



IJIE

Iberoamerican Journal of Industrial Engineering
Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial
Revista Iberoamericana de Ingeniería Industrial

IJIE – Iberoamerican Journal of Industrial Engineering
Periódico da área de Engenharia Industrial e áreas correlatas
Editor responsável: Nelson Casarotto Filho, Prof. Dr.
Organização responsável: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Processo de avaliação de artigos por pares
Periodicidade: Semestral
Florianópolis, SC, v. 3, n. 1, p. 198-215, Julho, 2011.
Artigo recebido em 25/04/2011 e aceito para publicação em 03/07/2011.

PILAR DE CONTROLE INICIAL DO TPM COMO FERRAMENTA DE MAXIMIZAÇÃO DE PROJETOS – PROPOSTA DE MODELO DE IMPLANTAÇÃO

TPM PILLAR OF INITIAL CONTROL AS A TOOL FOR MAXIMIZING PROJECT - PROPOSED MODEL OF IMPLEMENTATION

Marcos Antonio Bonifácio

Faculdade de Tecnologia de Jahu

Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela UNIARA

Rua Frei Galvão, S/N, Jardim Pedro Ometto. CEP: 17212-599, Jaú – SP, Brasil.

bonifacio@process.com.br

Marcos Renato Colombrá Bonifácio

Faculdade de Agudos

Especialista em Gestão de Pessoas

Av. Celso Morato Leite, 1200. Caixa Postal 40, CEP: 17120-000, Agudos – SP, Brasil.

prof.marcosbonifacio@gmail.com

RESUMO: Nestas últimas décadas inúmeras ferramentas foram introduzidas no cenário das organizações, buscado cada um a sua maneira um único resultado, o de melhorar ou maximizar os resultados. Na manutenção industrial não foi diferente, também em seu cenário de atuação, várias destas ferramentas buscaram melhorar ou mesmo atualizar sua forma de atuação, projetando-o para um setor, que estrategicamente, pode ser considerado um diferencial. Neste trabalho de pesquisa, buscar-se-á apresentar e discutir uma destas ferramentas, a denominada de TPM – Manutenção Produtiva Local, que se estrutura em oito diferentes vertentes de atuação (ou pilares, como são denominados), mas que para sua implantação não exige que todos sejam efetivamente implantados, fazendo com que, alguns, mesmo importantes, sejam deixados de lado por desconhecimento da importância ou mesmo dos resultados que podem oferecer. Assim, este trabalho irá propor um modelo para implantação do pilar de CI – Controle Inicial, que visa praticar a “Prevenção da Manutenção” atuando nos projetos durante sua concepção e construção, pilar este diretamente relacionado com a confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos e sistemas instalados.

Palavras-chave: Manutenção Industrial. TPM. Controle Inicial. Projetos.

ABSTRACT: In recent decades a number of tools have been introduced in the scenario of organizations, each one sought his way to a single result, to improve or maximize results. In industrial maintenance was no different, also in his field of action, several of these tools have sought to improve or even upgrade their way of acting, projecting it to an industry that strategically, can be considered a plus. In this research, it will seek to present and discuss one of these tools, called TPM - Total Productive Maintenance Site, which is organized in eight different strands of activity (or pillars, as they are called), but not for its implementation requires that everyone be effectively implemented, causing some, even important, are left out for lack of importance or even the results they offer. Thus, this paper will propose a model for implementation of the pillar of HC - Home Control, which aims to practice the "Prevention Maintenance" working on projects during their design and construction, this pillar directly related to reliability and maintainability of equipment and systems installed.

Keywords: Industrial Maintenance. TPM. Home Control. Projects.

1 INTRODUÇÃO

Estratégia e planejamento talvez sejam palavras chave para as organizações contemporâneas. Para Slack et al. (1999), todas as organizações precisam de alguma direção estratégica, que permitirá formularem seu planejamento para poderem ter noção para onde estão dirigindo-se e como podem chegar lá. Isto vale também para as micro-operações como os departamentos de produção, manutenção, finanças, ou qualquer outro.

Estes direcionamentos estratégicos podem, em muitas situações, determinar expansões para o enfrentamento a cenários específicos. Tomada a decisão sobre a direção estratégica, se esta estiver associada à aquisição de novos equipamentos, todas as discussões convergirão para a elaboração do projeto, que colocará em prática as decisões tomadas. Este projeto terá, seguramente, como fator de pressão, a rapidez para conclusão, pois a empresa poderá estar contando com os novos equipamentos para o enfrentamento das pressões já percebidas. Assim, provavelmente o foco no prazo, deva ser o mote do projeto. Esta rapidez poderá relegar a um segundo plano discussões sobre as consequências ou impactos que esta ampliação terá ao entrarem em regime.

Alguns exemplos de questões que poderiam ser esquecidas seriam: o índice de confiabilidade dos novos equipamentos e sistemas; ou, suas condições de manutenibilidade; ou mesmo esquecer-se de projetar as primeiras falhas; ou até mesmo não considerar as questões ambientais (geração de resíduos ou redução do risco de acidentes com despejos acidentários).

Qualquer uma destas questões, que não considerada no momento certo, poderá após a implantação do projeto, causar desvios quando as linhas já estiverem operando. Nesta vertente é que este trabalho estará sendo focado. Buscando trazer para a discussão a importância das ações preventivas já na fase de projeto.

Para tanto será inserida na discussão a utilização do pilar de CI – Controle Inicial, do TPM – Manutenção Produtiva Total, como ferramenta para equalização destes possíveis desvios, possibilitando o aumento da confiabilidade dos novos equipamentos. Que justifica sua relevância nas poucas pesquisas que discutem especificamente este pilar, mesmo com as possibilidades inseridas no seu contexto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Reforçando o entendimento do significado da Manutenção Industrial para as Organizações, será novamente apresentada uma breve introdução com base em sua evolução histórica. Para tanto esta evolução será delimitada por marcos que caracterizaram esta evolução, conforme pode ser resumido no Gráfico 1.

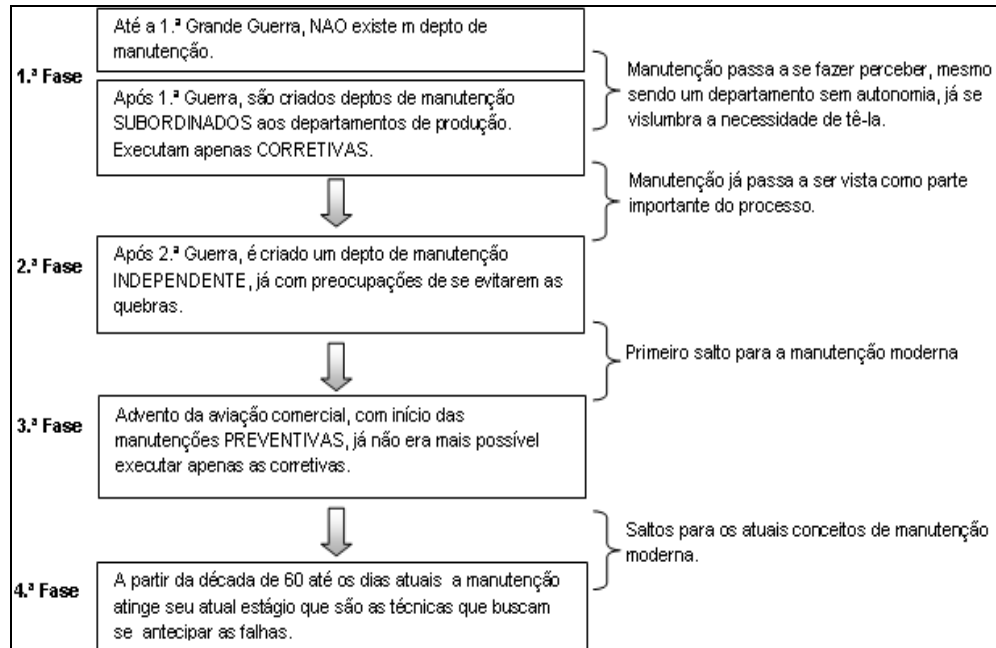


Gráfico 1 – Evolução Histórica da Manutenção Industrial
Fonte: Bonifácio (2005)

Para alguns autores como Tavares (1996) a manutenção industrial deve ser vista não como um simples departamento, mas sim, como uma função estratégica, que pode trazer retornos para os processos de produção.

Tavares (1996) comenta que: “A Manutenção é uma atividade de importância estratégica nas empresas, pois ela deve garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações com confiabilidade, segurança e custos adequados”.

Uma boa parte da evolução apresentada deu-se pelo desenvolvimento de novas técnicas e ferramentas, que permitiram cada qual há seu tempo e condição, alavancar esta evolução. Uma destas ferramentas foi o TPM.

2.2 TPM – MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

O TPM – Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*), é uma ferramenta gerencial, que surge no Japão da década de 50, ainda pressionado pelas dificuldades do pós-guerra (PALMEIRA; TENÓRIO, 2002), buscando a eliminação de perdas

dos processos além da maximização da utilização dos ativos (FREITAS, 2007), focando sua sustentação na integração entre todos os funcionários da organização desde a alta administração até as linhas de produção e é claro da manutenção (MIRSHAWKA; OLMEDO, 1994), em um objetivo único para a gestão dos ativos na busca da melhor performance global possível (MOURA, 2003).

Esta ideia pode ser resumida na Figura 1 a seguir:

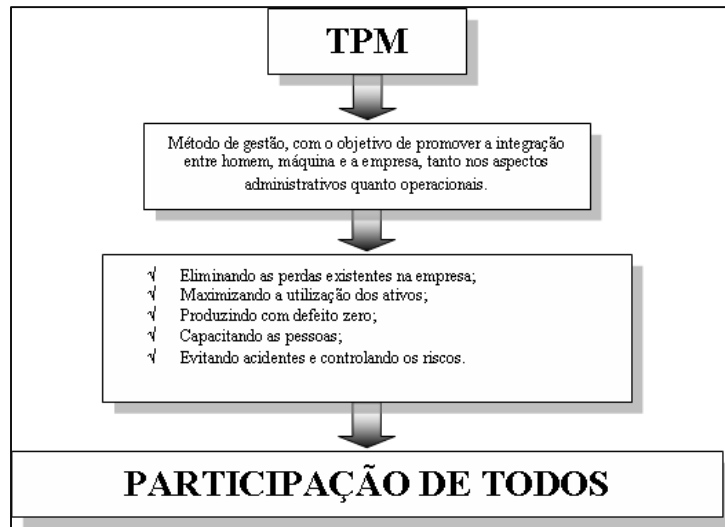


Figura 1 – Sistema TPM
Fonte: Adaptado de Freitas (2007)

2.2.1 Seus objetivos

Talvez todas – ou quase todas – as ferramentas gerenciais buscam a otimização dos recursos disponíveis e a consequente maximização dos resultados da organização. Para o TPM esta busca se dá pela integração ou o envolvimento dos funcionários em seus diversos níveis e setores dentro das organizações.

Alguns outros objetivos surgem ao longo da literatura pesquisada, como por exemplo, os citados por Teixeira Júnior (2007), que inclui os seguintes objetivos.

- Maximização do rendimento operacional;
- Desenvolvimento do ser humano; e
- Eliminação de desperdícios.

2.2.2 Seus oito pilares

A estruturação do TPM se dá em PILARES (inclusive na apresentação gráfica, conforme Figura 3), conhecidos como executivos. Sua metodologia original prevê a constituição de oito deles para a sustentação da ferramenta (PALMEIRA; TENÓRIO, 2002).

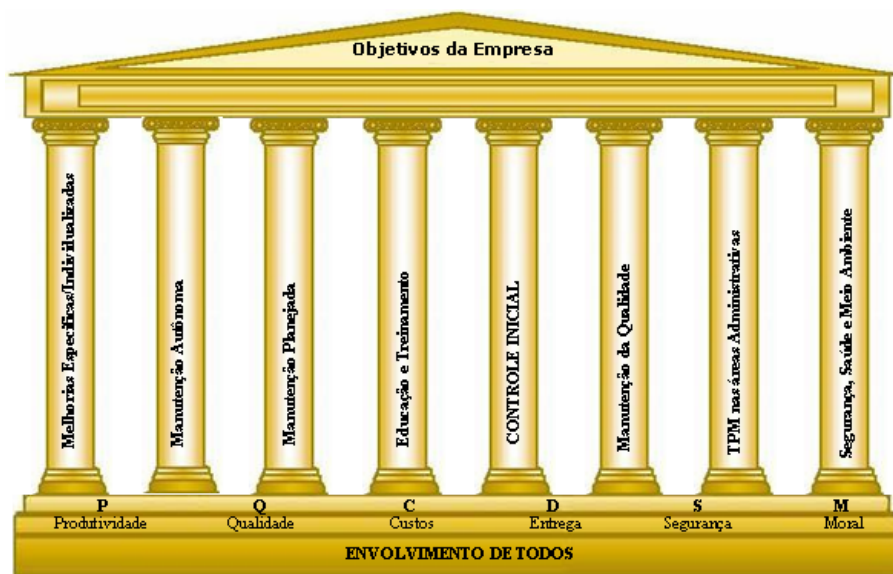


Figura 3 – Os Oito Pilares TPM
 Fonte: Adaptado de Teixeira Júnior (2007)

Os pilares são partes integrantes da ferramenta, existindo um consenso sobre sua composição, observando-se apenas algumas variações quanto a sua nomenclatura. A Figura 3 é uma adaptação que busca demonstrar claramente a necessidade do envolvimento de todos para o sucesso do programa que no fundo é uma expressão dos Objetivos da Empresa. Resumidamente no Quadro 1, apresenta as atribuições de cada um dos Pilares da ferramenta.

Pilares	Atribuições
Melhorias Específicas	<ul style="list-style-type: none"> - Obter a eficiência máxima dos equipamentos pela utilização plena de seus recursos; - Aumentar a eficiência global do equipamento e do processo; - Tratar as grandes perdas identificadas no processo; - Pode estar associado à programas de melhoria do tipo <i>Kaizen</i> por exemplo.
Manutenção Autônoma	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento e Incentiva a participação das equipes de operação; - Possibilita que operadores possam identificar e tratar pequenas anomalias; - Capacita os operadores a tomarem providências rápidas e corretas nas anomalias.
Manutenção Planejada	<ul style="list-style-type: none"> - Melhorar as tecnologias e habilidades disponíveis na manutenção; - Buscar a Quebra Zero, aumentando a eficiência dos processos; - Dar suporte ao pilar de Manutenção Autônoma;
Educação e Treinamento	<ul style="list-style-type: none"> - Organizar o treinamento e a preparações dos envolvimento nos demais pilares; - Elevar o nível de habilidade dos operadores, técnicos e líderes; - Preparar os envolvidos para posicionarem-se frente as mudanças inerentes ao processo.
Controle Inicial	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tempo de <i>start-up</i> dos equipamentos por meio do conhecimento já adquirido. - Introdução de novos projetos sem perdas em relação aos equipamentos já instalados - Garantir maior performance inicial do equipamento, minimizando falhas precoces; - Assegurar que projetos sejam desenvolvidos respeitando-se os critérios do TPM.
Manutenção da	<ul style="list-style-type: none"> - Definir parâmetros, métodos para avaliar a interferência operativa dos

Pilares	Atribuições
Qualidade	equipamentos na qualidade do produto. - Proporciona um <i>feedback</i> a partir do monitoramento dos processos verificando a influência dos equipamentos neste resultado; - Reduzir a zero o número de produtos com defeito.
TPM nas áreas Administrativas	- Aumentar a eficiência do negócio reduzindo custos com os processos administrativos; - Tratar informações aumentando confiabilidade e qualidade e reduzindo o tempo de acesso; - Associada à programas como 5S possibilita reduzir a dependência de papelada.
Segurança, Saúde e Meio Ambiente	- Atendimento às exigências legais; - Tratar os anseios sociedade quanto às questões de segurança e proteção ambiental; - Preservar o meio ambiente de influências negativas que equipamentos possam causar; - Seu objetivo é o acidente zero.

Quadro 1 – Atribuições dos Oito Pilares TPM

Fonte: Adaptado de Teixeira Júnior (2007); Palmeira; Tenório (2002); Moura (2003)

Para Freitas (2007), cada um dos pilares deve ter suas diretrizes resumidamente especificadas, de tal forma que seja de fácil entendimento para os envolvidos onde cada pilar deve chegar, cabendo aos gestores o desmembramento destas diretrizes.

De uma forma geral cada um dos pilares constitui-se em uma parte da ferramenta na busca do seu resultado proposto. Mas, usualmente é visto empresas adotarem apenas “alguns dos pilares”, o que é possível, pois cada um é direcionado ao atendimento de necessidades específicas de suas unidades produtivas.

2.3 CONFIABILIDADE

Já que o pilar de CI utiliza-se dos conceitos de confiabilidade, esta deverá ser apresentada, mesmo que de uma forma rápida. Assim, Confiabilidade pode ser definida como sendo a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo. O termo confiabilidade é usado como uma medida de desempenho de confiabilidade (NBR 5462-1994).

Partindo do princípio de que se pode definir confiabilidade como sendo confiança a partir do conhecimento (KARDEC; LAFRAIA, 2002), vamos neste ponto caracterizar como esta confiança pode ser expressa para a manutenção. Nesta vertente, Seixas (2006), destacada que a afirmação anterior contém quatro aspectos importantes para a manutenção que são:

- a) sua natureza probabilística;
- b) sua dependência temporal;
- c) a necessidade do estabelecimento no que se constitua sucesso ou não do sistema; e
- d) a necessidade de especificações de operação (ou de uso) do equipamento.

A identificação da probabilidade indica a existência da possibilidade de expressar a confiabilidade de equipamentos ou sistemas de forma quantitativa, buscando desta forma referências não para desenvolver projetos “à prova de falhas”, mas para intervalos confiáveis de campanhas de trabalho.

A Figura 4, adaptadas de Kardec e Lafraia (2002), que busca demonstrar teoricamente este conceito. Pode-se observar de uma forma gráfica, o coeficiente de segurança utilizado em projetos, que é o intervalo que separa o valor da carga do valor da resistência dos componentes. A ideia central por trás deste conceito, é que, com um maior conhecimento das variações das cargas e das resistências pode-se reduzir o coeficiente de segurança, permitindo a elaboração de projetos de baixo custo com a redução deste intervalo.

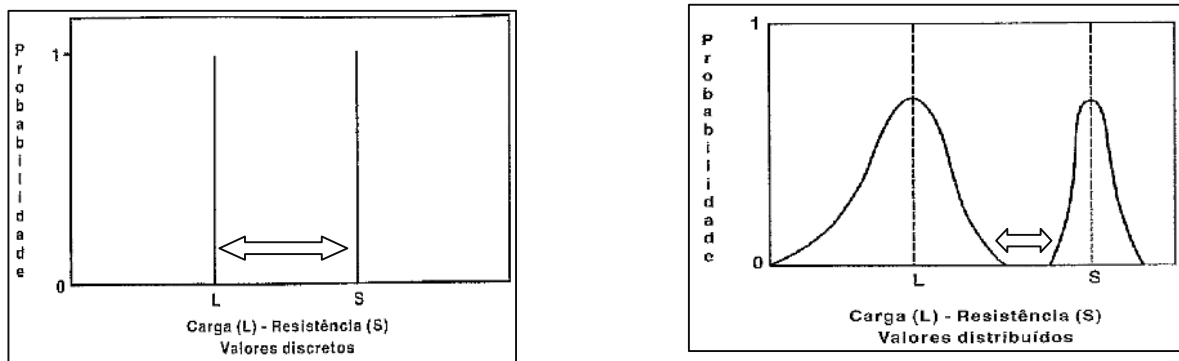


Figura 4 – Princípio da confiabilidade (esquerda) e Distribuição de cargas e resistências (direita).
Fonte: Kardec e Lafraia (2002)

No campo da manutenção, deve-se lembrar que sua atribuição básica é manter ou recolocar um componente, equipamento ou sistema em um estado no qual suas funções requeridas estejam sendo executadas conforme planejado. Assim, deverão ser introduzidos dois outros conceitos para formatação da ideia como um todo são eles: *função* e *falha*.

2.3.1 Função

Para Kardec e Lafraia (2002), função é toda e qualquer atividade que um componente, equipamento ou sistema desempenha, sob o ponto de vista operacional. Podendo esta ser dividida entre primária e secundária, onde as primárias exprimem o motivo pelo qual existem, geralmente são definidas pelo nome do item. Já as secundárias são menos óbvias, entretanto são essenciais para aumentar o valor agregado do equipamento e contribuem para a sua qualidade, procurando expressar o ponto de vista (desejo) do cliente. Normalmente esta função secundária permite ao fabricante diferenciar seu produto de seu concorrente.

Utilizando um isqueiro para exemplificar as funções nas quais a manutenção deverá ater-se para mantê-lo dentro das condições requeridas pelos seus usuários:

As FUNÇÕES de um isqueiro são: 1 – Armazenar gás; 2 – Provocar faísca; 3 – Regular gás; e 4 – Produzir calor.

De posse destas informações, cabe a manutenção traçar sua estratégia para as funções (primárias e secundárias) requeridas sejam todas mantidas conforme a necessidade dos usuários, sem que haja falhas.

2.3.2 Falhas

De uma forma geral, falha – para a manutenção –, pode representar perda de uma função requerida, seja qual o nível esta ocorrer, ou seja, no nível de componente ou ao nível mais complexo que representa o sistema. Esta falha pode estar relacionada com a questão inicial de margem de segurança, expressa na Figura 5, que apresenta uma área de interferência entre Carga (L) e Resistência (S), sugerindo uma alta probabilidade de falha de determinado componente.

Caracterizações feitas, pode-se inferir que uma ótima opção para que a manutenção possa iniciar sua estratégia, seja iniciar pelo conhecimento dos equipamentos em nível de componentes. E, o melhor instante para obtenção deste conhecimento é na fase de projeto, assim, o modelo proposto a seguir busca trazer à luz do meio da manutenção a importância de se estudar sistemas e equipamentos em sua fase mais precoce que é o próprio projeto.

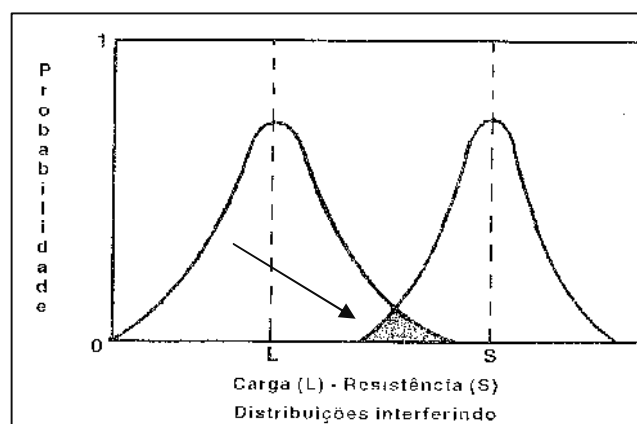


Figura 5 – Origem das falhas.
Fonte: Kardec e Lafraia (2002)

3 MODELO PROPOSTO

Antes da apresentação do modelo, deve ser destacado o fato de que em muitas oportunidades as ferramentas disponíveis são direcionadas para grandes sistemas ou projetos, considerando-se apenas sua complexidade, variáveis, números componentes, ou mesmo suas dimensões. Mas a regra de aplicação não deve ser esta. Para a manutenção o que deve ser

levando em consideração para determinação da relevância, não é o “tamanho” ou complexidade, mas, sim, sua importância para o processo produtivo. O que na manutenção é conhecido como “criticidade”, que determina o grau de impacto caso do equipamento falhe. Esta observação deve ser vista como alerta para que as boas práticas não fiquem destinadas aos equipamentos menos críticos.

Para o modelo de implantação do pilar de CI, será feito um roteiro na forma de *check list*, que é o modelo geralmente utilizado e amplamente aceito nos meios da Manutenção.

A sugestão é que a implantação do modelo se de na sequência que apresentada na Figura 6, permitindo que as discussões possam contribuir com o projeto ou nele serem adequados se necessário. Mas, a sequência, poderá ser alterada ou adequada à necessidade da empresa, inclusive com a possibilidade de utilização de equipes paralelas, reduzindo desta forma o tempo de trabalho.

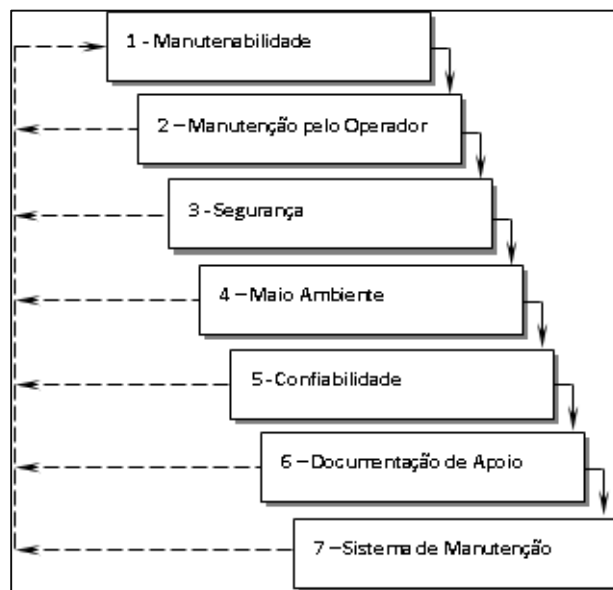


Figura 6 – Diagrama do Modelo de Implantação do Pilar de CI
Fonte: Autor (2010)

3.1 Manutenibilidade

Trata-se da probabilidade de um item ser restaurado à condição operacional desejada dentro de um período predefinido de tempo. Vários fatores influenciam os tempos de reparo, orientando tanto o projeto quanto a organização da manutenção. Nesta proposta as questões estarão sendo propostas constituindo-se em facilitadores que permitirão que o reparo se dê em condições ideais, reduzindo seu tempo final ao mínimo necessário. Esta redução acabará impactando na disponibilidade operacional da linha.

Uma medida de desempenho comum para esta questão é o MTTR (*Mean Time To Repair*, ou tempo médio para o reparo), que segundo BRANCO (1996) é o tempo médio decorrido entre o início e o término da intervenção por parte da manutenção. O início do projeto é a melhor fase para estas análises (Quadro 2), pois permitirão que possíveis desvios possam ser adequados diretamente na “prancheta” e, caso não seja possível fazer a adequação ainda sim é possível projetar contingências.

Ação	Comentários
1) Acesso aos componentes de desgaste	- Verificar no projeto como foram distribuídos os acessos aos itens de desgaste que deverão sofrer substituições frequentes, tais como correias, buchas de desgaste, etc.
2) Acesso para realização de manutenção	- Verificar detalhadamente como foram distribuídos os componentes do equipamento, projetando possíveis substituições futuras, aqui incluem os itens de menor frequência de substituição, mas que certamente deverão ser reparados em certo momento. - Atenção especial deverá ser dada para as interferências de tubulações, carenagens, outros componentes que possam dificultar a retirada de itens, construção de dispositivos, plataformas, etc..
3) Facilidade de acesso para inspeções peça Operação / Manutenção	- Parte do plano de manutenção estará baseada em inspeções sensíveis executadas pela Operação e monitoradas pela Manutenção, desta forma é importante que as questões de acesso (muitas vezes apenas visual) sejam novamente verificadas. - Alguns conceitos de MA – Manutenção autônoma, podem ser utilizados, tais como inclusão de acrílicos em caixas de transmissão facilitando a inspeção ou pontos específicos para medição monitorada, por exemplo.
4) Existência de monovias, Plataforma, etc.	- Visando rápido reparo/substituições. - Este é o instante (ou a última chance) de inserir na discussão as contingências sobre acessos e interferências detectadas anteriormente. - Lembre-se que após o comissionamento a responsabilidade pelos equipamentos é da Manutenção e, que depois de nada adiantará argumentar sobre possíveis perdas de disponibilidade.
5) Necessidade de ferramentas especiais	- Fechando as questões anteriores, é hora de identificar as necessidades de ferramentas especiais que por ventura não estejam disponíveis em seu inventário. - Aqui o destaque é para a ação preventiva de não esperar o equipamento estar instalado e falhar para só aí descobrir que não possui as ferramentas necessárias.

Quadro 2 – Ações de Manutenibilidade para Implantação do Pilar de CI
Fonte: Autor (2010)

3.2 Manutenção pelo Operador

Questão diretamente relacionada como o Pilar de MA – Manutenção Autônoma do TPM. Este é um dos tópicos que poderá ser realizado em paralelo, pois parte das verificações (detalhadas no Quadro 3), se darão no nível de projeto e as demais serão de planejamento que poderão ser executadas administrativamente à medida que o projeto estiver em andamento.

Ação	Comentários
1) Pontos de	- Analisar os possíveis pontos de geração de sujeira prevendo a

Ação	Comentários
contaminação de sujeira	possibilidade de adequação ou planejamentos de ações de contingência como instalação de anteparos para retê-la, modificação de componentes e/ou inclusão de adaptações para não permitir que o equipamento apresente pontos que necessitem de limpeza se pode evitar a geração sujeira.
2) Acesso a pontos de limpeza	- Nesta verificação deve-se ter em mente que mesmo com a eliminação de pontos de contaminação mais severos, ainda existirão partes que necessitarão serem limpas visando a manutenção do equipamento ou facilitar inspeções e/ou reparos. Assim, estes pontos deverão estar acessíveis e, principalmente com segurança.
3) Necessidade de pontos de ar, água, etc. para facilitar limpeza	- Ainda com o foco na limpeza e conservação do patrimônio, aqui deveremos analisar o projeto verificando a necessidade de instalação de pontos que facilitem estas limpezas, tais como ar, água, etc.
4) Existência de pontos de dreno para água	- Caso seja necessário limpeza com água é importante que fique clara a necessidade de drenos devidamente orientados para a destinação conforme questões ambientais.
5) Existência de coifas, badejas, etc. para conter sujeira de processo	- Relacionada diretamente com os pontos de contaminação, é importante a verificação de itens que além de conter a sujeira do processo protejam, por exemplo, hastes de cilindro, rolamentos, etc., evitando a minimização da vida útil destes componentes.
6) Elaboração dos <i>check list</i> de inspeção	- Em um processo de MA é importante que quando o equipamento tiver seu <i>start up</i> já estejam elaborados os <i>check list</i> de inspeção pelo Operador, firmando a consciência do envolvimento na preservação.

Quadro 3 – Ações de Manutenção pelo Operador para Implantação do Pilar de CI
Fonte: Autor (2010)

3.3 Segurança

Muito embora as questões legais já sejam suficientemente motivadoras para se trabalhar esta questão, a proposta é que o tema seja tratado de uma maneira mais ampla, onde sejam verificados pontos que permitam assegurar a integridade das pessoas que estiverem trabalhando nestes equipamentos, além é claro do próprio patrimônio da empresa.

O destaque aqui é que as questões de segurança devem ser motivadas pela consciência de cada um sobre a necessidade da prevenção de possíveis acidentes pessoais e patrimoniais, assim sendo, o foco será dado nas verificações pertinentes às ações do dia-a-dia, ficando as questões legais apenas citadas como verificações necessárias. Verificações sugeridas de acordo com o Quadro 4.

Ação	Comentários
1) Verificar o atendimento às questões legais vigentes	- Este ponto deve ser tratado sob o aspecto legal da coisa, considerando as peculiaridades regionais. A principal fonte para estas análises deverão ser as NRs.
2) Acesso seguro a pontos de limpeza e inspeção com o equipamento operando	- Como parte das atividades de limpeza deverá ser realizada com o equipamento em operação, devemos assegurar que estes pontos tenham acesso seguro para os operadores. Deve-se ficar atento não apenas com as plataformas ou escadas, mas principalmente com os pontos nos quais o operador deverá ter contato, desta forma o foco também deverá ser dado à proteções de transmissões ou grades, por exemplo.

Ação	Comentários
3) Pintura das tubulações conforme padrão de segurança	- Confirmar se as tubulações que por ventura estiverem no projeto sejam pintadas nas cores conforme os padrões de segurança, recebendo setas com sentido de fluxo e identificação dos produtos que nela forem passar.
4) Verificar a necessidade e/ou possibilidade de instalação de sensores de monitoramento de segurança	- Esta é mais que uma verificação, trata-se de uma análise que permitirá fazer um complemento ao projeto, com a instalação de sensores de monitoramento de chama, temperatura, etc.
5) Verificar a existência de dispositivos de extinção de incêndio	- Checar se existem no projeto sistemas automáticos de extinção de incêndio, caso não exista, checar se foi considerada no projeto a necessidade de adequação de extintores e/ou hidrantes para extinção manual. O importante é considerar a questão, pois estará tratando das questões de proteção ao patrimônio.

Quadro 4 – Ações de Segurança para Implantação do Pilar de CI
Fonte: Autor (2010)

3.4 Meio Ambiente

Aqui tal como o item anterior as questões legais devem ser o principal fator motivador, pois determinarão a liberação ou dos equipamentos para o funcionamento. Mas alguns pontos também devem ser considerados, principalmente o tanque a questão da possibilidade de geração de passivos ambientais na forma de acidentes, onde as verificações sugeridas encontram-se no Quadro 5.

Ação	Comentários
1) Checar a necessidade de barreiras de contenção para descargas acidentais	- Verificar se o equipamento analisado necessita ser dotado de barreiras de contenção para descargas acidentárias, o destaque aqui deverá ser os produtos que por ele passam principalmente se forem líquidos. - Não deixe de verificar possíveis necessidades de contenções móveis tipo bandeja para momentos de <i>set up</i> ou manutenção, pois a identificação da necessidade no momento de operação irá lhe causar transtornos maiores.
2) Destinação de água e/ou elementos de limpeza para pontos de coleta e/ou tratamento	- Analise com calma a forma pela qual o equipamento deverá ser limpo, pois poderá ser necessária a caracterização do resíduo antes de sua destinação. Além é claro da possibilidade ou não das conexões de líquido com redes de água pluvial ou de ETE.
3) Controle de emissões	- Caso o equipamento emita resíduos particulados, ruídos, ou outros, verifique a necessidade de seu controle a partir da legislação. - Para a Manutenção o que deverá ser analisado é a presença de filtros que deverão constar também das análises de confiabilidade – foco do trabalho.
4) Definição de lubrificantes	- Principalmente para fábricas com controle sanitário, mas que deve ficar claro para a Manutenção, pois lubrificantes especiais irão demandar pesquisa principalmente pelo seu custo, antes da elaboração dos planos preventivos.

Quadro 5 – Ações de Meio Ambiente para Implantação do Pilar de CI
Fonte: Autor (2010)

3.5 Confiabilidade

Este grupo de verificações deverá encerrar as discussões, pois serão realizados após as definições sobre o projeto. Neste ponto já se serão conhecidas todas as peculiaridades dos equipamentos, permitindo desta forma a execução dos estudos de confiabilidade.

Alguns destes trabalhos envolverão cálculos e estudos técnicos detalhados (Quadro 6), desta forma sugere-se que sejam realizados pela equipe de manutenção responsável pelo planejamento (PCM) ou pela Engenharia de Manutenção, mas o importante é que sejam realizados dentro da própria manutenção e não pela equipe de engenharia. As questões de confiabilidade recebem maior atenção no modelo proposto, pois trará os principais resultados quantificáveis para o projeto.

Ação	Comentários
1) Aplique o FMEA ^{*1}	Aproveitando que o projeto esta em elaboração aplique o FMEA em TODOS os equipamentos, conhecendo seus principais componentes, permitindo a seleção mais a frente quando da necessidade de ampliação dos estudos.
2) Calcule a <i>Confiabilidade do Sistema</i> $P(t) = \exp [-((t - t_0)^k)]$ t = tempo transcorrido = fator de forma = vida característica t ₀ = vida mínima	É a probabilidade de sobrevivência, ou a probabilidade de um equipamento ainda estar trabalhando em condições tidas como aceitáveis depois de transcorrido certo período de tempo "t" após a falha anterior. Uma fórmula sugerida para este cálculo é a Distribuição de Weibull.
3) Calcule a <i>Probabilidade de Falha</i> $F(t) = 1 - \exp [-((t - t_0)^k)]$	Que é a probabilidade que um equipamento tem de NÃO estar trabalhando em condições aceitáveis depois de transcorrido certo período de tempo "t" após a falha anterior. É o complemento da Confiabilidade. Assim: Probabilidade de Falha = 1 – Confiabilidade do Sistema. Sugere-se novamente Weibull para cálculo.
4) Calcule a <i>Taxa de Falha</i> $Z(t) = (k / t) (t - t_0)^{k-1}$	Que indica, para valores suficientemente grandes de ocorrências, a probabilidade de ocorrência de falha por unidade de tempo, no intervalo de tempo em questão, considerando que o equipamento ainda esteja operando na data de início do intervalo de tempo considerado. Normalmente o intervalo de tempo considerado é chamado de intervalo de classe. Novamente sugere-se Weibull para os cálculos.
5) Verifique a <i>Função de Densidade da Probabilidade</i> $f(t) = (k / t) (t - t_0)^{k-1} \exp [-((t - t_0)^k)]$	Esta se trata da frequência relativa dividida pela amplitude do intervalo de classe. Neste caso representa o percentual de falhas que ocorrem por unidade de tempo no intervalo de classe.
Descrevendo os parâmetros sugeridos para as equações tem-se:	
Tempo Transcorrido ou Vida do componente → Embora o tempo de vida do componente não seja um parâmetro de Weibull, deve-se haver uma correta compreensão da sua medição. O tempo de vida do componente que está sendo controlado deve ser medido de tal modo que: a) Exista uma origem do tempo de uso ou de trabalho que deve estar bem definida e sem ambiguidade.	

Ação	Comentários
b) Deve existir uma escala que permita medir a passagem deste “tempo” que deve ser acertada, aceita e serem seguidas. c) A medição deste “tempo” pode ser feita em várias unidades, tais como: toneladas por hora; número de partidas; quilômetros rodados; ciclos de carga; etc. d) O significado da falha deve estar muito bem definido e claro. Isto quer dizer que a função do equipamento deve estar clara, a função do componente também, a falha funcional estabelecida, o modo de falha claro e a causa da falha descrita, e se possível as suas consequências. Por este motivo que estes cálculos devem vir após a realização do FMEA.	
	<p>Fator de Forma → Representado por β, que é quem influencia no comportamento da equação, ou seja, ao variar β a equação de Weibull poderá representar uma curva típica de falhas prematuras, de falhas aleatórias ou de falhas por desgastes, abrangendo as equações citadas.</p> <p>Variações do Fator de Forma: Teoricamente, β pode assumir valores entre zero até infinito, mas na prática é pouco provável encontrar valores menores que 0,2 ou maiores que 10., assim auxiliando na análise, temos:</p> <p>a) $\beta < 1$ → tem-se falhas: entrada em funcionamento; mortalidade infantil; ou falhas prematuras. b) $\beta = 1$ → tem-se falhas do tipo aleatórias, NÃO dependem do tempo de uso ou do processo de trabalho para ocorrerem. c) $\beta > 1$ → teremos falhas que dependem do tempo de uso ou do tempo de operação ocorrer, falhas fim de vida útil, obsolescência, onde se deve fazer uma análise de quando β é maior que "1".</p> <p>c.1) Weibull equivale à "função normal com valores entre 3 e 4, e quando com $\beta = 3,5$, é simétrica. c.2) Com valores de 2 a 3 representa a função de Rayleigh. c.3) Foi estabelecido por Monchy (1989) que: “$1,5 < \beta < 2,5$ tem-se falhas por fenômeno de fadiga,” “$3 < \beta < 4$ fenômenos de desgaste, de corrosão ou de ultrapassagem de patamar de deformação plástica”.</p> <p>c.4) Abernethy (2000) alerta que se $1,0 < \beta < 4$ implica em desgaste prematuro, destacando que ocorrem dentro da vida projetada, caem nesta classe são: fadiga em baixos ciclos, a maior parte das falhas de mancais, erosão e corrosão. c.5) Abernethy (2000) comenta também que $\beta > 4$ implica em idade avançada ou fim de vida útil, com desgaste rápido a partir de certo ponto ou tempo de uso, onde a falha típica é por corrosão, por fadiga, propriedade dos materiais, materiais com cerâmica, alguma forma de erosão e fratura sem deformação plástica. c.6) Quanto maior for β, mais rápida será a falha total. Se β tender a infinito teremos todas as quebras ou falhas em um intervalo de tempo que tende a zero. c.7) Notar que com β alto (quatro ou mais) dentro das características do projeto (o equipamento ou componente está respondendo dentro do que se esperava) a chance de falha imprevista é muito pequena. Assim a máquina é muito confiável dentro do período de uso ou de projeto.</p>
	<p>Vida característica → Representado por “t_0”, que é o tempo em que para uma amostra considerável ocorra algo entorno de 63% das falhas. Este valor provem do fato que, na equação 2 – Probabilidade de Falha existe um valor tal que para $t = (t - t_0)$ e assim a mesma equação fica reduzida a $P(t) = e^{-1} = 0,37$, o que quer dizer que existe 37% de equipamentos que não falharam até o tempo n. Com isto sabemos que se existem 37% de equipamentos trabalhando, cerca de 63% já falharam.</p>
	<p>Vida mínima ou Tempo para primeira falha → Este parâmetro é usado para indicar o valor mais provável de tempo de vida ou de utilização de uma máquina (no nosso caso) até que ocorra a primeira falha. É representado por t_0. Notar que a taxa de falha $Z(t)$ só é diferente de zero após o tempo t_0. Monchy (1989) chama de limiar da falha ou tempo de entrada à falha.</p>
	<p>NOTAS: *1 = FMEA – Failure Mode and Effects Analysis (Análise dos Modos e Efeitos de Falha). Técnica utilizada para definir, identificar e eliminar falhas, problemas ou erros potenciais ou conhecidos do sistema, projeto, processo e/ou serviço antes que eles cheguem ao usuário. 2 = Fórmulas sugeridas por ABERNETHY (2000).</p>

Quadro 6 – Ações de Confiabilidade para Implantação do Pilar de CI
 Fonte: Autor (2010)

3.6 Documentação de Apoio

Esta etapa não será de estudos e sim de checagem e fechamento dos itens descritos no Quadro 7. A documentação de projeto consiste na grande fonte de informações para atualização do sistema de manutenção e elaboração dos planos de manutenção preventiva.

Comentários
Verificação dos seguintes documentos:
- Manual de Operação e Manual de Montagem
- Manual de manutenção com os respectivos desenhos esquemáticos, que devem incluir: <ul style="list-style-type: none"> - Pontos de lubrificação; - Sugestões de manutenções preventivas; - Sugestões de inspeções.
- Desenhos (<i>layout</i>) com os respectivos Fluxos de Processo, já com a menção dos TAGs previamente elaborados de acordo com a política vigente da empresa. NOTA: Não permitir que sejam elaborados fora da empresa sem que se tenham obedecido aos padrões da empresa.
- Diagrama de Sama – Malhas com os intertravamentos já indicados nos desenhos.
- Diagramas de interligação <i>as built</i> .
- <i>Data Sheet</i> de todos os equipamentos.
- Lista de <i>spare parts</i> com previsão de consumo – pelo fabricante – para dois anos.

Quadro 7 – Ações de Verificações Documentação de Apoio para Implantação do Pilar de CI
Fonte: Autor (2010)

3.7 Sistema de Manutenção

Muito provavelmente, se o departamento de manutenção estiver discutindo questões de implantação de um pilar do TPM, já trabalhe com o suporte de um sistema de manutenção informatizado. A questão central aqui é não permitir que seja feito o *start up* dos equipamentos sem que antes as questões apresentadas aqui sejam desenvolvidas, principalmente a questão do plano de manutenção, pois este garantirá que as verificações e/ou decisões tomadas anteriormente sejam garantidas. As verificações sugeridas seguem no Quadro 8.

Ação	Comentários
1) Faça o inventário dos novos equipamentos	- Providenciar o inventário dos equipamentos, permitindo que estes sejam cadastrados no sistema e identificados fisicamente no campo. Deve-se haver a preocupação para que o cadastro represente a estrutura dos componentes levantados no estudo do FMEA.
2) Determine a criticidade dos novos equipamentos	- Aqui o ideal é que sejam utilizados os mesmos critérios para os demais equipamentos já instalados. A sugestão é seja criado um diagrama para padronizar esta operação, caso não tenha sido criado no início da implantação do sistema, crie e a medida do possível faça uma revisão geral em todos os equipamentos. - Lembre-se, esta é uma das principais atividades de implantação, pois será a criticidade que determinará a forma de atuação da sobre o equipamento.
3) Selecione as técnicas de manutenção que serão utilizadas	- A seleção das técnicas que serão aplicadas é o resultado da criticidade, pois se classificado como “A” por exemplo, muito provavelmente serão aplicadas técnicas de manutenção preditiva, diferentemente dos de classe “C” que deverão receber apenas inspeções quanto muito.
4) Balanceie as	- Definidas as manutenções programadas a serem executadas, execute um

Ação	Comentários
atividades ao longo do tempo	balanceamento a partir da periodicidade a ser utilizada para cada uma, ou seja, fazer com que as atividades de um determinado período possam ser executadas pelo número de funcionários disponíveis. Para esta atividade recomenda-se a utilização do “Mapa de 52 Semanas”.
5) Elabore os indicadores de performance	- Proponha sempre um modelo de melhoria contínua de todo o sistema, fazendo uma análise dos resultados obtidos e as possibilidades de melhoria. Esta melhoria contínua deverá abranger estudos de novas técnicas de manutenção e treinamentos de reciclagem aos envolvidos.

Quadro 8 – Ações de Verificação do Sistema de Manutenção para Implantação do Pilar de CI
Fonte: Autor (2010)

Todas as dimensões propostas buscam um único objetivo, de tentar antecipar-se aos possíveis problemas apresentados no início de operação de novos projetos e preparar a manutenção acompanhar os equipamentos ao longo de sua vida útil.

6 CONCLUSÃO

Historicamente a busca das organizações foi pela maximização de seus recursos disponíveis, quer sejam material ou humano. Esta busca acabou se estendendo para os diversos setores da organização, inclusive o de Manutenção, que buscou ao longo de sua evolução histórica adaptar-se às necessidades a ela imposta.

Nesta linha o setor de Manutenção buscou a melhor disponibilidade possível para os equipamentos e sistemas instalados e, nesta busca surgiram inúmeras técnicas e ferramentas cujo objetivo da busca pela antecipação das falhas e conseqüentemente o aumento do tempo que equipamentos e sistemas ficariam disponíveis para suas funções requeridas.

Assim, com seu foco direcionado para as ações preventivas, a Manutenção passa a discutir a necessidade de conhecer seus equipamentos e sistemas de tal forma que se saiba o quão confiáveis são. Mas, até então todos os direcionamentos estratégicos da Manutenção Industrial estavam focados nas questões operacionais, até que surge uma nova questão que passa a integrar seu dia-a-dia, que são as Questões Ambientais. E, como tratá-las? Da mesma forma que os demais equipamentos?

Daí surge a proposta deste trabalho que buscou destacar a importância da Manutenção Industrial como função estratégica para as organizações, feito isto, propôs-se a verificar a existência de uma relação entre o pilar de CI – Controle Inicial do TPM implantado efetivamente, com as questões de confiabilidade, isolando-se as questões ambientais, trazendo a tona a importância de uma gestão prevencionista destes equipamentos de tal forma a conseguir-se uma maior tranquilidade quanto a possibilidade de acidentes e a geração de passivos ambientais.

REFERÊNCIAS

ABERNETHY, Robert B. **The New Weibull Handbook**. 4th edition, Published and distributed by Robert B. Abernethy, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade, 1994.

BONIFÁCIO, Marcos Antonio. **Manutenção industrial**: uma discussão entre a relação dos investimentos aplicados e os resultados operacionais e ambientais obtidos. Dissertação (Mestrado) Centro Universitário de Araraquara/Araraquara – Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, 2005.

BRANCO, Gil Filho. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. Rio de Janeiro: Abraman, 1996.

FREITAS, A. J. N. **TPM na Linha da Confiabilidade**. São Paulo: Loos Prevention/ABRAMAN, 2007.

KARDEC, A.; LAFRAIA, J. R. **Gestão estratégica e Confiabilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. **TPM à moda brasileira**. São Paulo: Makron Books, 1994.

MOURA, R.A. **MPT Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAM, 2003.

PALMEIRA, N. J.; TENÓRIO, G. F. **Flexibilização Organizacional**. Rio de Janeiro: FGV, 2002.

SEIXAS, E.S. **Engenharia da Confiabilidade Aplicada à Manutenção**. São Paulo: ABRAMAN, 2006.

TAVARES, Lourival Augusto. **Excelência na Manutenção – Estratégias, Otimização e Gerenciamento**. Salvador: Casa da Qualidade, 1996.

TEIXEIRA JÚNIOR, R.F. **Manutenção produtiva total (notas de aula)**. São Paulo: UNESP, 2007.