

TPM – TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE: UM ESTUDO DE CASO DE IMPLEMENTAÇÃO EM EMPRESA DE GRANDE SEGMENTO

Alexandre Amaro de Medeiros, Universidade Anhanguera de Osasco,

ale.amedeiros@yahoo.com.br

Vinicius Rodrigues Zamboni, Universidade Anhanguera de Osasco,

vinicius.rodrigues1992@hotmail.com

Prof orientador: Alessandro Marco Rosini, Universidade Anhanguera de Osasco,

alessandro.rossini@anhanguera.com

RESUMO

As empresas estão em busca constante de inúmeras metodologias e ferramentas de gestão estratégica para atingir os elevados níveis de competitividade, alinhando os padrões qualitativos esperados pelo mercado com os padrões quantitativos que as organizações devem estabelecer para tal correspondência. Este artigo aborda um estudo de caso comum nas empresas que tem sua estrutura departamental bem organizada, mas sem uma visão sistêmica dos processos chave para atendimento da demanda, através da intervenção nos planos tático e operacional para atendimento do plano estratégico da empresa. O objetivo deste artigo é demonstrar que através da gestão pela metodologia TPM, existe uma proposta efetiva de criar um diferencial estratégico em relação à concorrência, com a redução de manutenções corretivas, melhor disponibilidade dos equipamentos, redução de perdas em diversas fases e áreas do processo produtivo efetivando a melhoria da qualidade do produto.

Palavras-chave: TPM - Total Productive Maintenance - Manutenção Produtiva Total - Gestão da Manutenção.

Data de recebimento: 08/06/2020

Data de aceite: 15/06/2020

Data de publicação: 30/06/2020

INTRODUÇÃO

Atualmente, as empresas estão em uma intensa competitividade, e inúmeras ferramentas são utilizadas para atingir o nível mais alto de produtividade e redução de custos. Para se destacarem nesse mercado competitivo, é preciso entender que a organização funciona de forma sistêmica, e que todos seus setores e processos devem ser criteriosamente analisados, estudados e melhorados.

Dentro das empresas, um dos setores pouco estudados no que se refere a melhoria de processos e redução de custos é a manutenção, onde que no Brasil, na maioria das empresas existe a cultura da manutenção corretiva, não enfatizado a manutenção preventiva e preditiva integrada principalmente ao planejamento da produção. Implantando a metodologia TPM (Total Productive Maintenance), as organizações podem vislumbrar novos horizontes de

possibilidades para maximizar o rendimento produtivo e ter um diferencial estratégico em relação à concorrência.

As empresas têm se preocupado continuamente em atingir os níveis mais altos de desempenho da produção, o que está intimamente ligado com o conceito de disponibilidade. A busca pela melhoria desse indicador, impactado toda vez em que há paradas de máquinas, é o grande objetivo da metodologia TPM. Porém, no mercado, não há muitas organizações e profissionais que a dominem, portanto, para que a metodologia possa ser implementada, o caminho pode ser árduo, longo e caro.

Sendo assim, quais os passos necessários para que uma empresa implemente os conceitos da metodologia TPM com sucesso?

O objetivo geral desse estudo é o de elaborar um roteiro de implementação da metodologia TPM, que seja aplicável a indústrias de diferentes portes e processos. Para isso optou-se como método de estudo, um estudo de caso em uma organização de porte grande em seu setor.

Como objetivos específicos, procurou-se obter as seguintes ações: 1) apresentar a metodologia e os principais indicadores de desempenho a ela relacionados; 2) Elencar recursos necessários; 3) Determinar as etapas de implementação.

Como justificativa de estudo, buscou-se disseminar a metodologia TPM na organização, aumentando a disponibilidade do maquinário, assim como citado anteriormente, mantendo o foco no atingimento dos mais altos níveis de produtividade e reduzindo paradas não programadas para manutenção, que afetam tanto a produtividade quanto os custos de ambientes de manufatura.

Portanto, pode-se afirmar com certeza que o TPM é um diferencial importantíssimo na constante busca pela melhoria contínua aliada a disponibilidade de equipamentos, e consequentemente a redução de prazos de fabricação.

EMBASAMENTO TEÓRICO

MANUTENÇÃO

Segundo Rodrigues (2014), manutenção são as ações para recuperar, monitorar e gerenciar um equipamento a fim de mantê-lo em condições normais de funcionamento.

Takahashi (2013) afirma que uma atividade de manutenção pode ser definida como aquela que, através do uso de diagramas e dados, trata de uma relação casual definida ou tenta esclarecer a relação casual entre um fenômeno e suas causas ou uma causa e seu efeito sobre a máquina. Refere-se a uma atividade que sempre lida cientificamente com um fato e os dados pertinentes a esse fato.

Contador (2010) mostra que as técnicas de manutenção preventiva nasceram nos Estados Unidos, evoluíram a partir da década de 1950 até atingir a forma da Manutenção Produtiva Total aplicada inicialmente na indústria japonesa e, posteriormente, difundida amplamente pela indústria mundial. A evolução do sistema de manutenção no Japão processou-se em quatro etapas:

1º Estágio da manutenção corretiva (antes da década de 1950);

2º Estágio da manutenção preventiva (anos 1950 e 1960);

3º Estágio da manutenção do sistema de produção (anos 1960 e 1970);

4º Estágio da manutenção produtiva total - TPM (após a década de 1970).

Por Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*) entende-se falha zero e quebra zero das máquinas de produção, que juntamente com os conceitos de zero defeito nos produtos e de perda zero nos processos, constituem os principais elementos das

estratégicas bem-sucedidas de uma empresa manufatureira, segundo os preceitos da qualidade total da administração japonesa.

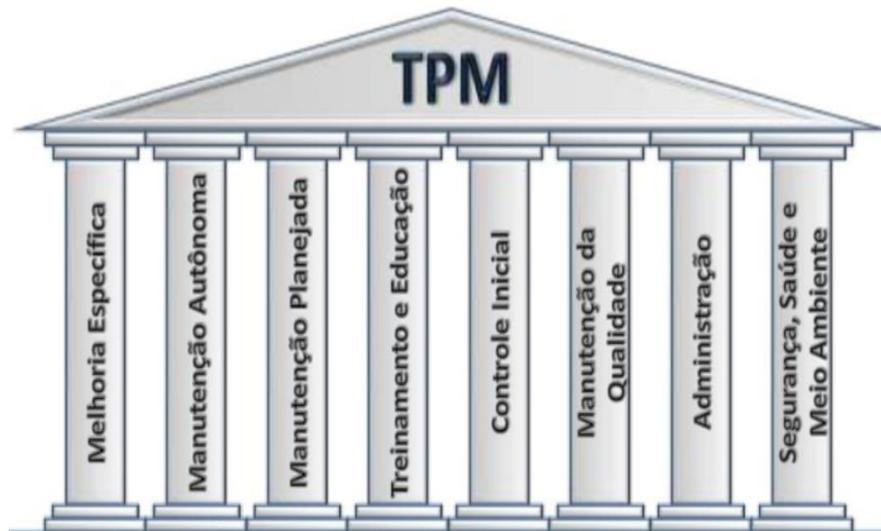
Alguns elementos particulares de uma estratégia de manutenção produtiva total devem ser destacados:

- Busca constante de maximização do rendimento operacional do conjunto de máquinas e equipamentos da empresa;
- Adoção de um sistema que considere todo o ciclo de vida útil das máquinas e equipamentos;
- Ênfase na gestão participativa de todos os envolvidos, desde a gerência até o pessoal da produção e da manutenção;
- Trabalho em grupo e motivação do pessoal envolvido;
- Definição das condições básicas de operação (limpeza do local de trabalho, lubrificação adequada e ajustes das partes móveis);
- Obediência às especificações de uso das máquinas e equipamentos;
- Recuperação das degenerações;
- Saneamento das deficiências existentes no projeto original;
- Maior capacitação técnica e profissional do pessoal da produção e da manutenção.

OS PILARES DO TPM

O TPM é estruturado por pilares que sustentam toda sua implantação e manutenção, seguindo uma metodologia disciplinada, efetiva e funcional. A figura 1 apresenta os oito pilares do TPM.

Figura 1 – Os oito pilares do TPM



Fonte: <https://estudosmecnicos.blogspot.com/2017/01/os-oito-pilares-da-tpm.html>

PILAR I – MELHORIAS ESPECÍFICAS

De acordo com Ribeiro (2016), esse pilar focaliza o gerenciamento do equipamento do processo, especialmente da sua melhoria. Ele tem a particularidade de aplicar técnicas de soluções de problemas, a pequenos grupos, além de necessitar da participação de operadores, pessoal da Manutenção, Supervisores e Engenheiros (podendo envolver o pessoal da Logística). Na prática é um pilar que visa identificar, medir e atacar as oito grandes perdas, que são:

- Perdas por falha de equipamento;
- Perdas por *setup* e ajustes;
- Perdas por troca de ferramenta de corte;
- Perdas por acionamentos;
- Perdas por pequenas paradas e pequenos períodos de ociosidade;
- Perdas por velocidade (nominal e real);
- Perdas por defeitos e retrabalhos;
- Perdas por desligamentos.

Takahashi (2013) mostra que:

- 12% das falhas ocorreram independentes do fato do departamento de Manutenção possuir um programa de manutenção planejada;

- 14% das falhas ocorreram independentes do fato do departamento de Produção ter um plano de manutenção por iniciativa própria em vigor;
- Aproximadamente 80% das avarias abruptas estão ocorrendo em áreas que não foram tratadas pelos departamentos de Manutenção ou Produção.

PILAR II – MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Conforme Ribeiro (2016), este pilar consiste em desenvolver nos operadores o sentimento de propriedade e zelo pelos equipamentos e a habilidade de inspecionar e detectar problemas em sua fase incipiente, e até realizar pequenos reparos, ajustes e regulagens.

Os objetivos da manutenção autônoma, portanto, são:

- Treinar operadores para detectar falhas;
- Capacitar operadores para entenderem os objetivos, funções e estruturas dos equipamentos e que possam operá-los corretamente, bem como eliminar falhas;
- Treinar operadores para manterem seus equipamentos nas melhores condições (uso do equipamento em suas capacidades limites);
- Disciplinar os operadores a seguir os procedimentos operacionais.

Slack (2002) afirma que realizar manutenção autônoma é permitir que o pessoal que opera ou usa os equipamentos da produção assuma a responsabilidade por pelo menos algumas das tarefas de manutenção. Também se deve encorajar o pessoal de manutenção a assumir a responsabilidade pela melhoria do desempenho de manutenção. Existem três níveis nos quais o pessoal assume responsabilidade pela manutenção:

- 1) Nível de conserto: O pessoal executa instruções, mas não prevê o futuro, simplesmente reage a problemas;
- 2) Nível de prevenção: O pessoal pode prever o futuro antevendo problemas e realizando ações corretivas;
- 3) Nível de melhoria: O pessoal pode prever o futuro antevendo problemas, não somente realizam ações corretivas, mas também propõem melhorias para prevenir recorrência.

Segundo Takahashi (2013), a limpeza, lubrificação, aperto e controle da temperatura são os pré-requisitos fundamentais para a manutenção do equipamento. Entretanto, as chaves para o gerenciamento bem-sucedido do equipamento são sutis, e nem todos conseguem identificá-las de imediato. Frequentemente, as medidas contra avarias são tomadas sem a compreensão desses pré-requisitos fundamentais. Portanto, é preciso criar meios para aprimorar essas áreas fundamentais através de técnicas de gerenciamento por observações. É preciso promover um programa de manutenção por iniciativa própria, que garanta o controle adequado dos pontos-chaves: limpeza, lubrificação, aperto e controle de temperatura.

Se um programa de manutenção por iniciativa própria e com participação de todos os funcionários pode desacelerar a deterioração do equipamento, a melhor manutenção pode estender a vida útil das peças e componentes do equipamento. Identificando os sinais de deterioração nas peças e componentes e adotando medidas corretivas antecipadamente, é possível reduzir as avarias a um quinto ou um décimo do nível anterior à implementação do programa. Além disso, o volume absoluto dos custos de manutenção também deve diminuir. Em muitos casos, os custos de manutenção diminuíram 30%, enquanto o número de ocorrências inesperadas de avarias foi reduzido a um décimo dos níveis anteriores.

PILAR III – MANUTENÇÃO PLANEJADA

Segundo Ribeiro (2016), consiste em detectar e tratar as anormalidades dos equipamentos antes que eles produzam defeitos ou perdas. O objetivo principal é o desenvolvimento de um sistema que promova a eliminação de atividades não programadas de manutenção.

Conforme Takahashi (2013), como indica a expressão MTBF – *Mean time between fail* (tempo médio entre falhas), uma análise de MTBF fornece uma visão estatística, pois enfoca períodos cíclicos de avarias. Na realidade, as falhas incluem defeitos resultantes de erros humanos e avarias físicas. Além disso, é possível que algumas peças não quebrem ou falhem há anos. Talvez não haja dados suficientes sobre outras peças ou componentes, ou o intervalo entre os dados existentes seja irregular. Uma análise das falhas como base no MTBF não deve apresentar apenas uma visão estatística, precisa tratar também dos aspectos de Engenharia, por exemplo, questões como o que aconteceu e o que deve ser feito. Portanto, em uma análise do MTBF, é importante esclarecer as falhas que exigem soluções de engenharia, tais como avarias fatais e recorrentes.

A estimativa da vida útil de peças é feita com base na distribuição alternada dos tempos médios entre as falhas e em características padrão. A validade dos métodos de reparo deve ser examinada a partir do surgimento da primeira avaria, após uma manutenção planejada. Baseado na análise desses dados, deve ser elaborado um plano de reparo otimizado para uma determinada máquina ou grupo de máquinas.

Os registros têm valor extraordinário na medida em que apontam para diretrizes de manutenção e para as atividades de engenharia associadas. Não é exagero afirmar que as atividades de TPM começam com a elaboração dos registros de manutenção e terminam com a conservação e a utilização adequada dos dados de manutenção.

A manutenção preditiva do equipamento de alta prioridade deve incluir a inspeção periódica, para detectar e adotar medidas adequadas contra condições nocivas que possam acarretar em falhas abruptas ou deterioração do funcionamento e qualidade do produto. É vital que as fontes de problemas sejam eliminadas, os ajustes sejam feitos ou as medidas de recuperação sejam tomadas enquanto os problemas ainda estão no estágio inicial. Portanto, a meta da manutenção preditiva baseia-se em medidas econômica contra a deterioração do equipamento. O método de manutenção preditiva não inclui conceitos difíceis e complexos. Manutenção preditiva significa simplesmente sentir, avaliar ou controlar as mudanças físicas das instalações, prevendo e antecipando falhas e tomando as medidas reparadoras apropriadas. As metas da manutenção preditiva são:

- Determinar o melhor período para manutenção;
- Reduzir o volume do trabalho de manutenção preventiva;

- Evitar avarias abruptas e reduzir o trabalho de manutenção não planejado;
- Aumentar a vida útil das máquinas, peças e componentes;
- Melhorar a taxa de operações eficaz do equipamento;
- Reduzir os custos de manutenção;
- Melhorar a qualidade do produto;
- Melhorar o nível de precisão da manutenção do equipamento.

Os tópicos técnicos das atividades de manutenção preditiva são:

- Estudo da vibração;
- Estudo da temperatura gerada;
- Estudo das pressões e tensões normais;
- Estudo do desgaste e deterioração;
- Estudo do alinhamento;
- Estudo da corrosão e erosão.

Conforme Slack (2002), para a empresa prever os eventos de amanhã é menos arriscado do que prever o próximo ano. Quanto mais à frente a companhia prever, mais provavelmente cometerá erros. Isso tem implicações importantes na rapidez de execução de qualquer operação. Considere o exemplo de uma fábrica de automóveis. Se o tempo total para a porta completar seu percurso pela fábrica for seis semanas, estará passando pela primeira operação seis semanas antes de atingir seu destino final. A quantidade de portas processadas será determinada pela previsão de demanda feita seis semanas antes. Quase certamente, a fábrica estará fabricando o número errado de portas porque a previsão estará errada.

PILAR IV – MELHORIA NO PROJETO

Conforme Ribeiro (2016), este pilar consiste em incrementar a interface entre as engenharias da empresa (Projeto, Produção ou Processo e Manutenção). São atividades conduzidas durante as fases de projeto, fabricação, instalação e teste em vazio, e comissionamento (estabelecimento de operação normal com produção comercial).

Os principais objetivos são: reduzir a necessidade de manutenção do equipamento e produzir equipamentos com confiabilidade, facilidade de operação e manutenção, implementação de manutenção autônoma, com tempos curtos de partida após a instalação e com segurança. A meta desejada com aplicação deste pilar é a redução do custo do ciclo de vida (LCC) do equipamento.

Segundo Takahashi (2013), manutenibilidade significa facilidade de manutenção, portanto a melhoria da manutenibilidade refere-se às atividades capazes de reduzir o tempo gasto em manutenção. Essas atividades constituem um dos pilares principal da TPM

(melhoria da confiabilidade e da manutenibilidade do equipamento). Assim, esse é um tema importante, principalmente para o departamento de Manutenção.

PILAR V – MANUTENÇÃO DA QUALIDADE

Segundo Bormio (2000) “*Hinshitsu Hozen*” (manutenção da qualidade) compreendem atividades que se destinam a definir condições do equipamento que excluam defeitos de qualidade, com base no conceito de manutenção do equipamento em perfeitas condições para que possa ser mantida a perfeita qualidade dos produtos processados. De acordo com RIBEIRO (2016), são atividades que estabelecem condições adequadas dos equipamentos para não comprometer a qualidade intrínseca dos produtos visando o “defeito zero”, ou seja, eliminação de refugos, retrabalhos e produtos fora da especificação inicialmente desejada.

Conforme Takahashi (2013) a qualidade de um produto é definida pela engenharia do equipamento e tecnologia de produção e pelos esforços constantes da equipe de produção. Embora o TPM defenda uma filosofia de gerenciamento orientada para o equipamento, enfocando o seu uso máximo, nos ambientes de fabricação e montagem enfatiza a ideia de “construir a qualidade no produto através do equipamento orientado para qualidade”. O termo

Manutenção preventiva para qualidade nasceu nesse contexto. Reconhece a necessidade do gerenciamento total da qualidade através do ciclo de vida completo dos meios de produção. A não ser que as origens das falhas da qualidade sejam acompanhadas identificadas de forma eficaz, não é possível garantir a perfeita qualidade dos produtos.

Takahashi (2013) afirma que existem três tipos principais de problemas: (1) sujeira e acúmulo de resíduos, (2) falta de lubrificação e vazamento de óleo e (3) folga e oscilação de peças. Todos esses problemas ameaçam causar paralisações rápidas do equipamento, imediatas ou inevitáveis, ou, ainda, problemas com a qualidade do produto. Todos podem ser reparados muito rapidamente através da limpeza, lubrificação ou substituição de lubrificantes, apertos de tarraxas ou parafusos e correção de anormalidades. Limpeza, lubrificação e aperto são as três atividades principais para evitar a deterioração e podem ser consideradas a base da manutenção do equipamento.

PILAR VI – EDUCAÇÃO E TREINAMENTO

Segundo Bormio (2002), este pilar do TPM tem como objetivo desenvolver novas habilidades e conhecimentos para o pessoal da manutenção e da produção. De acordo com a filosofia TPM, “habilidade é o poder de agir de forma correta e automaticamente (sem pensar), com base em conhecimentos adquiridos sobre todos os fenômenos e utilizá-los durante um grande período”. É de fundamental importância a capacitação do operador, através de cursos e palestras, para que ele possa conduzir uma manutenção voluntária, sem o receio de cometer erros. Como o sistema TPM é assentado no homem e dele depende para a obtenção de resultados efetivos, um programa de treinamento é um investimento onde não se deve economizar, pois o retorno é garantido.

Takahashi (2013) afirma que embora existam manuais de operação, a maioria das pessoas não os lê com atenção e, frequentemente, só quando procedimentos ocorrem avarias. Nas operações do equipamento, existem procedimentos operacionais normais e manobras de emergência, indicados por interruptores e lâmpadas nos painéis de controle e consoles. Em geral, os operários só aprendem a ligar os interruptores. Entretanto, é necessário mostrar porque essas etapas são necessárias, inclusive com desenhos e filmes que ilustrem os mecanismos do equipamento e os princípios de montagem. Se os operadores não estão suficientemente familiarizados com o equipamento, quando surgir uma situação anormal

podem reagir de forma inadequada. Assim, é preciso elaborar um manual, semelhante aos manuais dos automóveis, que ensine a resolver os problemas, a fim de auxiliar o treinamento dos operadores. É difícil operar equipamentos novos e altamente sofisticados. Se os operadores não souberem como fazer o equipamento funcionar corretamente e cometerem um único erro, podem ocorrer danos significativos. Além disso, se os operadores usarem o equipamento de forma incorreta, aos poucos pode ocorrer danos irreparáveis. É fácil descrever esses problemas, mas é difícil solucioná-los.

Bormio (2000) mostra que à medida que o equipamento se torna cada vez mais sofisticado e adquire maior grau de automação, atividades como segurança, poluição e racionalização na utilização de energia são cada vez mais necessárias. A abordagem sistemática e planejada destes temas que se utilize da educação e treinamento disponíveis é necessária e oportuna. As atividades de educação e treinamento são parte de seis etapas:

1. Definir políticas básicas de educação e treinamento;
2. Treinamento para adquirir habilidades de operação e manutenção;
3. Aprimoramento das habilidades de operação e manutenção;
4. Estabelecimento e início do desenvolvimento e treinamento de habilidades;
5. Consolidação do ambiente de desenvolvimento voluntário;
6. Avaliação das atividades e estudo de abordagem futura. Não se deve esquecer que a motivação é importante no treinamento e na promoção dos indivíduos.

Slack (2002) afirma que não é coincidência que muitos programas bem-sucedidos têm um gerente de treinamento como um dos principais impulsionadores.

PILAR VII – SEGURANÇA, SAÚDE E MEIO AMBIENTE

Conforme Ribeiro (2016) o objetivo deste pilar inserido no TPM é garantir que as atividades de cada pilar contemplem os aspectos de segurança operacional, segurança do trabalho, saúde ocupacional e meio ambiente.

Segundo Ribeiro (2016), quando se fala sobre o meio ambiente sobre os processos e instalações, normalmente a preocupação se limita aos impactos ambientais provocados por vazamentos, derramamento de produtos químicos e até mesmo explosões. Porém, numa visão mais abrangente sobre a relação entre essas partes é possível estender essa influencia para outros aspectos, como produtos a serem reprocessados ou retrabalhados, produtos refugados, equipamentos com defeitos, paradas repentinas dos equipamentos (manutenção corretiva, *chokoteis*), *setups* desnecessários, falta de habilidade e consciência dos operadores.

PILAR VIII – TPM ADMINISTRATIVO

Conforme Ribeiro (2016), este pilar está voltado para todas as áreas da empresa que tem relação direta e indireta com as áreas produtivas, onde estão sendo implementados os demais pilares do TPM.

ESTUDO DE CASO

A empresa apresentada neste estudo de caso refere-se a uma indústria multinacional de grande porte localizada na cidade de Jundiaí, São Paulo, líder mundial em desenvolvimento de projeto, fabricação, instalação e toda gestão para implementação de turbinas a vapor para geração de energia, a empresa possui certificações ISO 9001, ISO 14000 e OSHAS 18001.

Seu portfólio de turbinas variam de modelos de 45 KW a 1.900 MW, porém a planta estudada fabrica turbinas de 10 MW à 65 MW que se divide nos modelos TT 200 (até 10 MW); TT 300 (até 50 MW) e TT 400 (até 65 MW). O processo de fabricação das turbinas tem um *lead time* que varia de 10 a 14 meses dependendo do tamanho.

As empresas como usinas de açúcar e álcool, papel e celulose dentre outras, tem grande dependência da matriz energética elétrica, que muitas vezes não são atendidas pelo fornecimento de demandas das concessionárias ou não constituem um custo/benefício tarifário. Assim a turbina a vapor é essencial para autogeração de energia elétrica com o uso da energia termodinâmica (vapor) gerada dentro do próprio processo industrial de suas unidades.

As turbinas a vapor são máquinas rotativas, as quais transformam a energia cinética do vapor, que passa pelo rotor, em energia cinética rotativa no seu eixo acionando um gerador síncrono trifásico, com o objetivo de converter energia mecânica em energia elétrica.

MÁQUINAS DA ÁREA PRODUTIVA

Em sua área produtiva a empresa, deste estudo de caso, estabelece sua competência de negócio através de maquinário diferenciado para obtenção de seus produtos tangíveis (turbinas), composto principalmente por máquinas mandrilhadoras CNC que apresentam diferentes dimensões e capacidades para atender todo o portfólio de turbinas fabricadas. As especificações das mandrilhadoras CNC são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Especificações das mandrilhadoras CNC

ESPECIFICAÇÕES DAS MANDRILHADORAS CNC			
	Mandrilhadora Tipo 1	Mandrilhadora Tipo 2	Mandrilhadora Tipo 3
Dímetro do fuso (mm)	130 / ISO50	160 / ISO50	200 / ISO50
Curso (eixo x) (mm)	1.580	6.000	6.000
Curso (eixo y) (mm)	1.700	2.340	3.390
Curso (eixo z) (mm)	900	1.500	1.800
Curso (eixo w) (mm)	1.950	900	1.500
Dimensões da mesa giratória (mm)	1400 x 1600	2500 x 2600	3000 x 3000
Carga máxima sobre a mesa (kg)	4.500	16.000	25.000

Fonte: Dados fornecidos pela empresa estudada. – (2020)

PRINCIPAIS COMPONENTES DA TURBINA

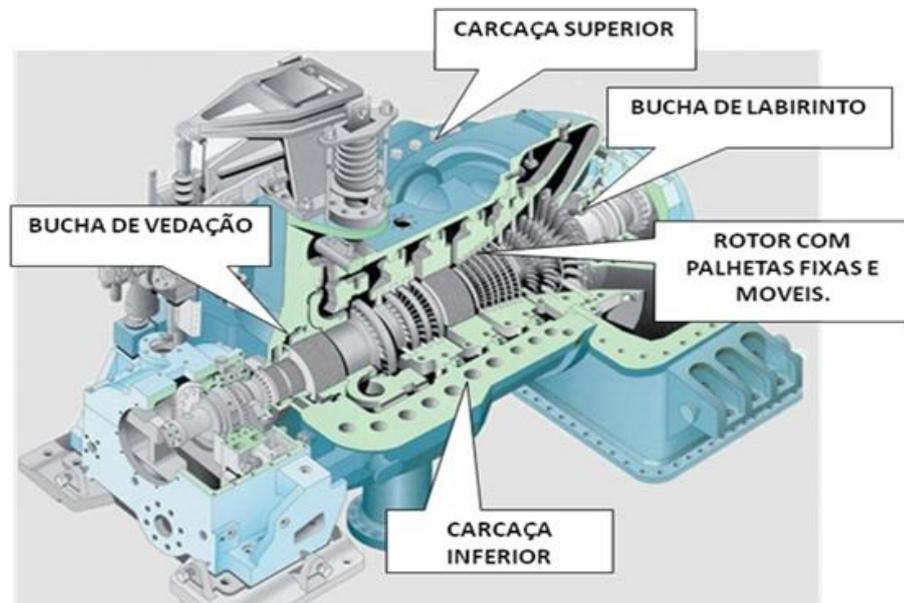
A turbina a vapor é composta por diversas peças e partes conforme apresentado abaixo:

- **Carcaça superior e inferior:** São os suportes das partes estacionárias tais como diafragmas, palhetas fixas, mancais, válvulas, etc. são obtidas a partir de um bloco de ferro fundido nodular. A usinagem é realizada em conformidade com a relação de dimensionamento da peça e a capacidade da máquina, sendo: turbinas TT 200 e TT 300 (mandrilhadoras Tipo 1 e Tipo 2) e turbina TT 400 (mandrilhadora Tipo 3).

- **Bucha de labirinto:** Recolhe o vapor de fuga destes labirintos e despeja para uma região de menor pressão da turbina. O vapor retido entre a câmara da roda e os labirintos funciona como uma compensação sobre as forças axiais no eixo da turbina. Essa peça é adquirida de fornecedores pronta para montagem.
- **Buchas de vedação:** Fabricadas em material resistente a corrosão-erosão, normalmente aço inoxidável ferrítico. Tem como principal função a vedação da câmara de vapor da turbina contra a atmosfera. Essa peça também é adquirida de fornecedores pronta para montagem.
- **Rotor:** Suporte das palhetas móveis e transmissão do torque mecânico. Adquirido de fornecedores, balanceado internamente e posteriormente disponibilizado para montagem.

As peças e partes da turbina citadas no texto são apresentadas na figura 2.

Figura 2 – Turbinas a vapor



Fonte: Empresa Pesquisada (2020).

PROBLEMÁTICA

Em 2007 houve uma incorporação de empresas, onde a unidade industrial deste estudo de caso absorveu as máquinas destinadas à fabricação de unidades geradoras a vapor. É importante frisar que parte destes maquinários já estava em operação há aproximadamente 15 anos e não havia documentação apropriada e completa (manuais, desenhos, registros, etc.). Após a instalação destes, o conhecimento (expertise) foi se construindo pela atividade (não houve treinamento para operadores e técnicos de manutenção) e pelas ações corretivas de manutenção, que o faziam pela experiência análoga de outros equipamentos, gerando demora na identificação de problemas, queda de produtividade e eficiência, etc. sem, contudo, criar uma documentação necessária a partir deste ponto ou mesmo um planejamento das manutenções preventivas e preditivas. Entre as máquinas incorporadas, a mandrilhadora CNC

Tipo 3 era única e indispensável ao processo de fabricação da turbina de 65 MW, para usinagem da carcaça interna e externa, devido suas dimensões e pesos.

Em janeiro de 2015 as peças fabricadas na mandrilhadora CNC Tipo 3 começaram a apresentar uma variação na forma geométrica (cilindricidade, paralelismo etc.) acima do permissível especificado, assim sendo, foi possível realizar somente a usinagem de desbaste na referida máquina, cabendo a usinagem de acabamento ser realizada por uma empresa terceirizada. Devido aos problemas envolvidos nas peças (além do atraso no *lead time* e aumento do custo produtivo) foi acionado o setor de Manutenção, que como foi relatado anteriormente, não possuía conhecimento técnico suficiente sobre a máquina e registro dos históricos das manutenções anteriores, o que dificultou a análise e detecção do problema. Quando identificado que o conjunto *spindle* estava avariado, foi contatada uma empresa especializada em manutenções de mandrilhadoras CNC para solucionar o problema, que analisou e identificou a necessidade de preencher o *spindle* com material à base de resina epóxi. A empresa especializada realizou o serviço de preenchimento solucionando o problema, serviço esse que teve um custo de R\$ 10.000,00.

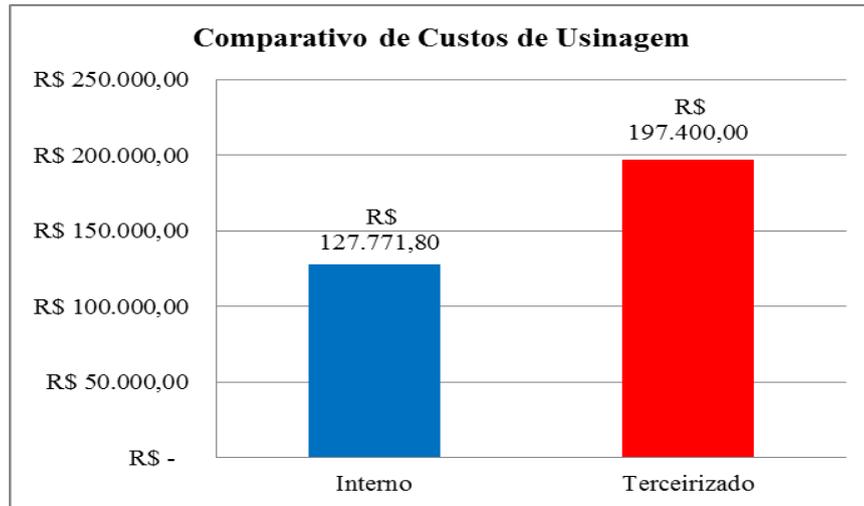
Após a realização da manutenção na máquina Tipo 3, foi celebrado um contrato no valor de R\$ 30.000.000,00 para fornecimento de uma turbina de 65 MW, com um prazo para entrega em 10 meses (quatro meses a menos que o tempo habitual, criando um diferencial estratégico para conquista do pedido). Conforme o planejamento, a capacidade efetiva (que é a capacidade que uma unidade produtora pode produzir se considerar perdas de tempo com paradas programadas (*setups*, manutenções preventivas, auditoria de qualidade, trocas de turnos, intervalos de operações, etc.) dentro de um período compreendido como produtivo) da máquina Tipo 3 estaria 100% ocupada, pois a mesma como já afirmado era de suma importância para o processo, devido ao seu tamanho e capacidade.

Após 45 dias de produção, a máquina Tipo 3 voltou a apresentar o mesmo problema anterior de variação na forma geométrica das peças, porém devido ao curto prazo de entrega do pedido, não houve parada da máquina para realizar qualquer manutenção ou análise do problema. A decisão foi tomada ciente que elevaria os custos produtivos como anteriormente havia ocorrido (terceirização da usinagem de acabamento), mas atenderia o cliente potencial de novos negócios no quesito prazo. A decisão agravou o desgaste do conjunto *spindle* e resultou no travamento da máquina. A manutenção foi novamente acionada e os técnicos realizaram os procedimentos cabíveis na tentativa de disponibilizar a máquina para a produção e não lograram sucesso. A partir disso, houve a necessidade de chamar novamente a empresa especializada em manutenção de mandrilhadoras CNC, a qual constatou que o conjunto *spindle* estava totalmente comprometido e indicou a troca de todo conjunto, porém suas peças eram todas importadas, com alto custo (R\$ 500.000,00) e um *lead time* de 60 dias, o qual seria inviável, pois o prazo era fator determinante.

Uma segunda empresa especializada em manutenção de mandrilhadoras CNC foi acionada, a qual analisou a máquina e confirmou que havia um problema no conjunto *spindle*, sinalizando também ser necessária a troca de todo conjunto *spindle*, porém não conseguiram identificar qual material de preenchimento foi utilizado na manutenção anterior, ou seja, a primeira empresa especializada informou o tipo de material sem, contudo, demonstrar e comprovar a veracidade do material utilizado (certificado, rastreabilidade etc.).

Em frente a essa situação a solução encontrada foi de terceirizar toda a usinagem para conseguir entregar o pedido no prazo, honrar o contrato e a imagem da empresa perante o mercado. A figura 3 apresenta o comparativo de custos entre produzir internamente ou terceirizar a usinagem.

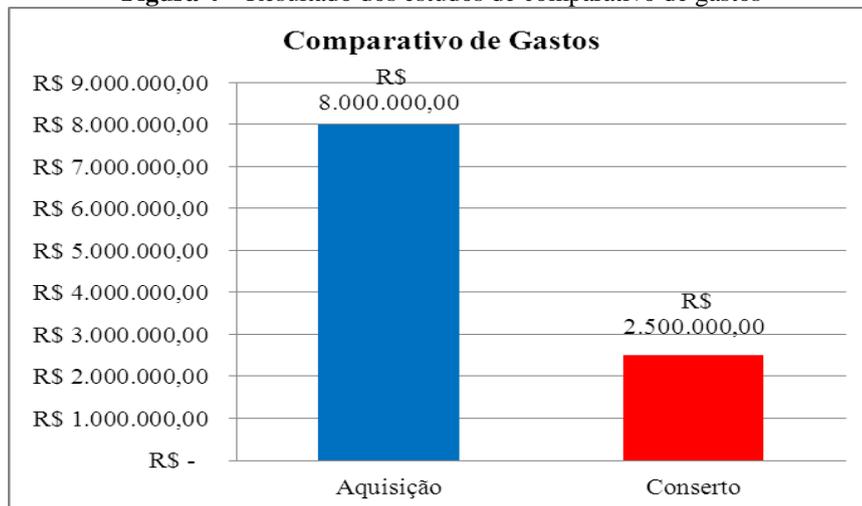
Figura 3 – Comparativo dos custos de usinagem



Fonte: Empresa Pesquisada (2020).

Com o serviço sendo terceirizado e a máquina Tipo 3 indisponível para produção, houve uma análise minuciosa de suas partes, onde foi constatado que além do conjunto *spindle*, diversas outras peças e partes necessitavam de reparos e trocas. Devido a situação apresentada e recorrente, além da relevância desta máquina para o processo, foi realizado um estudo para aquisição de uma nova mandrilhadora CNC ou conserto da mandrilhadora Tipo 3. A figura 4 mostra os resultados obtidos através deste estudo.

Figura 4 – Resultado dos estudos de comparativo de gastos



Fonte: Empresa Pesquisada (2020)

Outros aspectos estudados foram:

Aquisição:

- Garantia total de funcionalidade e uso do equipamento (três anos);

- Equipamento com novas tecnologias embarcadas (maior produtividade, confiabilidade, qualidade e tempo de *setup* reduzido);
- Maior capacidade de usinagem em relação às dimensões dos produtos;
- Treinamento para operação e manutenções preventivas;
- Disposição de documentação técnica (manual, desenhos, esquemas etc.).

Conserto:

- Garantia de funcionalidade e uso das partes/peças trocadas (três anos);
- Garantia de funcionalidade e uso dos conjuntos relacionados às partes/peças trocadas (um ano);
- Garantia das demais partes da máquina que não obtiveram intervenção (sem garantia).

Analisando os dados e aspectos levantados, a direção da empresa decidiu adquirir uma nova mandrilhadora CNC em substituição a mandrilhadora Tipo 3, mesmo sabendo que o tempo necessário para entrega, instalação e início de operação seriam de 12 meses, período esse que não atenderia a produção das turbinas de 65 MW com os custos e prazos internos, indicando uma perda de competitividade.

ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO

Denota-se que a empresa deste estudo de caso é uma indústria de bem de capital que conta com grandes aportes para gerir sua atividade econômica, ainda mais sendo de origem multinacional, ela tende a transmitir para suas bases industriais uma cultura organizacional refletida sobre um prisma, que muitas vezes não reflete necessariamente a condição satisfatória para a competitividade esperada por ela no mercado.

Através de uma análise fragmentada e minuciosa da problemática do caso, identifica-se uma carência de metodologia de gestão de manutenção, onde a empresa possui falhas em seus processos que resultaram em sérias perdas e que poderiam ter sido minimizadas com a utilização da metodologia TPM, metodologia essa, bastante difundida e que seria de grande valia para seus planos estratégicos e na qual poderia lançar luz aos problemas e questões relativas à confiabilidade, através da melhoria das pessoas, processos e qualidade total, atuando de maneira contundente nas oito grandes perdas (perda de equipamento, perda de *setup* e ajustes, perda na troca de ferramentas, perda por acionamentos, perdas por pequenas paradas e pequenos períodos de ociosidade, perdas por velocidade nominal e real, perdas por defeitos e retrabalhos e por desligamentos).

Observa-se a falta de documentação em dois momentos distintos, primeiro durante a incorporação do maquinário (falta de documentos, manuais e desenhos) e em um segundo momento, durante as manutenções corretivas realizadas por empresas terceirizadas (falta de histórico e rastreabilidade das peças substituídas e serviço realizado). De acordo com o pilar III (manutenção planejada), os registros têm valor extraordinário e as atividades do TPM começam com a elaboração dos registros de manutenção e terminam com a conservação e a utilização adequada dos dados de manutenção. Para minimizar as falhas de falta de

documentação e rastreabilidade a empresa poderá buscar a criação de um arquivo dedicado onde estarão todos os documentos, manuais das máquinas e registros de todas as manutenções realizadas internamente e por terceiros, dessa forma, criar um banco de dados que agilize e facilite a identificação dos problemas recorrentes, é importante também a criação de um diário de bordo para registrar todos os acontecimentos da máquina (manutenções preditivas, preventivas, corretivas e ajustes).

Outro ponto que é de fundamental importância para qualquer unidade empresarial é a capacitação de todo time envolvido nos processos, pois a falta de clareza em relação ao que precisa ser feito é o maior obstáculo, muitas vezes as atividades são realizadas sem o conhecimento adequado, como foi observado na empresa em questão, onde as manutenções e operações eram realizadas apenas pelo conhecimento adquirido durante o decorrer do tempo. O pilar VI (educação e treinamento) tem como objetivo desenvolver novas habilidades e conhecimentos, pois de acordo com a filosofia “habilidade é o poder de agir de forma correta e automaticamente (sem pensar)”, como base em conhecimentos adquiridos sobre todos os fenômenos e utilizá-los durante um longo período. A empresa deverá se inclinar ao interesse em capacitar os operadores e técnicos de manutenção, para que os mesmos tenham condições de realizar o pleno uso e manutenção das máquinas com conhecimento minucioso sobre cada particularidade. Alguns destes pontos podem ser melhorados através da elaboração de um plano de treinamento, escalonando o tipo de treinamento de acordo com o nível de aptidão técnica de cada funcionário, conforme a necessidade do processo, criando um ambiente com pessoas motivadas e proativas em aprender e multiplicar conhecimento, também é importante elaborar um plano de lições aprendidas para abordagens futuras. O sistema TPM é assentado no homem e dele depende para a obtenção de resultados efetivos, um programa de treinamento é um investimento onde não se deve economizar, pois o retorno é garantido.

Para manter as diretrizes do plano estratégico da empresa, deverá ser investido mais tempo na busca pela maior confiabilidade do equipamento, através de planos de manutenções preditivas e preventivas, pois como visto a empresa busca a resolução dos problemas pontuais não agindo de forma preventiva o que acabou refletindo no prazo de entrega do produto, necessitando terceirizar os serviços e o que gerou um aumento de 54% nos custos previstos inicialmente. A atenção apenas para as manutenções corretivas gerou ao longo de um período altos custos de manutenção não planejada, isto causado pelo acúmulo de desgaste do equipamento e com paradas abruptas que impactaram nos planos da produção. De acordo com o pilar III (manutenção planejada) é de suma importância detectar e analisar as anormalidades dos equipamentos antes que eles produzam defeitos e perdas, tendo como objetivo principal o desenvolvimento de um sistema que promova a eliminação de atividades não programadas de manutenção.

A empresa deste estudo de caso tem em sua filosofia a busca constante pela qualidade dos seus produtos, porém a ausência de padrões quantitativos como MTBF dificultou a visualização rápida e eficiente dos problemas, assim como as ações pontuais tomadas para mitigar os problemas de variação na forma geométrica das peças, na qual necessitou que o acabamento fosse realizado em outra máquina ou terceirizado. O pilar V (manutenção da qualidade) defende a ideia de que a qualidade de um produto é definida pela engenharia do equipamento e tecnologia de produção e pelos esforços constantes da equipe de produção e são atividades que estabelecem condições adequadas dos equipamentos para não comprometer a qualidade intrínseca dos produtos visando o “defeito zero”, ou seja, eliminação de refugos, retrabalhos e produtos fora da especificação inicialmente desejada. Dessa forma, a empresa poderia expandir seu pensamento estratégico também para a área e processos de manutenção com o monitoramento do MTBF para melhoria da confiabilidade do

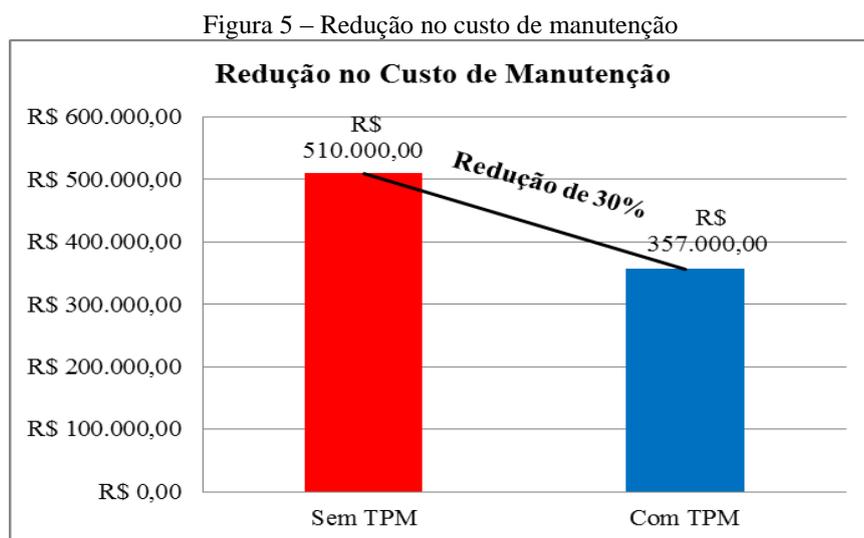
equipamento e controle de desvios de fabricação, tendo em vista que não se pode melhorar nada que não se meça.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fica evidenciado pelo embasamento teórico que a manutenção planejada (preditiva e preventiva) do equipamento de alta prioridade deve incluir a inspeção periódica, para detectar e adotar medidas adequadas contra condições nocivas que possam acarretar em falhas abruptas ou deterioração do funcionamento e qualidade do produto, eliminando as fontes de problemas ainda no estágio inicial. Portanto, a meta de uma manutenção planejada (preditiva e preventiva) baseia-se em medidas econômicas contra a deterioração do equipamento. Dessa forma, torna-se necessário a realização da manutenção preditiva com: um estudo para determinar o melhor período para manutenção, reduzir o volume do trabalho de manutenção preventiva, evitar avarias abruptas e reduzir o trabalho de manutenção não planejado, aumentar a vida útil das máquinas, peças e componentes, melhorar a taxa de operações eficazes do equipamento; reduzir os custos de manutenção, melhorar a qualidade do produto e melhorar o nível de precisão da manutenção do equipamento.

Com base nos resultados obtidos pela manutenção preditiva deve-se elaborar um plano de manutenção (atividades e periodicidades), cronograma de manutenção preventiva junto ao setor de Planejamento da Produção para que as datas das manutenções não interfiram nos prazos de entrega dos produtos e seja mantido o binômio produtividade/qualidade para refletir a confiabilidade no atendimento dos atributos quantitativos (internos da empresa) que correspondam aos atributos qualitativos que o mercado espera.

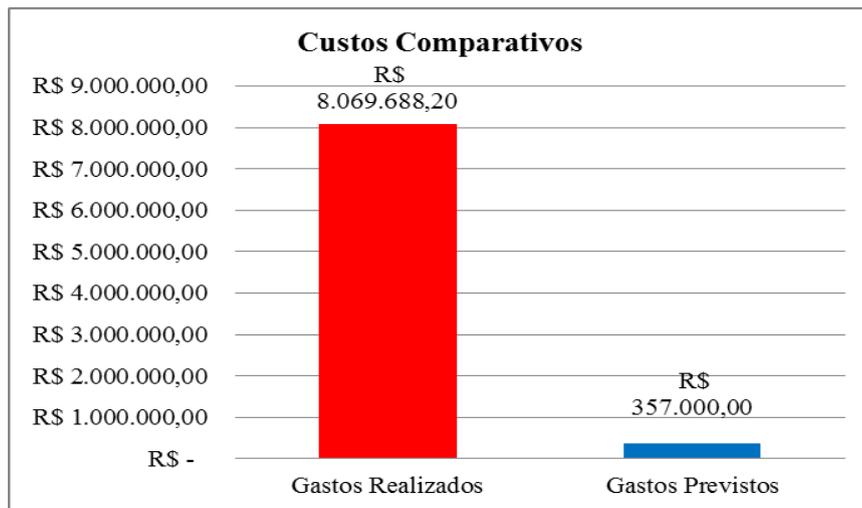
Pode-se sugerir que o impacto da gestão baseada na metodologia TPM no estudo de caso analisado mantém como base o que é citado na bibliografia por Takahashi (2013) “Em muitos casos, os custos de manutenção diminuirão 30%, enquanto o número de ocorrências inesperadas de avarias foi reduzido a um décimo dos níveis anteriores”. Os problemas com o *spindle* teria 10 vezes menos possibilidades de reincidência e caso ocorressem, os custos de manutenção seriam menores, conforme mostra a figura 5.



Fonte: Empresa Pesquisada (2020)

Ainda que este custo de manutenção com 30% de redução fosse considerado alto, temos que compará-lo ao custo de usinagem externa não planejada (54% maior que o custo interno = R\$ 69.688,20) devido à indisponibilidade da máquina e a necessidade do rápido investimento de R\$ 8.000.000,00 que a direção teve que realizar para corresponder à demanda do mercado, conforme apresentado na figura 6.

Figura 6 – Custos comparativos



Fonte: Empresa Pesquisada (2020)

Outro ponto importante em ser considerado pela falta da gestão baseado na metodologia TPM, é o *lead time* de entrega desta máquina que é de 12 meses, período esse que não atenderia a produção das turbinas de 65 MW com os custos e prazos internos, indicando uma perda de competitividade, o que poderia ser melhor planejado, sem contudo, deixar de atingir os planos estratégicos da empresa.

Devido ao conteúdo apresentado neste artigo, fica demonstrado o impacto positivo que a gestão baseada na metodologia TPM provocaria no plano estratégico da empresa deste estudo de caso. É sugestivo que as empresas também expandam seu pensamento estratégico para a área de manutenção de forma que as decisões sejam baseadas em fatos e dados, com o monitoramento e melhoria da confiabilidade do equipamento e controle dos desvios de fabricação.

REFERÊNCIAS

BORMIO, M. R. Manutenção produtiva total (TPM). 2000. Artigo científico. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/tpm.pdf>

CONTADOR, JOSÉ CELSO – Gestão de Operações e Serviços: A Engenharia de Produção a Serviço da Modernização da Empresa, São Paulo, Editora Edgard Blucher, 3ª edição, 2010.

EMPRESA PESQUISADA. Documentos internos. São Paulo, 2020.

RIBEIRO, HAROLDO – *TPM Collection* Volume 1 – TPM: Guia de Implantação, A Metodologia para o Sucesso do TPM, São Caetano do Sul, Editora PDCA, 2016.

RODRIGUES, MARCUS VINICIUS – Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas de Produção *Lean Manufacturing*, Rio de Janeiro, Editora Elsevier, 2014.

SLACK, NIGEL. CHAMBERS, STUART. JOHNSTON, ROBERT – Administração da Produção, São Paulo, Editora Atlas, 2ª edição, 2002.

TAKAHASHI, YOSHIKAZU. OSADA TAKASHI – TPM/MPT: Manutenção Produtiva Total, São Paulo, Instituto IMAM, 1993, 5ª edição, 2013.

ALEXANDRE AMARO DE MEDEIROS, VINICIUS RODRIGUES ZAMBONI,
ALESSANDRO MARCO ROSINI

TPM – TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE: A CASE STUDY OF IMPLEMENTATION IN LARGE SEGMENT COMPANY

Alexandre Amaro de Medeiros, Universidade Anhanguera de Osasco,
ale.amedeiros@yahoo.com.br

Vinicius Rodrigues Zamboni, Universidade Anhanguera de Osasco,
vinicius.rodrigues1992@hotmail.com

Prof orientador: Alessandro Marco Rosini, Universidade Anhanguera de Osasco,
alessandro.rossini@anhanguera.com

ABSTRACT

The companies are in a constant search for numerous methodologies and strategic management tools to achieve high levels of competitiveness by bringing the quality standards expected by the market with the quantitative standards that organizations should establish for such correspondence. This article addresses a common case study in companies that have a well-organized departmental structure, but without a systemic view of the key processes to meet demand, through the intervention of the tactical and operational plans to meet the company's strategic plan. The purpose of this article is to demonstrate that by managing the TPM methodology, there is an effective proposal of creating a strategic advantage over the competitors by reduction corrective maintenance, improvement of the availability of equipment, reduction of losses in several phases and areas of the production process providing the improvement of product quality.

Keywords: TPM - Total Productive Maintenance - Manegement of Maintenance.