por fatores intrínsecos ou necessidade interior, pode-se observar a existência de vontade própria, configurando, assim, a motivação.

Deste modo, a motivação dura enquanto a necessidade interior não tiver sido completamente suprida. Ou seja, há a geração de um sentimento de auto-realização e estima quando são alcançados objetivos que foram propostos, trazendo satisfação e impulsionando o trabalhador a tarefas e atividades que sejam mais ousadas e que exijam mais dele. Esta ousadia leva à busca da concretização de novas necessidades e potencialidades.

Segundo Abraham Maslow, psicólogo americano, deve-se dividir as necessidades humanas de forma hierárquica. Esta teoria de motivação, que foi chamada de Hierarquia das necessidades humanas, fundamentava-se em uma hierarquia de necessidades influenciadoras do comportamento humano.

Para MASLOW (1968), a cada momento há uma necessidade que é predominante nos trabalhadores, motivadora de seu comportamento. Assim, os incentivos por parte da gerência devem, de algum modo, procurar compatibilizar a satisfação desta necessidade predominante para que o indivíduo caminhe espontaneamente na direção desejada pela empresa. Uma vez satisfeita a necessidade em questão, cessa o potencial motivador. A partir daí é fundamental o outro nível de necessidade, segundo a pirâmide de Maslow.

De acordo com FOURNIES (1992), a necessidade mais urgente é aquela que determina as ações em qualquer tempo. Estas necessidades motivam as ações do homem somente enquanto não forem satisfeitas. As necessidades são categorizadas como necessidades primárias e secundárias. As necessidades primárias estão relacionadas à própria sobrevivência do indivíduo e são descritas a seguir:

- Necessidades fisiológicas

Encontram-se no nível mais baixo, sendo a base da pirâmide, mas de fundamental importância. É considerada a manutenção da própria vida: alimentação, vestuário e abrigo; estão intrínsecas no indivíduo e somente quando satisfeitas pode-se passar a próxima necessidade dentro da Pirâmide de Maslow;

- Necessidades de segurança

Correspondem à necessidade de auto-preservação. Afetam o comportamento quando as necessidades fisiológicas estão relativamente aceitas. Não se trata somente da necessidade de estar livre dos perigos físicos, trata-se também da própria percepção desse fato.

A partir do momento em que são satisfeitas as necessidades primárias ou parcialmente satisfeitas, as necessidades secundárias passam a ser determinantes no comportamento humano. Segundo Maslow estas necessidades são:

- Necessidades sociais

Surgem como dominantes quando as necessidades básicas estão satisfeitas ou parcialmente satisfeitas. Aqui, considera-se importante a participação e aceitação do indivíduo em grupos sociais ou em círculos de amizade. Quando esta necessidade não é satisfeita o indivíduo torna-se resistente, antagônico e hostil no seu grupo social ou de trabalho;

- Necessidades de estima

Neste patamar, o indivíduo busca ser reconhecido pelo grupo como importante e relaciona-se com a auto-confiança, aprovação social, respeito, status, prestígio e consideração. Aqui, As pessoas precisam estar confiantes em si mesmas, capazes de criar novos métodos, técnicas e de sugerir novas formas de ação.

- Necessidade de auto realização

Neste ultimo degrau da pirâmide, há uma relação com a percepção individual da vida, do homem e de todos os itens que cada indivíduo considera necessária para maximizar o seu potencial, seja ele qual for. É o desejo de superar-se.



Figura 2.2: Hierarquia das necessidades de Maslow

Fonte: Adaptado de KALAT (1993)

Para FOURNIES (1992), a posição na hierarquia pode ser amplamente variada e o trânsito em níveis diferentes de necessidades pode acontecer mesmo que o nível anterior não tenha sido satisfeito. A teoria considera que as pessoas agirão de maneiras específicas em função da necessidade dominante que influencia seu comportamento.

Assim, pode-se trazer a hierarquia desenvolvida por Maslow para o ambiente fabril, no que diz respeito às necessidades que influenciam o comportamento dos operadores de chão de fábrica.

No desenvolvimento do segundo pilar da TPM, Manutenção Autônoma, a satisfação das necessidades secundárias (sociais, de estima e de auto-realização) é decisiva na obtenção de sucesso do programa. Na Manutenção Autônoma, operadores passam a exercer tarefas que, até então, eram restritas ao setor de manutenção. Com isso, há o acúmulo de novas atividades, o que, naturalmente, gera uma resistência inicial por parte dos operadores. Entretanto, cabe aos representantes da TPM (níveis hierárquicos mais elevados), dedicar um tempo maior na capacitação e desenvolvimento destes operadores, de modo a incutir neles o sentimento de propriedade dos equipamentos, que estejam sob responsabilidade deles.

Assim, eles passam a atuar diretamente na melhoria do processo e no aumento da disponibilidade dos equipamentos, assegurando assim a satisfação da necessidade social, que inclui participação e aceitação pelo grupo, uma vez que estes operadores integram equipes de Manutenção Autônoma.

Com o progresso do processo de implementação da Manutenção Autônoma, os resultados positivos começam a receber destaque, desenvolvendo a satisfação da necessidade de estima, que abrange o reconhecimento pelo trabalho desenvolvido e o prestígio.

A partir deste ponto, a próxima etapa a ser alcançada é a satisfação da necessidade de auto-realização, como consequência do sucesso do processo de desenvolvimento da TPM. Pelo exposto, é evidenciada a importância de se ter operadores motivados e bem capacitados, em um programa que busca a implantação da TPM no chão de fábrica.

3. ESTUDO DE CASO

Este capítulo contém, inicialmente, uma breve explanação sobre o ramo da Siderurgia, no Brasil e no mundo, além das principais etapas de produção para obtenção do aço.

Posteriormente, o presente capítulo apresenta uma aplicação da TPM na empresa siderúrgica produtora de aço ArcelorMittal. Mais especificamente, a área de estudo foi a zona do Acabador do setor de Laminação de chapas de aço, que são destinadas ao setor automobilístico. Será feita uma breve apresentação do grupo ArcelorMittal, descrevendo seu processo produtivo e suas atividades. Em seguida, será vista o desenvolvimento da quarta etapa do segundo pilar da TPM, Manutenção Autônoma, na Laminação da unidade de Dunkerque.

Apesar de um dos pilares da TPM estar relacionado ao desenvolvimento da metodologia em escritório, sendo chamado, por isto, de Office TPM; o grande enfoque deste programa diz respeito à sua aplicação no ambiente fabril. Neste contexto, o estudo de caso do presente trabalho é bastante pertinente, uma vez que trata do desenvolvimento do programa de implementação do pilar de Manutenção Autônoma na área de Laminação de tarugos de aços em uma indústria siderúrgica, localizada no Norte da França.

A experiência em chão de fábrica permite que sejam feitas algumas considerações pertinentes ao trabalho. Por exemplo, em relação às instalações que possuem acessos difíceis, a determinadas partes do equipamento/máquina, complicando enormemente a vigilância e a manutenção. Percebe-se, entretanto, que através de gestos simples, como controles visuais, se é possível evitar quebras, perdas e defeitos de fabricação.

Uma outra dificuldade encontrada, principalmente em grandes organizações, é que há uma gama extensa de conhecimento, experiência técnica em equipamentos e instalações; entretanto, não é comum a todos os colaboradores. Este fato ocorre com determinados operadores muito experientes, que sabem identificar rapidamente as causas de certas falhas ou defeitos, mas, frequentemente, esta competência particular deixa a empresa com o operador. Isso se deve a uma série de fatores, tais como férias, falta de comunicação ou aposentadoria.

Assim, a TPM é uma metodologia que visa eliminar as perdas, as falhas e os defeitos, formalizando o conhecimento da empresa, além de torná-lo a todos. Deve-se ressaltar, também, que o desenvolvimento desta metodologia japonesa busca a melhoria do estado das

ferramentas, sua acessibilidade e, sobretudo, a competência dos operadores que se transformam nos principais atuadores na aplicação da manutenção preventiva e autônoma.

3.1 A Siderurgia

Conforme o Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS), o parque siderúrgico nacional iniciou a década de 90 contando com 43 empresas estatais e privadas, cinco delas integradas a coque, nove a carvão vegetal, duas integradas a redução direta e 27 semi-integradas, além de produtores independentes de ferro-gusa e carvão vegetal, que somavam cerca de 120 altos-fornos. A instalação dessas unidades produtoras se concentrou principalmente no Estado de Minas Gerais e no eixo Rio-São Paulo, devido à proximidade de regiões ricas em matérias-primas empregadas na fabricação do aço, ou de locais com grande potencial de consumo. Hoje, o parque produtor de aço brasileiro, um dos mais modernos do mundo. Nos primeiros anos da década de 90, era visível o esgotamento do modelo com forte presença do Estado na economia. Entre 1994 e 2004, as siderúrgicas investiram US\$ 13 bilhões, dando prioridade para modernização e atualização tecnológica das usinas. Em 1999, a produção brasileira de aço era de 25 milhões de toneladas no ano. No ano passado, foi de 31,6 milhões de toneladas.

A previsão de investimentos no setor de 2005 a 2010 é de US\$ 12,5 bilhões, com projeção de alcançar a capacidade instalada de 49,7 milhões de toneladas no final desses cinco anos. Esse novo ciclo de investimentos está voltado para o aumento da capacidade de produção, a fim de atender ao crescimento da demanda interna que deve ser de mais de um milhão de toneladas por ano no período de 2005 e 2010.

A privatização trouxe ao setor expressivo afluxo de capitais, em composições acionárias da maior diversidade. Assim, muitas empresas produtoras passaram a integrar grupos industriais e/ou financeiros cujos interesses na siderurgia se desdobraram para atividades correlatas, ou de apoio logístico, com o objetivo de alcançar economia de escala e competitividade.

3.1.1 Parque siderúrgico atual

De acordo com o IBS, o aço é hoje o produto mais reciclável e mais reciclado do mundo. Carros, geladeiras, fogões, latas, barras e arames tornam-se sucatas, que alimentam os fornos das usinas, produzindo novamente aço com a mesma qualidade.

Além disso, as empresas siderúrgicas participam de acordos internacionais para preservar o meio ambiente. Na década de 90, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima estabeleceu a redução de emissão de gases de efeito estufa, estabelecendo que os países deveriam apresentar projetos na modalidade Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Durante a Convenção de Estocolmo, em 2004, os países se comprometeram a fazer um plano nacional de controle de Poluentes Orgânicos Persistentes (POP's). A siderurgia está comprometida com ambas as iniciativas, além de outras no mesmo sentido.

Quanto à produção, as previsões são de crescimento das principais economias desenvolvidas e a manutenção do ritmo de expansão dos países da Ásia, em especial China e Índia. Há algumas incertezas relacionadas a questões como o aumento dos juros nos EUA e Europa, preço do petróleo, terrorismo e crise no Oriente Médio, quadro político na América Latina, mas não parece provável que afetem de forma significativa o crescimento do mercado e do comércio mundial de aço.

Persiste no setor siderúrgico, porém, a preocupação com um possível desequilíbrio no balanço oferta *versus* demanda devido a um excesso mundial de capacidade de produção, principalmente na China. No entanto, essa ameaça só deverá produzir efeitos relevantes após 2008. Outra questão a considerar é o processo de consolidação em curso no setor. Fusões e aquisições entre as siderúrgicas mundiais ainda devem ser uma constante por algum tempo.

3.1.2 Processo Siderúrgico

A fronteira entre o ferro e o aço foi definida na Revolução Industrial, com a invenção de fornos que permitiam não só corrigir as impurezas do ferro, como adicionar-lhes propriedades como resistência ao desgaste, ao impacto, à corrosão, etc. Por causa dessas propriedades e do seu baixo custo o aço passou a representar cerca de 90% de todos os metais consumidos pela civilização industrial.

Basicamente, o aço é uma liga de ferro e carbono. O ferro é encontrado em toda crosta terrestre, fortemente associado ao oxigênio e à sílica. O minério de ferro é um óxido de ferro, misturado com areia fina.

Segundo SHEER (1977), a maleabilidade é considerada a característica do aço, traduzindo-se na sua definição mais curta: aços são ligas maleáveis de ferro.

Para TEICHERT (1957), o aço pode ser definido como um metal ferroso, que contém carbono, fundido em uma massa inicialmente maleável, usualmente suscetível de ser endurecido por um resfriamento brusco.

O carbono é também relativamente abundante na natureza e pode ser encontrado sob diversas formas. Na siderurgia, usa-se carvão mineral, e em alguns casos, o carvão vegetal.

O carvão exerce duplo papel na fabricação do aço. Como combustível, permite alcançar altas temperaturas (cerca de 1.500°C) necessárias à fusão do minério. Como redutor, associa-se ao oxigênio que se desprende do minério com a alta temperatura, deixando livre o ferro. O processo de remoção do oxigênio do ferro para ligar-se ao carbono chama-se redução e ocorre dentro de um equipamento chamado alto forno.

Antes de serem levados ao alto forno, o minério e o carvão são previamente preparados para melhoria do rendimento e economia do processo. O minério é transformado em pelotas e o carvão é destilado, para obtenção do coque, dele se obtendo ainda subprodutos carboquímicos.

No processo de redução, o ferro se liquefaz e é chamado de ferro gusa ou ferro de primeira fusão. Impurezas como calcário, sílica etc. formam a escória, que é matéria-prima para a fabricação de cimento.

A etapa seguinte do processo é o refino. O ferro gusa é levado para a aciaria, ainda em estado líquido, para ser transformado em aço, mediante queima de impurezas e adições. O refino do aço se faz em fornos a oxigênio ou elétricos.

Finalmente, a terceira fase clássica do processo de fabricação do aço é a laminação. O aço, em processo de solidificação, é deformado mecanicamente e transformado em produtos siderúrgicos utilizados pela indústria de transformação, como chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, perfilados, barras etc.

Com a evolução da tecnologia, as fases de redução, refino e laminação estão sendo reduzidas no tempo, assegurando maior velocidade na produção. As usinas de aço do mundo inteiro segundo o seu processo produtivo, classificam-se:

- Integradas - que operam as três fases básicas: redução, refino e laminação;
- Semi-integradas - que operam duas fases: refino e laminação. Estas usinas partem de ferro gusa, ferro esponja ou sucata metálica adquiridas de terceiros para transformá-los em aço em aciarias elétricas e sua posterior laminação.

Existem ainda unidades produtoras chamadas de não integradas, que operam apenas uma fase do processo: redução ou laminação. No primeiro caso estão os produtores de ferro gusa, os chamados guseiros, que têm como característica comum o emprego de carvão vegetal em altos fornos para redução do minério. No segundo, estão os relaminadores, geralmente de placas e tarugos, adquiridos de usinas integradas ou semi-integradas e os que relaminam material sucata.

3.1.3 Etapas da Produção

Segundo o IBS (2008), as etapas de produção do aço, a partir do minério de ferro, carvão e cal, dividem-se em quatro:

- Preparação da carga

Grande parte do minério de ferro (finos) é aglomerada utilizando-se cal e finos de coque. O carvão é, então, processado na coqueria e transforma-se em coque.

- Redução

Essas matérias-primas, agora preparadas, são carregadas no alto forno. Oxigênio aquecido a uma temperatura de 1000°C é soprado pela parte de baixo do alto forno. O carvão, em contato com o oxigênio, produz calor que funde a carga metálica e dá início ao processo de redução do minério de ferro em um metal líquido: o ferro-gusa. O gusa é uma liga de ferro e carbono com um teor de carbono muito elevado.

- Refino

Aciarias a oxigênio ou elétricas são utilizadas para transformar o gusa líquido ou sólido e sucata de ferro e aço, em aço líquido. Nessa etapa parte do carbono contido no gusa é removida juntamente com impurezas. A maior parte do aço líquido é solidificada em equipamentos de lingotamento contínuo para produzir semi-acabados, lingotes e blocos.

- Laminação

Os semi-acabados, lingotes e blocos, são processados por equipamentos chamados laminadores e transformados em uma grande variedade de produtos siderúrgicos cuja nomenclatura depende de sua forma e/ou composição química.

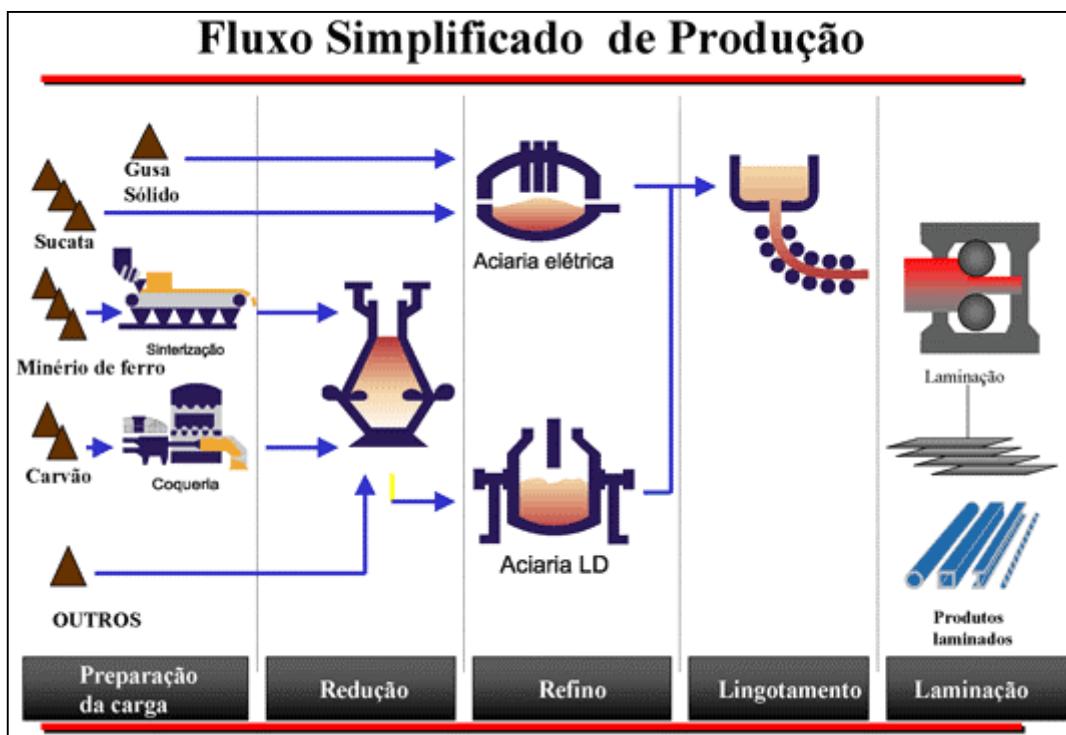


Figura 3.1: Fluxo de Produção do Aço

Fonte: IBS (Instituto Brasileiro de Siderurgia)

3.2 A empresa

O grupo siderúrgico francês Usinor, formado após a Segunda Guerra Mundial em 1948, sofreu inúmeras modificações estruturais ao longo dos anos. Em dezembro de 2001, o grupo Arcelor nasceu da fusão de três siderúrgicas européias: a espanhola Aceralia, Arbed de Luxemburgo e a francesa Usinor. Este grupo siderúrgico tinha como objetivo de desenvolvimento industrial tornar-se líder mundial, a fim de afirmar-se como um valor referência dentro da indústria de aço e, desta forma, rivalizar contra a futura potência siderúrgica chinesa.

As atividades do grupo são divididas nos seguintes setores: aços planos, aços longos, aços inoxidáveis, distribuição-transformação-comercial.

Em 2006, a Arcelor, segunda maior produtora de aço do mundo, anunciou a fusão com o líder do setor e seu maior rival, o grupo anglo-indiano Mittal Steel, tornando-se assim maior grupo siderúrgico mundial com capacidade para a produção de 130 milhões de toneladas de aço por ano. Sua produção de 118 milhões de toneladas de aço representa aproximadamente 10% do total mundial.

Com aproximadamente 320 mil empregados em 61 localidades e unidades industriais em 27 países, a empresa agrupa os dois maiores produtores mundiais de aço: Arcelor e Mittal Steel, que detém a liderança em todos os principais mercados mundiais de aço, incluindo o setor automobilístico, construção, eletrodomésticos e embalagens. O grupo dispõe de uma destacada posição em Pesquisa e Desenvolvimento, assim como em matérias-primas e recursos minerais, além de excelentes redes de distribuição. Suas instalações industriais localizam-se na Europa, Ásia, África e Américas.

As ações da ArcelorMittal são negociadas atualmente nos mercados de Amsterdam, Bruxelas, Luxemburgo, Nova York e Paris e nas bolsas espanholas de Barcelona, Bilbao, Madri e Valência.

No Brasil, a ArcelorMittal controla a ArcelorMittal Brasil, empresa formada a partir da união dos ativos da ArcelorMittal Aços Longos, da ArcelorMittal Tubarão e da ArcelorMittal Vega, além de ser o acionista controlador da Acesita.

3.2.1 Apresentação da Zona de Estudo: Usina de Dunkerque

Já a unidade de Dunkerque, ambiente no qual o estudo foi desenvolvido, foi implantada sobre 450 hectares, dos quais 85 foram expandidos sobre o mar. A Usina de Dunkerque é uma das maiores de laminação a quente da Europa. A sua produção é diversificada, cobrindo uma extensa gama de aços planos. A usina se encarrega desde a recepção de matéria-prima até a laminação de tarugos de aço. Ela pode ser dividida em 3 grandes zonas: Fonte, Aciaria e TCC (*Train Continu à Chaud* – Laminação a quente). As bobinas de aço laminadas a quente partem de Dunkerque para outras usinas do grupo para serem submetidas a tratamentos complementares, tais como: laminação a frio, revestimento, galvanização.

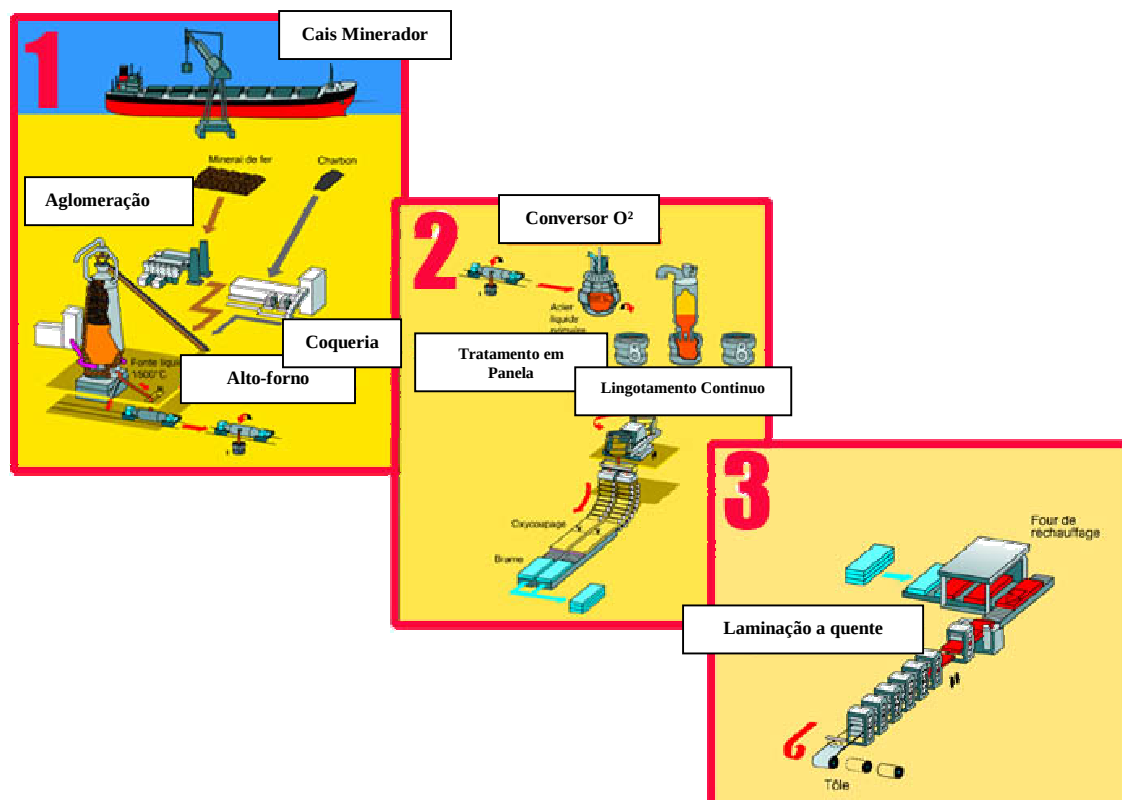


Figura 3.2: Seqüência de produção de aço – Usina de Dunkerque

Fonte: Grupo ArcelorMittal (2007)

3.2.1.1 Processo produtivo de obtenção de Aço – Usina de Dunkerque

Em relação ao processo produtivo de obtenção de aço realizado na usina de Dunkerque, pode-se dizer que há nela uma cadeia de produção completa, permitindo passar do mineral de ferro, que chega em navios, até a chapa de aço em forma de bobina.

O mineral de ferro, composto por óxidos de ferro e outros diversos materiais, é recebido sob a forma de grãos (minerais finos). Para utilização no alto-forno é necessário aglomerar estes minerais para formar pedaços maiores. Este processo é realizado através do cozimento na cadeia de aglomeração. O carbono é cozido nas baterias do forno para formar o coque.

Os minerais aglomerados, o coque e os minerais crus são levados para o alto-forno. A combustão do coque permite extrair o ferro dos óxidos e levá-lo à temperatura de fusão. Nesse processo é formada a fonte líquida (mista de 96% de ferro e 4% de carbono).

A Fonte é então transportada até a Aciaria em vagões especiais protegidos por tijolos refratários. É na aciaria que o excesso de carbono é eliminado em um conversor. O aço selvagem obtido é então tratado em uma estação de refino para ajustar precisamente sua composição química final definida em função das necessidades do cliente.

O aço em fusão é transportado em um molde, onde começa a solidificar-se em contato com uma superfície resfriada com água. O metal moldado é cortado em barras que chegam até o TCC (*Train Continu à Chaud* - Laminação), área onde o estagio foi realizado. Assim, as barras são reaquecidas em um forno para se tornarem mais maleáveis. Através da passagem pelo laminador, as chapas de aço chegam ao final do processo com apenas alguns milímetros de espessura, quando são então enroladas na forma de bobinas. O TCC tem a função de deixar a barra de aço, vinda da aciaria, nas especificações exigidas pelo cliente (espessura, largura e perfil), dando um tratamento termomecânico para que o produto tenha as características mecânicas e magnéticas desejadas.

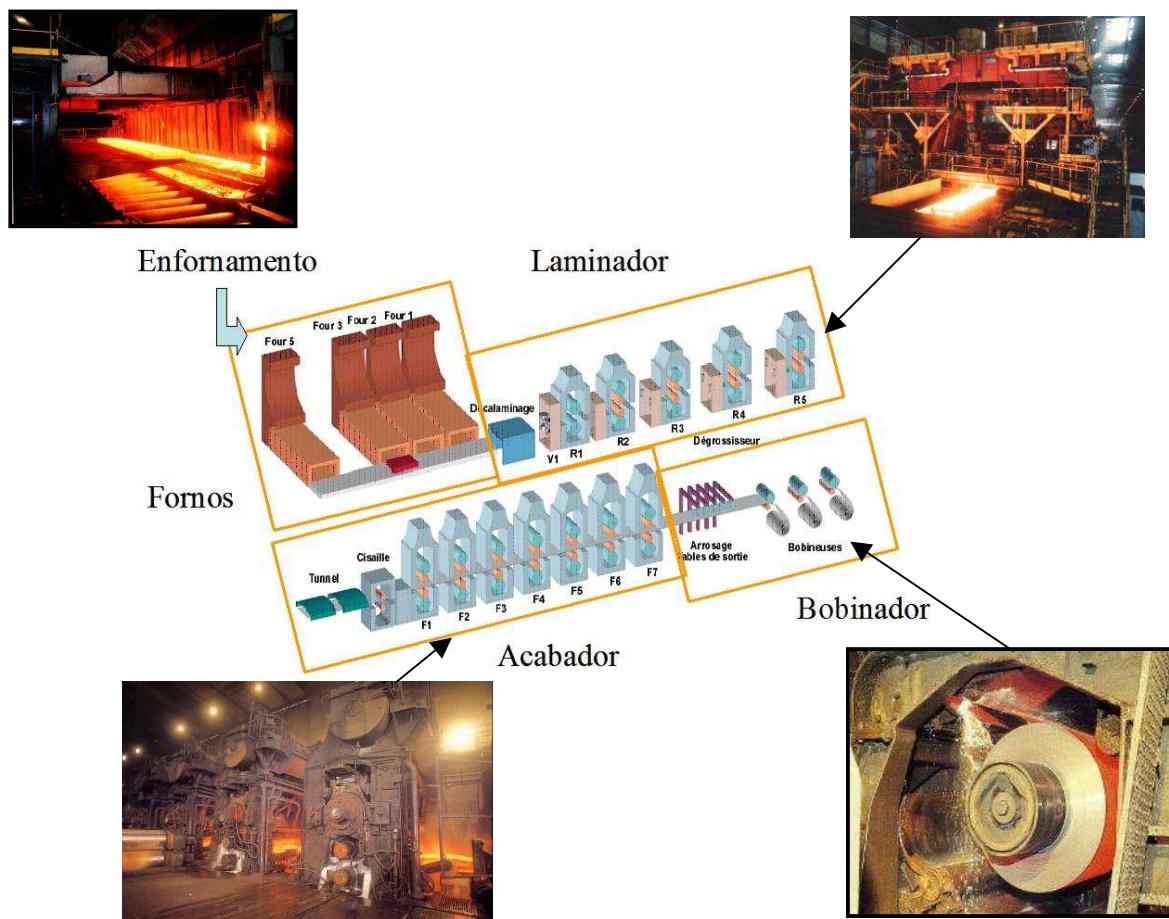


Figura 3.3: Sequência de produção - Laminação a quente

Fonte: Grupo ArcelorMittal (2007)

3.2.2 Zona do Acabador “Finisseur” da Laminação da Usina de Dunkerque

A zona do Acabador está situada na Laminação entre o Laminador e o Bobinador, como mostra o esquema da seguinte:

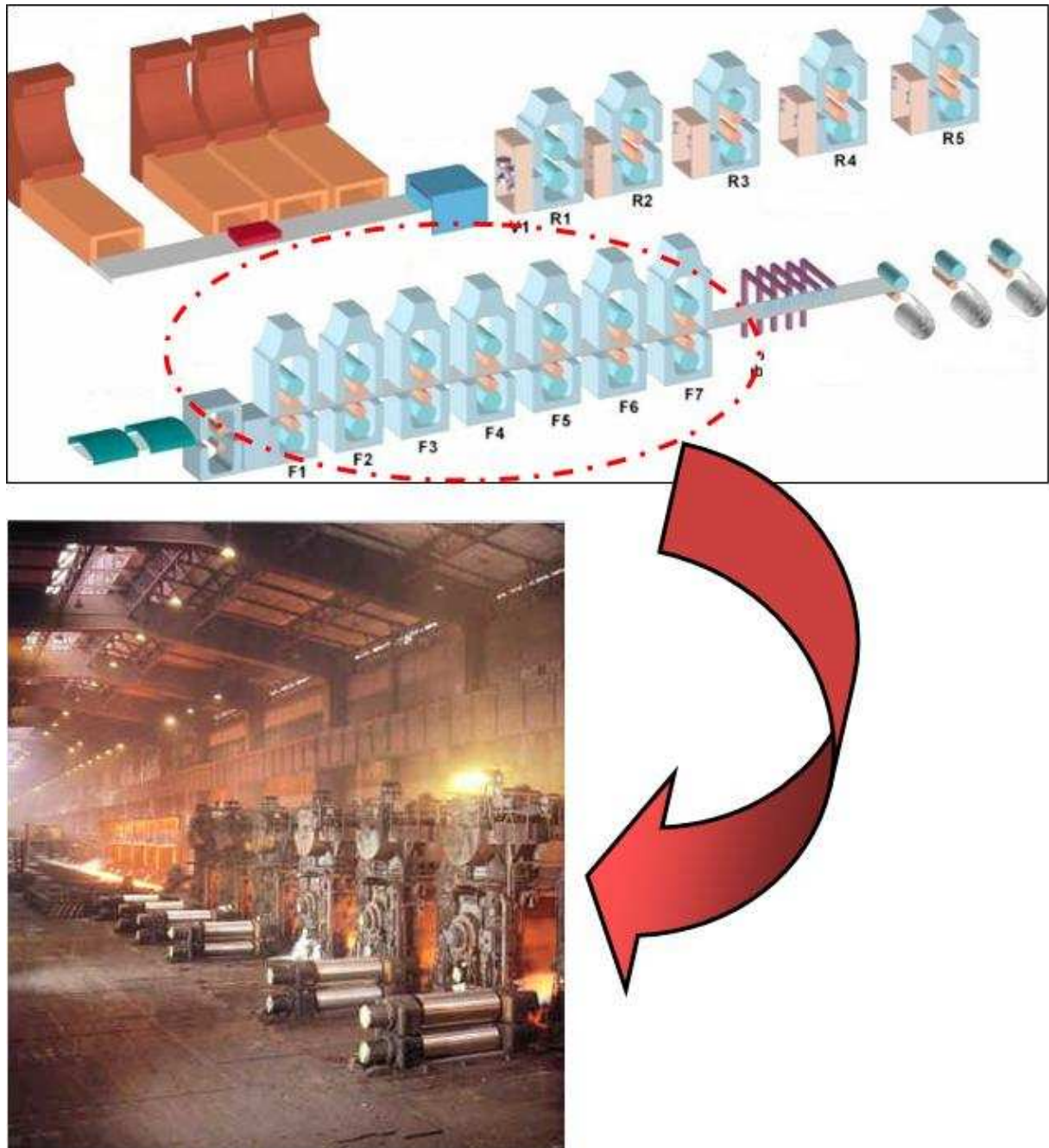


Figura 3.4: Esquema da Zona do Acabador da Laminação

Fonte: Grupo ArcelorMittal (2007)

3.3 Manutenção Autônoma na Zona do Acabador

Como visto anteriormente no segundo capítulo, as quebras e defeitos crônicos ocorrem devido a vários fatores, entre eles, o fator humano. Os erros de operação e as quebras repetitivas são comuns no dia-a-dia, sendo encarados como ocorrências normais. O conceito de “eu opero, você conserta” tomou conta dos ambientes fabris e o pessoal responsável pela operação tinha a crença de que as falhas eram de total responsabilidade do pessoal de manutenção. Entretanto, inúmeras falhas podem ser evitadas a partir do momento em que os operadores passem a desempenhar tarefas simples como limpeza, lubrificação, re-aperto de parafusos e detecção de anomalias. Desta forma, a co-responsabilidade com a manutenção do equipamento, torna os operadores mais atentos para respeitar os limites de operação da máquina, ponto considerado fundamental para a conquista da *quebra zero* (ALMEIDA *et al*, 2001).

Inicialmente, é importante frisar que a zona do Acabador apresenta uma divisão em cinco equipes e que cada equipe integrante é constituída por colaboradores de diferentes áreas (fabricação, mecânica, elétrica, controle da linha de produção). Esta organização torna os grupos multidisciplinares e multifunções, ou seja, autônomos para planejar, preparar e executar seus trabalhos.

3.3.1 Necessidade do desenvolvimento de equipes de Manutenção Autônoma

Na unidade de Dunkerque, antes da implementação da TPM e posteriormente com o desenvolvimento de equipes de Manutenção Autônoma, a função do operador restringia-se somente às inspeções, manobras e leituras. Ou seja, havia uma delimitação rígida daquilo que era de responsabilidade da equipe de manutenção e o que cabia somente ao pessoal de produção executar.

Assim, foi necessário a estruturação de um programa, de forma a modificar a visão sobre o trabalho do homem de operação da empresa ArcelorMittal, para assim capacitá-lo para uma gestão autônoma.

Com a implementação do programa de TPM em toda a usina de Dunkerque, coube a cada área produtiva o desenvolvimento de cada pilar, seguindo a estruturação em equipes.

A seguir será visto como a zona do Acabador da área de Laminação desenvolveu o segundo pilar da TPM.

3.3.2 Formação das equipes de Manutenção Autônoma

No processo de implementação da TPM, a empresa criou uma estrutura na qual cada área teria um representante da TPM. Na Laminação, este representante era chamado *Pilote* TPM. Inicialmente, o *Pilote* TPM, com a ajuda dos chefes de serviço e supervisores, deveria eleger os integrantes dos grupos chamados Equipes de Manutenção Autônoma, de acordo com a necessidade requerida pelo processo que cada equipe ficaria encarregada. Foi feita uma triagem de habilidades e características dos operadores dos três turnos de trabalho, de forma a viabilizar a eleição destes integrantes.

A partir da eleição dos funcionários que integrariam as equipes, o *Pilote* TPM teria como atribuições: motivar, dirigir e garantir o trabalho das equipes de manutenção autônoma. Este representante tem como missão assegurar o bom funcionamento e avanço das equipes. Suas atividades consistem em:

- Realizar reuniões periódicas com as diferentes equipes;
- Gerenciar as equipes de modo que elas mantenham o foco nas metas determinadas;
- Fazer a comunicação entre as equipes e os diferentes setores (mecânico, elétrico, fabricação);
- Representar as equipes perante a direção, preparando as auditorias, etc.

Desta forma, este representante da TPM é encarregado pelo conjunto de tarefas para assegurar o correto desenvolvimento da manutenção autônoma na zona do Acabador.

Dentro da zona do acabador, a divisão das equipes se deu através da divisão por processos e ferramentas, sendo feita segundo a descrição abaixo:

- Equipe 1 – Quinta gaiola do laminador - Tesoura de chapa;
- Equipe 2 – Processo de resfriamento das chapas de aço; Bombas; Irrigação dos Cilindros; *Skin Cooling*; Rotação (Redutor, Gaiolas, Esticadores); Circuito Lubrificação;
- Equipe 3 – Gaiolas Horizontais do Acabador;
- Equipe 4 – Circuitos Fluidos Hidráulicos; Lubrificação Óleo e Graxa;

- Equipe 5 – Processo de desmontagem; Segurança (Incêndios, ferramentas coletivas).

A formação destas equipes tem o objetivo de dividir a zona do Acabador em processos, de modo estruturá-la de acordo com as habilidades e características dos integrantes em uma determinada fase do processo de laminação de chapas de aço. Cada equipe é, assim, responsável pelo controle e manutenção dos equipamentos de cada ferramenta, além de seus procedimentos de operação, limpeza, inspeção, fixação e re-aperto.

3.3.3 Etapa 4 da Manutenção Autônoma: Formação Prática dos Operadores

A unidade de Dunkerque vivencia um problema que é comum em toda a Europa, e foi a partir desta necessidade que a TPM se configura como uma metodologia bastante útil. Em outras palavras, dentro do contexto atual de perda de *know-how* devido, entre outros motivos, à partida para aposentadoria, o desenvolvimento da etapa 4 do pilar Manutenção Autônoma torna-se fundamental.

Desenvolver o segundo pilar da TPM dentro da zona do Acabador da Laminação abrange a formação dos integrantes das cinco equipes de manutenção autônoma, de forma que eles possam concluir a quarta etapa deste pilar.

Nesse âmbito, deve-se introduzir o conceito de “Módulos de Formação” de Inspeção das ferramentas da zona do Acabador (sob o ponto de vista mecânico, elétrico e de fabricação).

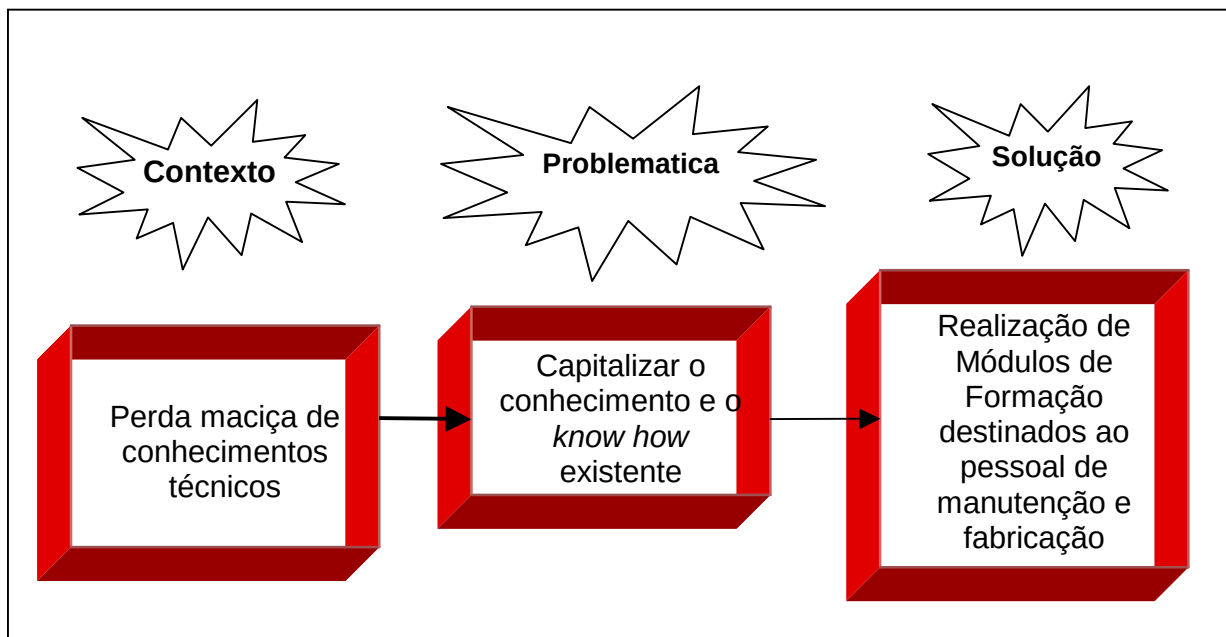


Figura 3.5: Contexto atual da etapa 4

Fonte: Grupo ArcelorMittal (2007)

Genericamente, os principais objetivos da etapa 4 são:

- Compreensão da estrutura e das funcionalidades do equipamento/máquina;
- Aprendizado do *know how* permitindo a verificação;
- Inspeção minuciosa das partes principais do equipamento/máquina;
- Verificação do estado da ferramenta;

Os métodos utilizados para desenvolvimento e aplicação da quarta etapa da Manutenção Autônoma envolvem a determinação das funções da ferramenta, o conhecimento dos diferentes componentes da ferramenta e seu funcionamento, a preparação de padrões para cada elemento da ferramenta, além da reposição em operação e melhoria da ferramenta.

Já as aplicações da etapa 4 da Manutenção Autônoma dentro do chão de fábrica incluem o estabelecimento de um documento com as funcionalidades da ferramenta, além de um memorial descritivo dos elementos da ferramenta e de padrões de estado dos elementos, incluindo a formação nas funções e concepção da ferramenta, na detecção e análise de falhas e anomalias.

As cinco equipes, representantes dos maiores subprocessos da zona do Acabador da Laminação, contaram com a formação prática dada pelos chefes de serviço da Manutenção (mecânica e elétrica).

É sabido que para os operadores adotarem a postura pregada pela Manutenção Autônoma de que “da minha máquina, cuido eu”, a empresa deve capacitá-los e treiná-los, de modo que eles compreendam o princípio de operação e processo e o funcionamento dos equipamentos. Apenas assim, eles terão habilidade para determinar anomalias nas máquinas e serão capazes de fazer algumas intervenções quando necessário. Só então é possível evitar a deterioração dos equipamentos através de inspeções diárias e da operação correta dos mesmos.

Desta maneira, uma condição fundamental para o desenvolvimento do segundo pilar da TPM, são os treinamentos aplicados aos operadores nas mais variadas especialidades, de modo que eles dominem tanto as atividades inerentes à sua função quanto os procedimentos de manutenção dos equipamentos, incluindo:

- Eletricidade básica;
- Mecânica básica;
- Noções de instrumentação eletromecânica;
- Montagem e desmontagem mecânica;
- Regulagens específicas por subprocesso;
- Funcionamento e conservação de sensores;
- Lubrificação;
- Metrologia;
- Tipos e manuseio de ferramentas;
- Noções de circuitos hidráulicos.

3.3.4 Módulos de Formação da Zona do Acabador

Neste contexto de formação dos operadores, foram desenvolvidos os chamados Módulos de Formação específicos, ou seja, módulos de formação de equipamentos/máquinas, cujos objetivos são:

- Apresentação, através de uma linguagem acessível, do equipamento;
- Esclarecimento da construção das funcionalidades e dos princípios concernentes ao equipamento;
- Aprendizagem das condições ideais.

Dentro do contexto da Manutenção Autônoma, é necessário que os operadores sejam formados nos módulos de base (elétrica, hidráulica, lubrificação e mecânica), além disso, é igualmente pertinente que estes operadores tenham a formação específica das instalações nas quais eles trabalhem. Estes dois tipos de formação, de base e específica, são imprescindíveis para que os operadores sejam capazes de inspecionar suas zonas de trabalho.

O chefe de serviço, o chefe de ateliê junto com o *Pilote* TPM definem quais módulos de formação são necessários para todas as 5 equipes da zona do Acabador e, em seguida, os supervisores definem quais dos módulos cada operador de sua equipe deverá ter.

O objetivo do módulo de formação é o de fornecer as explicações necessárias à compreensão do princípio de funcionamento do equipamento; dos pontos de controle vitais.

Assim, a aprendizagem dos conhecimentos e do *know how* permitem a realização da verificação dos pontos de controle, além de conservar o estado-padrão do equipamento. Ou seja, os módulos de formação deverão responder às seguintes questões:

- Como funciona o equipamento que eu controlo?
- Como eu faço o controle?
- Como eu o recoloco no estado-padrão?

O conteúdo do módulo de formação incluirá:

- Noções sobre a tecnologia dos elementos que constituem o equipamento/máquina;
- Noções sobre as leis da física que regem o funcionamento do equipamento;
- Descrição das funcionalidades do equipamento;
- Conexão com os padrões de controle;
- Conhecimentos específicos sobre equipamento.

Dessa forma, a estrutura de um módulo de formação de um equipamento é a seguinte:

- Objetivos;
- Situação geográfica;
- Características técnicas;
- Descrição e função:
 - Definição;
 - Princípio de funcionamento:
 - Em que consiste a ferramenta;

- Estrutura;
- Pontos de controle.

3.3.4.1 Módulos de Formação da Zona do Acabador

Cada módulo de formação é composto por três elementos:

- Primeiramente, o Dossiê de Formação de Inspeção;
- Em seguida, um documento chamado Suporte para a formação dos operadores em sala de aula;
- Por fim, um documento chamado *Quiz* para avaliar o sistema de formação, a compreensão do funcionamento do equipamento pelos operadores.

3.4 Dificuldades encontradas

Com a implementação da TPM, que acarreta em uma mudança cultural que afeta diretamente a estrutura funcional da organização, o sistema de gestão de fluxo, sistemas de incentivo, desenvolvimento pessoal, responsabilidade da chefia, acompanhamento de resultados; há a geração de diversos problemas e dificuldades.

No processo de implantação da TPM, mais especificamente, do seu segundo pilar Manutenção Autônoma, na zona do Acabador da Laminação de chapas de aço da unidade de Dunkerque, são encontradas algumas dificuldades. Entre elas, pode ser citada a grande quantidade de subprocessos dentro da linha de produção. Outra dificuldade foi durante o processo inicial de desenvolvimento da Manutenção Autônoma, onde alguns paradigmas necessitavam ser quebrados, como por exemplo, o acúmulo de outras atividades por parte dos operadores, que passaram a executar algumas tarefas que antes eram de responsabilidade apenas do pessoal de manutenção (resistência a mudanças).

Inicialmente, não ficou claro para o pessoal de produção as vantagens e benefícios que a TPM traz consigo, a partir do momento em que oferece treinamentos e valoriza a opinião de todos. Dai ser imprescindível que a mudança ocorra primeiramente no íntimo dos funcionários para assim, possibilitar a formação de um grande time, focado não só nos resultados individuais como também nos resultados sistêmicos da empresa.

Além disso, há a dificuldade de perenização do comprometimento da alta direção da empresa com a implementação de todos os pilares da TPM. Havia uma postura por parte da organização em estudo, de centrar na Manutenção Autônoma todos os esforços e investimentos, visando assim à redução de custos. Há a necessidade de fazer com que os oito pilares atuem de forma integrada, havendo a devida comunicação entre eles, para que se evite a perda de eficiência, nem seja gerado desestímulo nos operadores, o que levaria a uma considerável desestruturação do processo de implantação dos pilares.

Posteriormente, já na fase de implementação existe uma série de dificuldades, pois se trata do início das atividades no chão de fábrica, de colocar em prática tudo o que foi até então planejado, além de ser a fase onde ocorre o acompanhamento e controle dos resultados que estão sendo obtidos pelo programa. Aqui são evidenciados problemas relativos à compreensão incorreta dos conceitos da TPM, fazendo com que eles deixem de aplicá-los da maneira adequada. Além do surgimento de vários questionamentos e objeções.

No que diz respeito ao desenvolvimento da etapa 4 da Manutenção Autônoma, a maior dificuldade encontrada esteve relacionada à escassa disponibilidade dos técnicos de manutenção, pois a formação dos operadores dependia do conhecimento do pessoal de manutenção. Além de haver a necessidade do suporte deles para que a elaboração dos módulos de formação fosse possível. Por fim, foram observados problemas devido ao fato das equipes agregarem operadores de todos os três turnos, tornando difícil a comunicação e a presença de todos nas reuniões e turmas de formação prática.

3.5 Melhorias alcançadas

A formação das equipes de operadores da zona do Acabador gerou uma série de benefícios, onde podemos listar os seguintes:

- Aumento na disponibilidade dos equipamentos

A partir do momento em que o próprio operador passa a realizar intervenção nos equipamentos (reaperto, lubrificação, inspeção), este fato veio proporcionar uma redução no tempo de reparo, além de diminuir os custos, aumentando a disponibilidade dos equipamentos.

- Maior conscientização por parte dos operadores em relação à importância de cada dentro do processo

Anteriormente os operadores tinham incutido neles o pensamento de executarem apenas as atividades de suas respectivas áreas de atuação. Com a implantação da Manutenção Autônoma, todos foram levados e incentivados a desenvolver pesquisas e levantamento das ocorrências e intervenções nos equipamentos, que passaram a ser analisadas pelas equipes de Manutenção Autônoma, fazendo com que todos os integrantes absorvessem os conhecimentos técnicos.

- Maior capacidade de identificação e resolução de anomalias

Com a formação dada aos operadores, eles desenvolveram um maior senso crítico em relação à identificação de falhas potenciais, além de estarem aptos a intervir na resolução de determinadas anomalias.

- Aumento do grau de domínio e conhecimento dos operadores em seus equipamentos e processos

A capacitação e os treinamentos fornecidos, através dos módulos de formação de base e específicos tornaram possível a concretização da premissa maior da Manutenção Autônoma que prega “da minha máquina, cuido eu”.

- A geração de fator motivador para aderência do programa pelos operadores, aspecto fundamental para o sucesso do programa

Sem pessoas motivadas programa algum de melhoria de gestão pode obter sucesso. No caso da TPM esse fator é ainda mais relevante por ser voltada para atuação direta dos operadores no processo de manutenção.

- Maior tempo livre para setor de manutenção trabalhar as estratégias de manutenção preventiva, preditiva, engenharia, projetos

A atuação dos operadores em atividades que até então eram exclusivas da manutenção, fez com que os mantenedores não perdessem mais tempo na execução de tarefas simples.

3.6 Análise Crítica do Estudo de Caso

O desenvolvimento das equipes de Manutenção Autônoma, na zona do Acabador da Laminação a quente, através de formação e capacitação foi um fator determinante para o progresso do programa da TPM no chão de fábrica.

Anteriormente ao programa de Manutenção Autônoma, havia duas situações características tanto na zona do Acabador, como na área da Laminação como um todo:

- Operadores desempenhavam apenas as tarefas habituais, não incluindo no roteiro de atividades, aquelas que fossem de responsabilidade do pessoal de Manutenção, mesmo que estas atividades compreendessem atitudes de pequena complexidade e esforço. Dessa maneira, existia uma divisão rígida daquilo que cabia aos operadores e o que era tarefa somente dos mantenedores.
- Saídas freqüentes para a aposentadoria de operadores experientes, levando consigo o conhecimento e o *know how* adquiridos ao longo de muitos anos de atuação na produção. Além do problema em si, havia o agravante da ausência de registros que documentassem este *know how*.

Assim, o terreno onde o estudo foi desenvolvido mostrou-se extremamente propício à implementação do programa de Manutenção Autônoma, como alternativa para sanar os problemas existentes, uma vez que é possível produzir resultados significativos a partir de medidas simples de gestão da produção. Este foi o principal motivo para o sucesso do programa, uma vez que, no momento inicial, houve a formação das equipes de Manutenção Autônoma, das quais os operadores eram integrantes, sendo desenvolvida fortemente a idéia entre eles da importância de cada um dentro do processo. O fato de incutir nos operadores o sentimento de “propriedade” dos equipamentos gerou um aspecto motivador decisivo, pois a percepção deles foi aguçada, motivando-os progressivamente por serem responsáveis e imprescindíveis nas respectivas áreas de atuação.

Nesse contexto, houve a necessidade de elaboração dos chamados “Módulos de Formação”, cujo objetivo era a documentação do *know how*, possibilitando a formação destes operadores, que passaram a dominar, além das atividades inerentes à sua função, os procedimentos de manutenção dos equipamentos. Assim, pode-se acrescentar outro fator de fundamental importância no desenvolvimento do segundo pilar da TPM na zona do Acabador da Laminação da empresa em estudo: todos os operadores integrantes das equipes de Manutenção Autônoma foram formados e capacitados para poderem exercer com segurança o

papel proposto pela Manutenção Autônoma, de que os operadores são os “donos” dos equipamentos. Os treinamentos fizeram com que os operadores se sentissem seguros e capazes de enfrentar o novo desafio, deixando-os motivados pelo reconhecimento da importância de cada um.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como principal objetivo a aplicação do segundo pilar da TPM, Manutenção Autônoma, de modo a analisar o processo de implementação do programa, suas características, as maiores dificuldades encontradas e, principalmente, os principais benefícios resultantes desta implementação.

Com a exposição do estudo de caso em uma siderúrgica multinacional produtora de aço, percebe-se a necessidade imperativa de descrever e padronizar o funcionamento eletromecânico (descrição e documentação do *know how*) dos diferentes equipamentos componentes dos processos da zona do Acabador da Laminação de tarugos de aço.

Além disso, percebe-se a fundamental importância de se capacitar equipes multidisciplinares (sob o ponto de vista mecânico, elétrico e de processo), dando ênfase no aspecto motivador do processo, tornando os operadores, que as integram, capazes de realizar atividades de manutenção, incluindo inspeções nos equipamentos/máquinas, intervenções e ações de controle; produzindo ainda a sentimento de “propriedade” dos equipamentos nos operadores.

Assim, encontra-se uma aplicação prática de um processo de implementação da Manutenção Autônoma, segundo pilar da TPM, visando o controle e a melhoria da manutenção dos equipamentos de um dos processos de laminação de chapas de aço, aumentando.

Os módulos de formação, foco do presente trabalho, constituíram a capacitação necessária e indispensável aos operadores de manutenção e fabricação para manter atualizado e documentado o conhecimento e o *know how*, proporcionando assim a atuação de operadores em tarefas exercidas até então apenas pelo setor de manutenção. Este fato colabora para uma diminuição das falhas e quebras, contribuindo para um aumento da disponibilidade dos equipamentos do processo de Laminação de chapas de aço.

Deste modo, este trabalho colabora para a melhoria da confiabilidade e qualidade das ferramentas integrantes do processo da área, através do aumento da disponibilidade dos equipamentos, permitindo agregar valor ao trabalho dos operadores e torná-los os verdadeiros “donos” de suas máquinas.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros, deve-se considerar a aplicação da metodologia de implementação da Manutenção Autônoma em empresas de características e

portes diferentes da abordada no presente trabalho, como forma de aumentar a abrangência do campo de utilização da TPM.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCELORMITTAL. Disponível em: < <http://www.arcelormittal.com/>> Acesso em: 04 de agosto de 2008

ALMEIDA, A. T. & SOUZA, F. M. C. Gestão da Manutenção. Ed. Unieversitária da UFPE, 2001.

FOURNIES, Ferdinand F. Como conseguir melhores desempenhos de seus empregados. São Paulo: Makron, 1992.

IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia. Disponível em: < <http://www.ibs.org.br/>> Acesso em: 30 de agosto de 2008.

IMAI, Yassuo. TPM como estratégia Empresarial. São Paulo: Imc Internacional, 2000.

KARDEC, A. & NASCIF. Manutenção: Função Estratégica, Qualitymark Editora, Rio de Janeiro, 1998.

MASLOW, A.H. Motivation and Personality. Harper, New York, 1968.

MENEZES, H. B. & ALMEIDA, A. T. Gestão da Manutenção. Ed. Universitária da UFPE, 2001.

MIRSHAWKA, Victor & OLMEDO, Napoleão Lupes, Manutenção – Combate aos Custos da Não-Eficácia. Ed. McGraw-Hill Ltda. 1993.

MIRSHAWKA, Victor & OLMEDO, Napoleão L. TPM à Moda Brasileira. Ed. Makron books do Brasil, 1994.

NAKAJIMA, Seiichi. Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance. Tradução Mário Nishimura. São Paulo : IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

ROBBINS, Setphen Paul. Administração: mudanças e perspectivas. Tradução Cid Knipel Moreiral. São Paulo: Saraiva, 2000.

SAKAGUCHI, Mitsuo. Concepts of TPM Parts I, II and III and Challenge Requirements. Revista JIPM TPM, Tokyo, v. 25, 2001.

SCHEER, L. “O que é aço?”, atualizado por H. Berns; tradução de H.B. Hahmann. São Paulo, EPU, Ed. da Universidade de São Paulo, 1977.

SLACK, N. et al. Administração da Produção. Ed. Atlas, 1999.

SUZUKI, Tokutaro. TPM in Process Industries. USA, Portland: Productivity Press, 1994.

TAKAHASHI, Yoshikazu, OSADA, Takashi. Manutenção Produtiva Total. São Paulo: Instituto IMAN, 1993.

TAVARES, Lourival Augusto. Excelência na Manutenção - Estratégias, Otimização e Gerenciamento.

TEICHERT, ENERT J Siderurgia – A Fabricação do Aço e sua Transformação. Ed. Globo , Vol. 2 , Porto Alegre.

WILLMOT, Peter, Total Quality With Teeth, The TQM Magazine, MCB University Press, 1994, Vol. 6, No. 4, pp. 48-50.