



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**EDUARDO LIVI COSTA**

**MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NO SETOR DE FUNDIÇÃO DE  
ALTA PRESSÃO EM UMA FÁBRICA DE LOUÇAS SANITÁRIAS –  
ESTUDO DE CASO**

**Orientador: Professor Dr. Virgílio Mendonça da Costa e Silva**

**JOÃO PESSOA – PB**

**2018**

**EDUARDO LIVI COSTA**

**MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NO SETOR DE FUNDIÇÃO DE  
ALTA PRESSÃO EM UMA FÁBRICA DE LOUÇAS SANITÁRIAS –  
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba como parte das exigências à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Virgílio Mendonça da Costa e Silva

**JOÃO PESSOA – PB**

**2018**

EDUARDO LIVI COSTA

**MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NO SETOR DE FUNDIÇÃO DE  
ALTA PRESSÃO EM UMA FÁBRICA DE LOUÇAS SANITÁRIAS –  
ESTUDO DE CASO**

Aprovado por:

BANCA EXAMINADORA  
(VER ANEXO I)

---

Prof. Dr. Virgílio Mendonça da Costa e Silva  
Departamento de Engenharia Mecânica-UFPB

---

Prof. Msc. Jéssica Pederneiras Moraes Rocha  
Departamento de Engenharia Elétrica-UFPB

---

Msc. Cicero Machado  
Engenheiro Mecânico- DECA

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, Franci, Aline, Henrique, pela boa educação, apoio, dedicação e confiança em minha capacidade.

À minha namorada, Gisley, que sempre me apoiou durante os estudos.

A Deus, pela força e coragem que me deu para realizar este trabalho e não desistir diante de inúmeros obstáculos que apareceram ao longo da realização deste.

Ao Prof. Dr. Virgilio Mendonça da Costa e Silva, pela orientação, sugestões, disponibilidade em ajudar e pela contribuição importante para realização deste trabalho.

Ao meu supervisor de estágio Eng. Cicero Machado, pelas contribuições dadas durante a fase de qualificação e experimental deste trabalho.

Ao Eng. Saulo Pimentel, pela confiança em colocar o projeto TPM como minha responsabilidade na empresa.

À toda equipe da produção da fábrica que compartilharam dados de produção.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

## RESUMO

Para atender às necessidades de um mercado globalizado e exigente algumas empresas procuram adotar estratégias que resultem em aumento de produtividade, melhoria da qualidade e redução de custos. Para atingir estes objetivos a empresa a ser estudada iniciou-se o sistema de produção enxuta que possui um modelo de gestão de manutenção conhecida pela sigla TPM (*Total Productive Maintenance*), Manutenção Produtiva Total. Então alguns conceitos são apresentados, visando a evolução da manutenção e suas relações com outras ferramentas da Produção Enxuta. Também se descreve um estudo de caso conduzido em uma máquina piloto no setor de fundição à alta pressão em uma fábrica de louças sanitárias, localizada no Distrito Industrial de João Pessoa. Mostra-se o desenvolvimento da realização do trabalho na empresa, o envolvimento dos funcionários, as melhorias das condições de trabalho (ambientais, organização do trabalho e segurança) e o consequente reflexo na produção: maior produtividade. Este projeto se limita em apenas quatro de oito pilares da TPM, manutenção planejada, manutenção autônoma, melhorias de processo, treinamento e educação.

**Palavras chave:** Planejamento, Manutenção, Eficiência.

## ABSTRACT

To meet the needs of a globalized and demanding market, some companies seek to adopt strategies that result in increased productivity, improved quality and reduced costs. To achieve these goals the company to be studied started the lean production system that has a model of maintenance management known as TPM (Total Productive Maintenance), Total Productive Maintenance. Then some concepts are presented, aiming at the maintenance evolution and its relations with other Lean Production tools. Also described is a case study conducted in a pilot machine in the high pressure casting sector in a sanitary ware factory, located in the Industrial District of João Pessoa. It shows the development of work in the company, the involvement of employees, improvements in working conditions (environmental, work organization and safety) and the consequent reflection on production: greater productivity. This project is limited to only four of the eight TPM pillars, planned maintenance, stand-alone maintenance, process improvements, training and education.

**Key words:** Planning, Maintenance, Efficiency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Os oito pilares da TPM .....	20
Figura 3.1: Registros do dia 'D' (a) equipamento piloto, máquina de fundição de alta pressão (b) limpeza da máquina (c) resíduos (d) anomalias detectadas. ....	29
Figura 3.2: Tipos de etiqueta (a) etiqueta operacional (b) etiqueta da manutenção.....	30
Figura 3.3: – Cronograma de limpeza semanal.....	30
Figura 3.4: Rota de Inspeção Cadastrada no MANTEC .....	31
Figura 3.5: Identificação do Equipamento .....	32
Figura 3.6: Treinamentos para operadores e monitores .....	33
Figura 4.1: Intervenções não planejadas na alta pressão.....	34
Figura 4.2: Peça produzida pelo equipamento .....	34
Figura 4.3: Produtividade da APR 03 .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: As quatro gerações do TPM .....	19
Tabela 2.2: Etapas de Implementação da TPM.....	21
Tabela 2.3: Papéis e responsabilidades .....	24
Tabela 3.1: Plano de Inspeção Operacional – Painel Elétrico.....	32
Tabela 4.1: Comparativo de influência de antes e depois da TPM na OEE .....	36

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

TPM - Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

TQM - Total Quality Management (Gestão da Qualidade Total)

OEE - Overall Equipment Effectiveness (Eficiência Global de Equipamentos)

CTMF – Curva de Tempo Médio para Falha

TMEF – Tempo Médio Entre Falhas

PQCDSM - Production, Quality, Cost, Delivery, Safety, Morale (Produção, Qualidade, Custo, Entrega, Segurança, Moral

C10 – Modelo de colunas

APR – Alta Pressão

IC – Intervalo de Confiança

L1P – Lição de 1 Ponto

DISP - Disponibilidade

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1 DEFINIÇÕES .....	13
2.2 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO.....	13
2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO .....	14
2.3.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	15
2.3.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	15
2.3.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	16
2.3.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA .....	17
2.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	17
2.4.1 HISTÓRIA DA TPM .....	17
2.4.2 EVOLUÇÃO DA TPM .....	18
2.5 OS OITO PILARES DA TPM .....	19
2.6 IMPLANTAÇÃO DA TPM.....	21
2.7 CINCO METAS DA TPM .....	23
2.8 EFICÁCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO - OEE .....	25
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
3.1 A EMPRESA .....	27
3.2 A NECESSIDADE DA TPM NA EMPRESA .....	27
3.3 PROCEDIMENTOS REALIZADOS NA EMPRESA.....	28
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
4.1 EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO - OEE.....	34
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>38</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso visa apresentar um assunto de grande importância para as empresas, que é o programa de Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*).

A manutenção tem por objetivo manter a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, minimizando o risco de incidentes durante uma operação. A seguir é citada sua importância por Takahashi e Osada, 2010, p. 2:

“...os rádios contêm  $10^2$  peças, os televisores  $10^3$ , os automóveis, 104, um avião a jato, 105, e uma espaçonave Apollo, 106. Em um total de 500 peças, se cada uma tem um percentual de confiabilidade de 99,99% por unidade de tempo, a confiabilidade das 500 peças combinada fica reduzida a apenas 96,24%. Portanto, é imprescindível garantir que as peças sejam projetadas para serem confiáveis e que os métodos de manutenção adequados sejam acionados.” (TAKAHASHI & OSADA, 2010, P. 2).

Se a manutenção não for executada com a importância que merece, o percentual de confiabilidade das peças é reduzido, fazendo com que as possibilidades de falhas aumentem.

Conforme explica Oliveira et al (2009), a TPM é uma gestão que envolve toda a organização nas atividades de manutenção, conforme responsabilidades e posição hierárquica, incluindo, principalmente, os operadores das máquinas, passando pelos setores de apoio, até a direção. Não é apenas a gestão de manutenção que é responsável pelos cuidados que a linha precisa, os operadores contribuem com sua análise constante e conhecimento, os gestores cooperam planejando as atividades e a alocando recursos.

O programa da TPM possui oito pilares de sustentação, são princípios que quando adequadamente seguidos geram, os resultados que as empresas necessitam: qualidade, competitividade, segurança e eficiência.

As empresas podem implantar o TPM porque, no mercado atual há uma grande competitividade, logo devem inovar seus produtos e minimizar custos, para conseqüentemente, aumentar os lucros e, principalmente, atender às rápidas mudanças na demanda e nas expectativas do cliente.

É relevante maximizar os resultados da empresa por meio da eliminação das perdas, da busca até o limite máximo da eficiência dos equipamentos. Com a incorporação da TPM essas perdas podem chegar a zero.

As empresas que implantam a TPM têm obtido resultados como (*Japan Institute of Plant Maintenance – 1999*):

- Aumento da produtividade em termos de valor agregado, redução no número de manutenções não planejadas e aumento deficiência global do equipamento;
- Redução do índice de defeito no processo e aumentar o índice de aprovação do cliente;
- Redução no custo de fabricação;
- Acidentes com afastamento e poluição igual a zero.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do estudo é apresentar a teoria e os conceitos envolvidos pela Manutenção Produtiva Total. Mostrar que este sistema, quando bem aplicado, traz grandes benefícios competitivos para a empresa. Apresentar os resultados colhidos da empresa de louças sanitárias.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Análise da Manutenção Produtiva Total em um equipamento, plano piloto.
- b) Analisar os dados e resultados obtidos mediante o software de manutenção MANTEC e dados de produção, eficiência global do equipamento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. DEFINIÇÕES

De acordo com MONCHY (1987, p. 3), “o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação”. KARDEC & NASCIF (2009, p. 23) define o ato de manter ou a manutenção industrial como “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados”.

Em 1975, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, pela norma TB-116, definiu o termo manutenção como sendo o conjunto de todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição desejada. Já em 1994, a NBR-5462 trouxe uma revisão do termo como sendo a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um equipamento em um estado no qual possa desempenhar uma determinada função. (ABNT, 1994).

Existem diversas definições para a manutenção, a maioria com foco nos aspectos preventivos, detectivos, conservativos e corretivos da atividade; mas é interessante observar uma mudança recente que incluiu nos termos os aspectos humanos, de custos e de confiabilidade, como consequência do aumento da importância e responsabilidades do setor dentro das organizações.

### 2.2. HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Os estudos e as formas de aplicação da manutenção vêm mudando ao longo da história. Embora despercebida, mesmo em épocas mais remotas, a manutenção sempre existiu. (Moraes,2004) dividem a evolução da manutenção em quatro gerações:

A primeira geração é anterior a Segunda Guerra Mundial, onde a indústria era pouco mecanizada, com equipamentos simples e superdimensionados. Nessa época predominava a manutenção corretiva, pois não se fazia necessária uma manutenção sistematizada, apenas serviços de limpeza, lubrificação, reparo.

A segunda geração abrange a Segunda Guerra Mundial até os anos de 1960. Devido a grande guerra, para atender a grande demanda por todo o tipo de produto, a disponibilidade dos equipamentos deveria ser aumentada, o que exigia a manutenção preventiva, que consistia em interrupções com intervalos fixos. Houve um aumento do custo de manutenção com relação aos custos operacionais e, com isso nasceu também os chamados Sistemas de Planejamento e Controle de Manutenção.

A terceira geração é pós anos 1970 devido à utilização do conceito de produção just-in-time, onde devido aos estoques reduzidos, pequenas paradas na produção poderiam significar grandes perdas. A confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos tornaram-se mais importantes e para que isso fosse alcançado iniciou-se o processo de manutenção preditiva. O início da informática permitiu a utilização de computadores no desenvolvimento de software para planejamento e controle e acompanhamento dos serviços de manutenção. O conceito de confiabilidade começa a ser cada vez mais aplicado pela Engenharia e na Manutenção.

A quarta geração inicia-se nos 90 com disponibilidade e a confiabilidade adquirindo mais importância na manutenção. Com o objeto de intervir cada vez menos na planta, as práticas de manutenção preditiva e monitoramento de condições de equipamentos e do processo passaram a ser cada vez mais utilizadas, reduzindo dessa maneira a aplicação da manutenção preventiva e tendo a manutenção corretiva não planejada como um indicador de ineficiência. A engenharia da Manutenção consolidava suas atividades, tendo como pilares a disponibilidade, a confiabilidade e a manutenibilidade.

Segundo Kardec e Nascif (2012), a quinta geração mantém as boas práticas da quarta geração, mas focado ainda mais nos resultados empresariais e uma grande melhoria na relação entre os departamentos para garantir a gestão dos ativos. Nessa fase surge o conceito de gestão dos ativos, no qual os ativos devem produzir na sua capacidade máxima para obter o melhor retorno sobre os ativos ou retorno sobre o investimento. A manutenção preditiva ganha um foco maior nessa geração, com um monitoramento de condições on-line e off-line. A manutenção começa cada vez mais a participar nas decisões do projeto, aquisição, instalação, comissionamento e operação dos ativos. A gestão está focada na constante implementação de melhorias para redução das falhas, focando diretamente na performance dos ativos, na excelência da engenharia da manutenção, contratação de serviços de terceiros por resultados e uma consolidação da boa prática gerencial.

## 2.3. TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os tipos de manutenção são caracterizados pela maneira como é feita a intervenção no sistema. Neste trabalho, serão descritas seis práticas básicas de manutenção, consideradas nas principais literaturas. São elas: manutenção corretiva planejada e não planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção.

### 2.3.1. MANUTENÇÃO CORRETIVA

É a forma mais simples e mais primitiva de manutenção. De acordo com SLACK et al. (2002, p. 625) “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. A manutenção será realizada somente após a quebra do equipamento [...]”. Que ainda se subdivide em duas categorias: planejada e não-planejada.

- Manutenção corretiva não-planejada: a correção da falha ou do desempenho abaixo do esperado é realizada sempre após a ocorrência do fato, sem acompanhamento ou planejamento anterior. Implica em elevados custos e baixa confiabilidade de produção, gerando ociosidade e danos maiores aos equipamentos, muitas vezes irreversíveis. (OTANI & MACHADO, 2008).

- Manutenção corretiva planejada: quando a manutenção está preparada para quebra. Ocorre, por exemplo, pela decisão gerencial de operar até a falha ou em função de um acompanhamento preditivo. OTANI & MACHADO (2008, p. 4) apontam que “pelo seu próprio nome planejado, indica que tudo o que é planejado, tende a ficar mais barato, mais seguro e mais rápido”.

### 2.3.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

É a manutenção voltada para evitar que a falha ocorra, através de manutenções em intervalos de tempo pré-definidos. Segundo SLACK et al. (2002, p. 645), “visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) dos elementos em intervalos de tempo pré-planejados”.

De acordo com ALMEIDA (2000, p.3) “todos os programas de gerência de manutenção preventiva assumem que as máquinas degradarão com um quadro típico de sua classificação em particular”. Ou seja, os reparos e recondiçõamentos de máquinas, na

maioria das empresas, são planejados a partir de estatísticas, sendo a mais largamente usada a curva do tempo médio para falha – CTMF (ALMEIDA, 2000).

O grande problema deste tipo de abordagem, no entanto, é basear-se em estatísticas para programação de paradas sem, no entanto, avaliar as variáveis específicas da planta que afetam diretamente a vida operacional normal do equipamento.

ALMEIDA (2000, p.3) cita que “o tempo médio entre as falhas (TMEF) não será o mesmo para uma bomba que esteja trabalhando com água e bombeando polpas abrasivas de minério”. Tais generalizações são as principais responsáveis pelos dois problemas mais comuns ao se adotar a manutenção preventiva: reparos desnecessários ou bastante antecipados e falhas inesperadas (ALMEIDA, 2000).

No primeiro caso, sendo realizado o reparo muito antes do necessário, desperdiçando recursos. Já no segundo caso, o mais crítico, apesar dos esforços para prevenir a falha, esta acabou acontecendo, associando gastos preventivos aos corretivos que, conforme mostrado anteriormente, são bem maiores.

### 2.3.3. MANUTENÇÃO PREDITIVA

É a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, visando definir o instante correto da intervenção, com o máximo de aproveitamento do ativo (OTANI & MACHADO, 2008).

Segundo ALMEIDA (2000, p. 4): “(...) trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global de nossas plantas industriais de manufatura e de produção”. Isso porque tal abordagem se utiliza de ferramentas mais efetivas para obter a condição operativa real dos sistemas produtivos, ou seja, consegue fornecer dados sobre a condição mecânica de cada máquina, determinando o tempo médio real para falha. Portanto, todas as atividades de manutenção são programadas em uma base “conforme necessário”.

ALMEIDA (2000, p. 4) ainda destaca a diferença mais substancial entre a manutenção corretiva e a preditiva:

“(…) Talvez a diferença mais importante entre manutenção corretiva e preditiva seja a capacidade de se programar o reparo quando ele terá o menor impacto sobre a produção. O tempo de produção perdido como resultado de manutenção corretiva é substancial e raramente pode ser recuperado. A maioria

das plantas industriais, durante períodos de produção de pico, operam 24 horas por dia. Portanto, o tempo perdido de produção não pode ser recuperado.”

#### 2.3.4. MANUTENÇÃO DETECTIVA

O termo manutenção detectiva vem da palavra “detectar” e iniciou-se a análise a partir dos anos 90. O objetivo da prática desta política é aumentar a confiabilidade dos equipamentos, haja vista, é caracterizada pela intervenção em sistemas de proteção para detectar falhas ocultas e não perceptíveis ao pessoal da operação (SOUZA, 2008).

Portanto, a manutenção detectiva é especialmente importante quando o nível de automação dentro das indústrias aumenta ou o processo é crítico e não suporta falhas.

#### 2.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

Como explicado por Nascimento (2006), esta gestão visa melhorar desempenho e a produtividade dos equipamentos de uma fábrica. Todos os funcionários na fábrica, em qualquer nível, devem se envolver na cultura e nas atividades; por isso da palavra Total em seu nome.

Segundo Jesus (2012), é um método de gestão de manutenção proposto por Seiichi Nakajima, que tem sido implementado de um modo crescente desde o ano de 1971.

##### 2.4.1 HISTÓRIA DA TPM

A história da TPM está relacionada diretamente à situação de recuperação econômica do Japão do pós-guerra e sua cultura de prosperidade.

Este fato é melhor explicado por Kardec e Nascif (2009) no trecho a seguir:

“Com o final da Segunda Guerra mundial, as empresas japonesas obrigadas pela necessidade urgente e por metas governamentais agressivas de reconstrução do país, tornaram-se fiéis seguidoras das técnicas americanas de gestão e de produção. A partir de 1950 deixaram de utilizar somente a política de Manutenção Corretiva de Emergência e deram início a implementação dos conceitos de Manutenção Preventiva baseada no tempo, aos quais se agregaram posteriormente os conceitos de Manutenção do Sistema de Produção, de Manutenção Corretiva de Melhorias, de Prevenção da Manutenção e de

Manutenção Produtiva que buscavam a maximização da capacidade produtiva dos equipamentos

Segundo Kardec e Nascif (2009), a TPM nasceu na Nippon Denso KK, uma das empresas do grupo Toyota, e, em 1971, recebeu o prêmio TPM, destinado a empresas que se destacaram na condução desse programa. A TPM pode ser considerada como uma evolução da manutenção preventiva.

#### 2.4.2 EVOLUÇÃO DA TPM

De acordo com Moraes (2004), quando este sistema surgiu seu foco era maximizar sua eficácia dos equipamentos da indústria, evitando perdas por falhas. O responsável era o setor que a máquina estava vinculada. Assim descreve-se a primeira geração da TPM.

Conforme o mesmo autor, a segunda geração deu-se na década de 80 e, ao invés de apenas buscar a eliminação das perdas por falhas, visava às seis perdas nos equipamentos; perda por quebra ou falha, perda por defeitos no processo e perda no início da produção, perda por operação em vazio e pequenas paradas, perda por velocidade reduzida, perda por preparação e ajuste.

A terceira geração iniciou-se na década de 90 sendo mais abrangente que as duas anteriores. Além de perseguir a eficiência do maquinário, podendo englobar mais tipos de perdas de acordo com Moraes (2004):

- As oito perdas ligadas aos equipamentos, que podem ser por problemas de instalação e configuração, por mudanças de elementos mecânicos, tempo de start up para produção, quebra ou falha, por pequenas paradas, por velocidade inferior da nominal, por defeitos e retrabalhos e até perda por tempo ocioso.
- As cinco perdas ligadas às pessoas, que são perdas por mobilidade operacional, perda por logística, perdas por desorganização da linha, perda por falta calibração dos equipamentos e falhas de gestão dos recursos.
- As três perdas ligadas aos recursos físicos de produção, que podem ser perdas por falha de energia, perdas troca de matrizes, ferramentas e perda de tecnologia.

De acordo com Moraes (2004), a quarta geração da TPM é percebida nos anos 2000 e prega que toda a organização deve se comprometer com as atividades de manutenção e eliminação de perdas. Isto inclui setores antes não citados, como o comercial, de pesquisa e desenvolvimento. E, a eliminação das grandes perdas entre processos, inventários, distribuição e compras.

A tabela 2.1 resume as quatro gerações e suas características:

Tabela 2.1: As quatro gerações do TPM

	<b>1ª Geração</b> <b>1970</b>	<b>2ª Geração</b> <b>1980</b>	<b>3ª Geração</b> <b>1990</b>	<b>4ª Geração</b> <b>2000</b>
<b>Estratégia</b>	Máxima eficiência dos Equipamentos		Produção e TPM	Gestão e TPM
<b>Foco</b>	Equipamento		Sistema de produção	Sistema geral da empresa
<b>Perdas</b>	Perda por falhas	Seis principais perdas nos equipamentos	Dezesseis perdas (equipamentos, fatores humanos e recursos na produção)	Vinte perdas (processos, inventário, distribuição e compras)

Fonte: Palmeira (2002)

## 2.5 OS OITO PILARES DA TPM

Este sistema de gestão requer o envolvimento de gestores e direção na sua implantação e execução, cada qual contribuindo conforme sua capacidade.

Cada organização possui sua característica individual, porém, os pilares de sustentação são princípios que, quando respeitados, possibilitam adquirir resultados expressivos. Antes de apresentar como implementar esta gestão, é necessário conhecer os pilares fundamentais.

Abaixo estão descritos os oito pilares de acordo com Nakajima (1989) e Palmeira (2002) (MORAES, 2004).

- 1) **Pilar da Manutenção Planejada:** trata-se das rotinas de manutenção preventiva planejadas. Tem por objetivo a melhoria contínua da disponibilidade, a confiabilidade, a redução de custos e intervenções não planejadas.
- 2) **Pilar da Manutenção Autônoma:** Refere-se aos treinamentos teóricos e práticos que são ministrados aos operadores capacitando-os para atividades referentes à

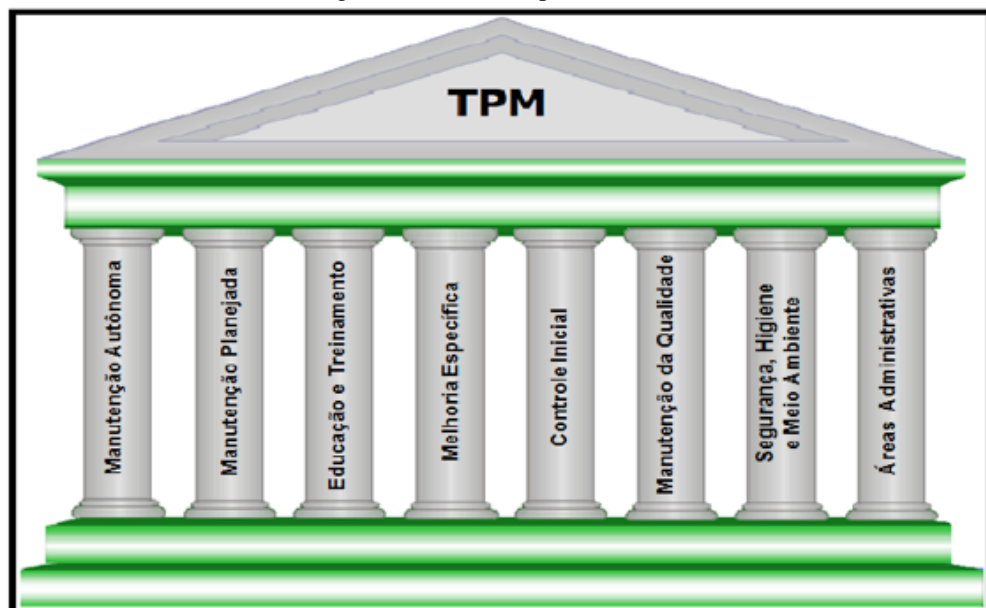
manutenção e incrementando melhorias;

- 3) **Pilar do Treinamento e Educação:** refere-se à aplicação de treinamentos técnicos e comportamentais para liderança, a autonomia das equipes;
- 4) **Pilar da Melhoria Focada ou Específica:** Refere-se à manutenção corretiva de melhorias para eliminar perdas crônicas relacionadas ao equipamento;
- 5) **Pilar de Controle Inicial:** Referente à prevenção da manutenção. O projeto de um novo equipamento deve levar em consideração o histórico de manutenção e a experiência dos funcionários que o vão reparar e operar.

Deve-se projetar maquinário já analisando formas mais fáceis de operar e facilitar a intervenções do que outras máquinas que possuem a mesma função;

- 6) **Pilar da Manutenção da Qualidade:** relaciona-se com a qualidade dos produtos e disponibilidade para uso e disponibilidade de equipamentos com confiabilidade;
- 7) **Pilar da Melhoria dos Processos Administrativos:** Os processos de gestão interferem diretamente na eficiência e produtividade das atividades operacionais. O objetivo deste pilar é aprimorar e reduzir seus desperdícios, conhecido como TPM de escritório.
- 8) **Pilar da Segurança, Saúde e Meio Ambiente:** foca na melhoria contínua das condições de trabalho da redução dos riscos de segurança, saúde e ambientais;

Figura 2.1: Os oito pilares da TPM



Fonte: Camargo (2012)

## 2.6 IMPLANTAÇÃO DA TPM

Segundo Cruz (2005), a maioria dos autores considera de grande importância a introdução da TPM nas empresas, sendo que os benefícios virão somente se todos os funcionários realizarem suas devidas responsabilidades.

Basicamente a implantação deve seguir as algumas atividades citadas brevemente expostos na tabela 2.2, as quais devidamente instaladas englobam os oito pilares da TPM.

Tabela 2.2– Etapas de Implementação da TPM

	Etapas	Conteúdo
Preparação	1- Declaração oficial da decisão pela Diretoria pela implementação do TPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de todos os meios de comunicação disponíveis</li> </ul>
	2- Educação, treinamento e divulgação do início da implementação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminários para gerência média/alta</li> <li>• Vídeos para os operadores</li> </ul>
	3- Estruturação das equipes de multiplicação e implementação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificação das lideranças e montagem dos comitês</li> </ul>
	4- Estabelecimento da política básica e metas do TPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificação das grandes perdas e definição dos índices relativos ao PQCDMS</li> </ul>
	5- Elaboração do plano diretor para implementação do TPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detalhamento do plano</li> </ul>
Introdução	6- Lançamento do projeto empresarial TPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convite a fornecedores, clientes e empresas afiliadas</li> </ul>
Implantação	7- Sistematização para melhoria do rendimento operacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporação das melhorias específicas</li> <li>• Condução da manutenção preventiva e autônoma</li> <li>• Educação e treinamento em cascata de todos os envolvidos com foco na autonomia operacional</li> </ul>
	8- Gestão antecipada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenção da manutenção com o controle da fase inicial dos equipamentos e do custo</li> </ul>

		do ciclo de vida. Eliminar perdas crônicas
	9- Manutenção da Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>Foco nas eliminação das falhas frequentes e ocultas no processo que afetem a qualidade do produto</li> </ul>
	10- Melhoria dos processos administrativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>TPM de escritório, desburocratizando processos administrativos com base na sistemática da TPM de eliminação de perdas</li> </ul>
	11- Segurança, Saúde e Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ações e recuperação e prevenção de riscos ambientais, saúde e segurança dos operadores</li> </ul>
Consolidação	12- Aplicação total do TPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtenção de resultados que demonstrem o alcance e a manutenção da excelência em TPM</li> <li>Candidatura ao Premio de excelência do JIPM</li> </ul>

Fonte: Nakajima, 1989, p. 47 e Palmeira, 2002, p. 103

O primeiro passo, segundo Suzuki (1994), a alta direção deve divulgá-lo para todos na empresa e oficializa-lo.

O segundo passo, de acordo com Palmeira (2002), deve haver o planejamento e a execução dos treinamentos, a sensibilização dos trabalhadores para cumprirem com suas responsabilidades e o endomarketing.

Segundo Suzuki (1994), o terceiro passo consiste na formação de pequenos grupos dentro da organização com o objetivo de distribuir as diretrizes e as políticas da alta direção por toda empresa. Deverá também ser formada uma equipe facilitadora para o programa que dará apoio aos grupos citados anteriormente, preparar o plano mestre da TPM e coordenar sua execução, preparar seminários sobre o tema e organizar publicidade.

Segundo Nakajima (1989), a quarta etapa é o estabelecimento da diretriz básica e a definição das metas a serem atidas. Os objetivos devem ser concretos, com significado claro para “O que?”, “Quando?” e “Como?”. Os diversos setores ou grupos da empresa devem analisar as variáveis que mais contribuem para seus resultados.

A quinta etapa estabelece a implantação do plano mestre abrangendo os principais eventos da implantação do programa. Este plano deve ser revisto periodicamente com o objetivo de não deixá-lo se defasar e evitar impasses.

O sexto passo inicia-se das atividades propriamente ditas. Geralmente as empresas organizam um momento solene e convidam fornecedores e parceiros, convencendo-os da seriedade que esta sistemática deve ter. A partir desta ocasião, os funcionários devem começar a trabalhar pela eliminação das grandes perdas.

Na sétima etapa, tem-se a implantação de quatro dos oito pilares da TPM, Melhoria Específica, Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada e Educação e Treinamento. Persegue-se como resultado a redução do custo e melhoria da qualidade.

De acordo com Suzuki (1994), o oitavo passo tem por objetividade, ao longo da vida do equipamento, prevenir a manutenção. Isso é feito pela influência dos técnicos de produção e manutenção durante a fase de projeto do produto e do equipamento.

O nono passo é ter um controle nos componentes críticos que afetam na segurança, parada de equipamento e, principalmente, na qualidade do produto.

Ainda segundo o autor, no décimo passo, as áreas administrativas e de apoio tem impotência na condução das atividades para torna-las eficiente. Os conhecimentos devem ser compartilhados em momentos oportunos e com qualidade. A TPM nessas áreas propõe-se regularizar fluxograma de trabalho, coletar dados, processá-los e compartilhar informações.

O décimo primeiro passo, de acordo o mesmo autor, a segurança, a prevenção de acidentes e a higiene são fatores de grande importância nas indústrias. As ações nessas áreas se promovem sistematicamente como parte das ações da TPM.

E, no décimo segundo passo, é necessário manter a cultura forte na empresa e os funcionários motivados para perseguir novos objetivos. O programa TPM deve manter-se engajado aos esforços estratégicos da associação que proporciona sua sobrevivência e rentabilidade.

## 2.7 CINCO METAS DA TPM

A TPM tem com objetivo estabelecer boa prática de manutenção na produção por meio de perseguição das “cinco metas da TPM”. Seguem abaixo de acordo com Slack et al (2008).

1. **Melhorar a eficácia dos equipamentos:** Análise de todas as perdas que ocorrem, examinando como as instalações estão contribuindo para eficiência da produção.
2. **Realizar manutenção autônoma:** Delegar aos operadores da máquina parte das atividades de manutenção. Da mesma forma que o pessoal da manutenção deve se sentir

responsável por parte das melhorias da produção e pela melhoria do desempenho da manutenção. Assim aumentando a disponibilidade de recursos da manutenção para executar atividades mais complexas.

3. **Planejar a manutenção:** as atividades de manutenção no equipamento devem ser planejadas conforme planos de inspeção e lubrificação, dividindo-se em diária, semanal e mensal, são responsabilidades das equipes de manutenção e operação, os padrões da manutenção preditiva e o nível de manutenção preventiva de cada componente do equipamento. O quadro 3 mostra as divisões das responsabilidades.
4. **Treinar todo o pessoal em habilidades relevantes de manutenção:** é necessário que ambas as equipes de manutenção e produção tenham treinamento técnico e específicos para lidar adequadamente com funcionamentos e como executar os devidos reparos dos equipamentos. É de extrema importância para a TPM ênfase nos treinamentos que devem ser contínuos.
5. **Conseguir gerir os equipamentos logo no início:** permitir que o corpo técnico da manutenção e operação influenciam desde o projeto do equipamento. Desta forma, é possível fazer a prevenção de manutenção considerando as causas de falhas e a manutenibilidade durante a etapa de projeto.

Para atingir estes objetivos cada equipe deve cumprir com seus papéis e responsabilidades, conforme apresentado na tabela 2.3.

Tabela 2.3: Papéis e responsabilidades

	Equipe da manutenção	Equipe da operação
Papéis	Para desenvolver: - ações preventivas - manutenção corretiva	Para assumir: - domínio das instalações - cuidado com as instalações
Responsabilidades	- Treinar os operadores - Planejar a prática de manutenção - Solução de problemas - Avaliar a prática operacional	- Operação correta - Manutenção; preventiva de rotina; - Detecção dos Problemas;

Fonte: Slack et al, 2008, p. 649

## 2.8. EFICÁCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO - OEE

Para melhor entendimento do significado dos resultados alcançados e o que significa em relação à TPM, é necessário a apresentação deste tópico esclarecendo um importante indicador: OEE - Overall Equipment Effectiveness.

Conforme Santos e Santos (2007), Nakajima foi quem apresentou o OEE. Este indicador tem um importante atribuição na avaliação da eficiência dos equipamentos. Sendo possível utilizá-lo para mensurar os resultados obtidos pela filosofia TPM

De acordo com Hansen (2002), após a implantação da TPM na década de 80, a manutenção tornou-se a principal responsável para melhoria do OEE.

Segundo Barros (2009), a eficiência global pode mensurar a eficiência pontuais de equipamentos e até mesmo de uma planta fabril.

De acordo com Nakajima (1988), o OEE resulta no produto de três fatores, disponibilidade, desempenho e qualidade. conforme a equação:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Qualidade} \times \text{Desempenho} \quad (\text{EQ.1})$$

Segundo Zuashkiani (2011), disponibilidade é o tempo planejado para produzir versus o que o equipamento realmente esteve disponível para produzir. O desempenho é mensurado pela velocidade que a máquina operou durante o tempo de produção planejada em relação a sua capacidade nominal. A qualidade é a taxa de produtos dentro dos parâmetros determinados.

A manutenção afeta o índice de OEE diretamente e por isso, segundo Zuashkiani (2011), deixou se ser vista como custo e sim como investimento. O desempenho interfere por qualquer intervenção não planejada. A qualidade é traduzida pelo estado em que se encontra a máquina, defeitos devido equipamentos desgastados. A disponibilidade aumenta ou diminui conforme a gravidade das falhas e a eficiência dos recursos de manutenção para resolvê-las.

Para Nakajima (1989) 85% é uma meta ideal a ser estabelecida para os equipamentos. Este nível foi estabelecido pelo próprio autor baseado em seus experimentos. Portanto, vale salientar que este indicador pode atuar em todos os níveis da produção. Servindo a forma mais abrangente para realização de benchmarking e mostrando o desempenho das unidades industriais. Calculando o OEE isoladamente para os equipamentos pode-se determinar os pontos mais críticos para maior dedicação dos recursos da TPM.

A disponibilidade é a porcentagem de tempo em que um equipamento está disponível para exercer a sua função, excluindo o tempo em que esteve parado para manutenção ou por outro motivo qualquer. Este indicador apresenta algumas dificuldades no que diz respeito ao que deve ou não ser considerado na sua determinação, pois envolve diretamente áreas que utilizam equipamentos com vista à obtenção de benefícios, ou seja, áreas de produção.

$$DISP\% = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (\text{EQ. 2})$$

O índice de performance representa a porcentagem da velocidade de produção com relação a velocidade nominal, ou seja, velocidade de produção atual em relação a velocidade com que o equipamento produziu e foi projetado para tal. Alguns fatores que impactam diretamente na performance são: ineficiência dos operadores, materiais fora de especificação e falta de treinamento dos funcionários.

$$DESEMPENHO \% = \frac{PRODUÇÃO REAL}{PRODUÇÃO TEÓRICO} \quad (\text{EQ. 3})$$

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso da aplicação da TPM em uma manufatura de louças sanitária, localizada em João Pessoa, Paraíba, Brasil.

#### 3.1 A EMPRESA

A empresa analisada é do ramo cerâmico, produz louças sanitárias bem como, bacias, colunas, lavatórios e caixas. A preocupação é alta com o aprimoramento contínuo, qualidade de seus produtos e investimento em tecnologia, como forma de melhorar a qualidade, custo, refletindo na satisfação de seus clientes.

A mesma atende a diversos mercados, incluindo instituições de metais, madeiras e louças sanitárias, mas a unidade de estudo apenas louças sanitárias.

A grande preocupação com a qualidade dos produtos e a segurança dos clientes, pelo importante motivo de se fabricar produtos hidro sanitários. Por isso, iniciativa de melhoria continua são adotadas, como, TPM, Lean Manufacturing.

#### 3.2 A NECESSIDADE DA TPM NA EMPRESA

A decisão de implantar a TPM surgiu em virtude da alta competição do mercado e da necessidade de minimizar os custos de produção e aumentar a produtividade. Este esforço conduziu a permitiu localizar vários pontos de perdas, que não eram tratadas sistematicamente e que, devidamente controladas, podem ocasionar ganhos competitivos.

As perdas que eram vistas como normais pela produção e que prejudicavam a eficiência foram sendo eliminadas. Quebra de equipamentos, pequenas avarias e paradas, não acompanhamento de índices de desempenho, falta de instrumentos para detecção das causas das falhas, itens entregues fora do prazo e em quantidades incorretas, com total desconexão entre qualidade e desempenho são apenas alguns exemplos.

Pelas análises da empresa, a TPM surgiu como uma opção viável de solução desses problemas citados, tendo em vista resultados obtidos em outras plantas do grupo.

A gestão da TPM começou a ser implantada na empresa em meados de maio de 2017, houve treinamentos e apresentações. Para de fato fazer com que os operadores assimilassem o pilar da “Manutenção Autônoma”, foi desenvolvido um roteiro explicativo orientando passo a passo os pontos que poderiam ser feito um check list e manutenção pelos operadores.

Também foi separado um momento durante a semana e ao final dos turnos para execução dessas atividades.

Atualmente a TPM faz-se presente na rotina da empresa, é um trabalho de aperfeiçoamento e aprendizagem contínuos.

Mas vale ressaltar que é um programa que para dar certo necessita do envolvimento de toda a empresa e reforçar que não é apenas um sistema envolvendo apenas o setor da manutenção que inicialmente houve este preconceito.

Para o projeto da empresa foram adotados apenas quatro pilares da TPM, manutenção autônoma, manutenção planejada, melhorias específicas, educação e treinamento. Outros pilares não são aplicados diretamente pela TPM devido outros projetos já existentes no grupo, por exemplo, STOP projeto de segurança e saúde do trabalho, projeto Jeito de Ser e Fazer, atuando diretamente em pontos administrativos.

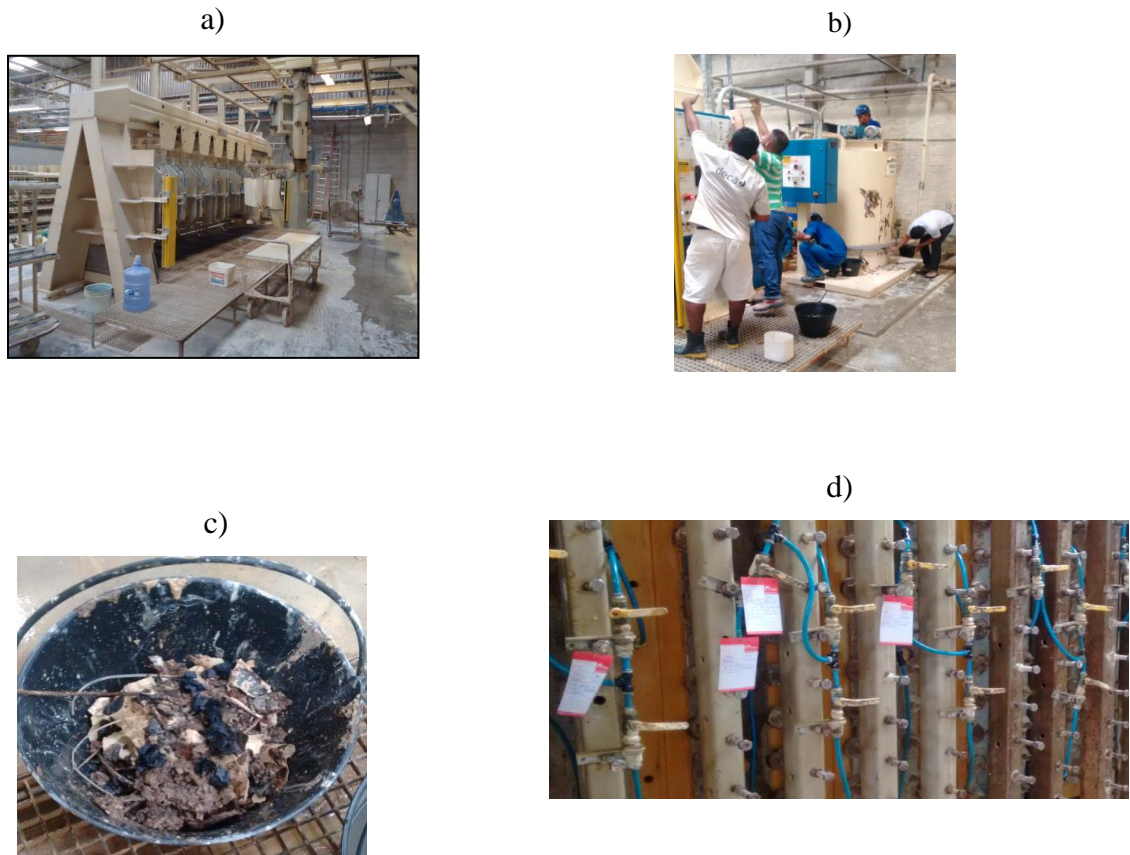
### 3.3 PROCEDIMENTOS REALIZADOS NA EMPRESA

Implantação do TPM na empresa iniciou-se em maio de 2017 com apresentação do projeto pelo gerente industrial para monitores, supervisores e coordenadores da produção e manutenção da planta, onde foi determinado o Dia “D”.

No Dia “D” a máquina de fundição de alta pressão foi parada para a equipe de mecânicos e operadores realizarem a limpeza e eliminar pontos de causadores de resíduos e perdas. Também foram anotadas 45 etiquetas vermelhas (atividade que deve ser realizada por mecânico) de anomalias. Após o Dia “D” foram detectadas mais 20 anomalias.

Na figura 3.1 apresenta as atividades registradas no Dia “D” (a) equipamento piloto, máquina de fundição de alta pressão (b) limpeza realizada pela equipe da produção e mecânica (c) resíduos retirados da máquina piloto (d) anomalias detectadas.

Figura 3.1: Registros do dia 'D' (a) equipamento piloto, máquina de fundição de alta pressão (b) limpeza da máquina (c) resíduos (d) anomalias detectadas.

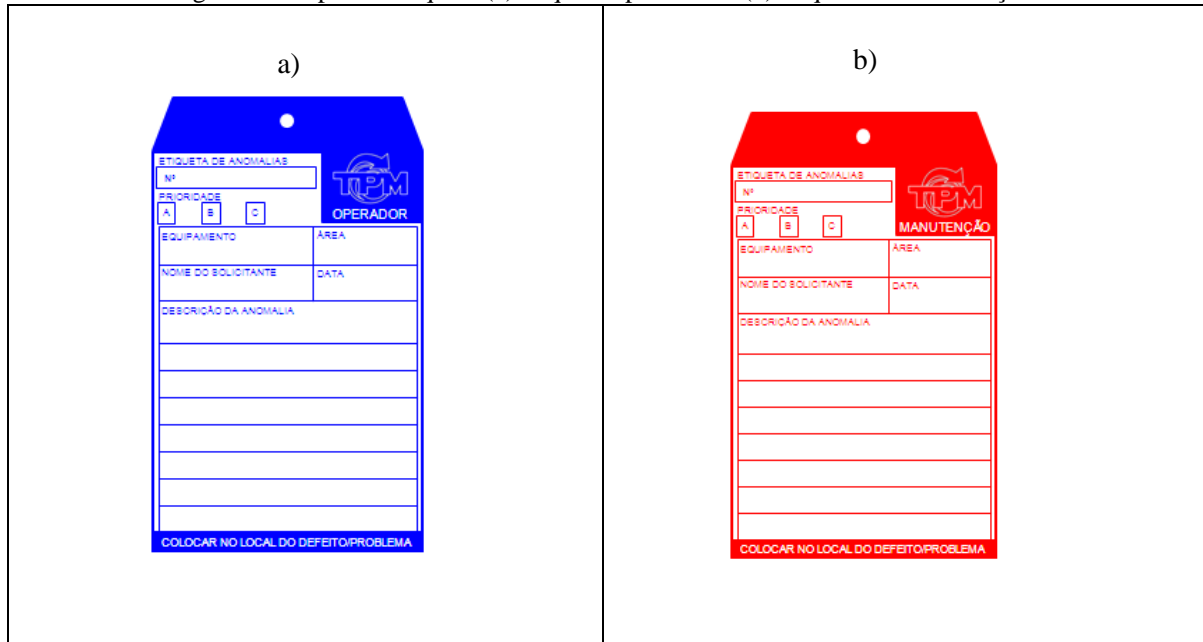


Fonte: Produzida pelo autor (2017)

A TPM já inclui dois tipos de etiquetas as vermelhas, manutenção que deve ser realizada pela equipe de manutenção, etiquetas azuis são as intervenções que devem ser realizadas pelo operador da máquina. Assim toda vez que for identificada alguma falha deve-se classificar e destacar com etiquetas até a solução do defeito. Todos os funcionários foram treinados para preenchimento das mesmas.

Na figura 3.2 a seguir, apresenta o dois tipos de etiquetas (a) etiqueta para atividades autônomas (b) etiqueta para atividades da manutenção.

Figura 3.2: Tipos de etiqueta (a) etiqueta operacional (b) etiqueta da manutenção.

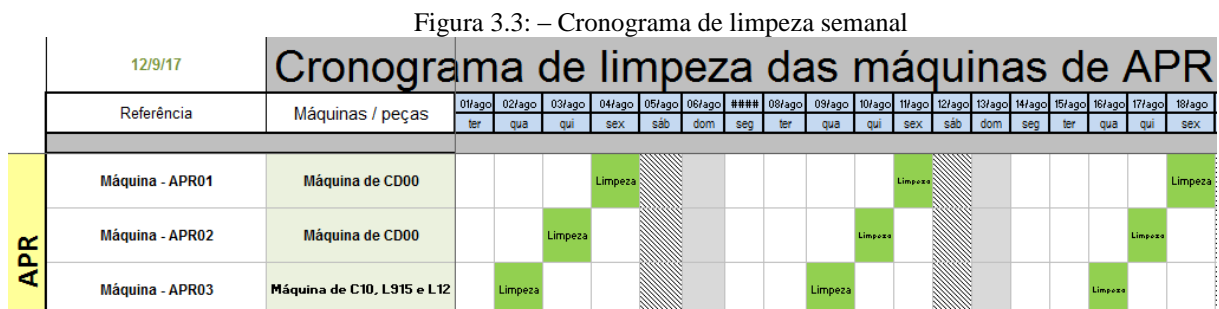


Fonte: Produzidas pelo Autor (2017)

Após as fichas anotadas lançou-se as pendências no software de manutenção, MANTEC, onde verificou-se que o cadastro da máquina estava muito enxuto, então realizou-se o cadastro de outros pontos de manutenção.

Feito o cadastro e levantamento de etiquetas a equipe de planejamento de manutenção programou as atividades para eliminar as anomalias.

Implantou-se um sistema de controle genérico de limpeza operacional semanal, apresentado na figura 3.3 a seguir:



Fonte: Produzida pelo autor (2017)

Para o pilar de manutenção planejada criou-se uma rota de inspeção que deve ser realizada pelo mecânico da área, porém a rota de inspeção do operador é atualizada manualmente no Excel, um dos próximos passos é realizar este cadastro de atividades operacionais no mantec.

Na figura 3.4 há o plano de inspeção do setor, onde relaciona a tarefa a ser realizada em determinado ponto.

Figura 3.4: Rota de Inspeção Cadastrada no MANTEC

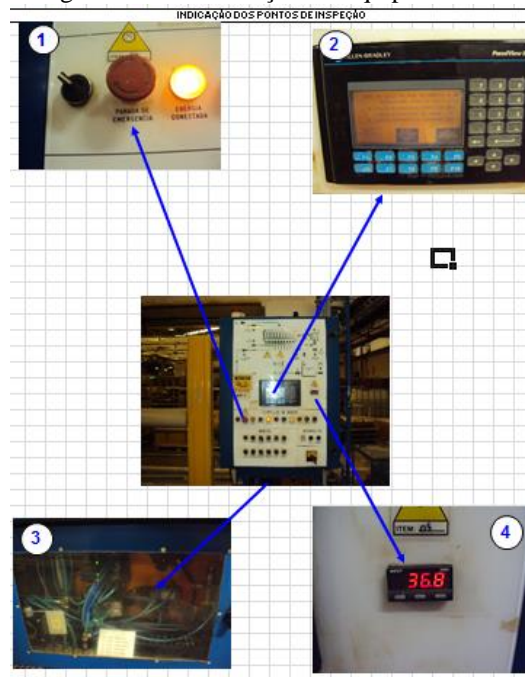
	Equipamento	Tarefa	Ponto	Set	Tipo
1	T APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
2	T APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
3	T APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
4	T APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
5	T APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	Verificar	BOTÕES DE	FUNCIONAMENTO	Tarefa
6	T APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	Verificar	ILUMINAÇÃO	FUNCIONAMENTO	Tarefa
7	T APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	Verificar	VENTILADORES	FUNCIONAMENTO	Tarefa
8	T APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	Verificar	SIST.	FUNCIONAMENTO	Tarefa
9	T APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	Verificar	SIST.	FUNCIONAMENTO	Tarefa
10	T APR02 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 02	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
11	T APR02 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 02	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
12	T APR02 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 02	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
13	T APR02 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 02	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
14	T APR02 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 02	Verificar	BOTÕES DE	FUNCIONAMENTO	Tarefa
15	T APR02 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 02	Verificar	ILUMINAÇÃO	FUNCIONAMENTO	Tarefa
16	T APR02 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 02	Verificar	VENTILADORES	FUNCIONAMENTO	Tarefa
17	T APR02 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 02	Verificar	SIST.	FUNCIONAMENTO	Tarefa
18	T APR02 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 02	Verificar	SIST.	FUNCIONAMENTO	Tarefa
19	T APR03 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 03	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
20	T APR03 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 03	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
21	T APR03 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 03	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
22	T APR03 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 03	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
23	T APR03 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 03	Verificar	BOTÕES DE	FUNCIONAMENTO	Tarefa
24	T APR03 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 03	Verificar	ILUMINAÇÃO	FUNCIONAMENTO	Tarefa
25	T APR03 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 03	Verificar	VENTILADORES	FUNCIONAMENTO	Tarefa
26	T APR03 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 03	Verificar	SIST.	FUNCIONAMENTO	Tarefa
27	T APR03 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 03	Verificar	SIST.	FUNCIONAMENTO	Tarefa
28	T APR04 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 04	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
29	T APR04 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 04	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
30	T APR04 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 04	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
31	T APR04 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 04	Verificar	Barreira de luz	FUNCIONAMENTO	Tarefa
32	T APR04 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 04	Verificar	BOTÕES DE	FUNCIONAMENTO	Tarefa
33	T APR04 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 04	Verificar	ILUMINAÇÃO	FUNCIONAMENTO	Tarefa
34	T APR04 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 04	Verificar	VENTILADORES	FUNCIONAMENTO	Tarefa
35	T APR04 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 04	Verificar	SIST.	FUNCIONAMENTO	Tarefa
36	T APR04 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 04	Verificar	SIST.	FUNCIONAMENTO	Tarefa

Fonte: Produzida pelo Autor (2017)

Pilar de manutenção autônoma determinou-se as atividades operacionais bem como, limpeza geral da máquina, reaperto de parafusos, troca de válvulas de ar, troca de mangueiras, lubrificação, além de acompanhamento da equipe de mecânicos durante as trocas dos moldes quando necessário.

Para inspeção operacional usou-se adesivos indicando o tipo de inspeção que deve ser realizada seja ela, auditiva, visual, tátil, o mesmo foi usado para lubrificação através de pulverização de óleo e bombeamento de graxa. Na planilha de Excel disponibilizada para os operadores especifica como deve funcionar o equipamento e qual manutenção deve ser feita caso apresente falha conforme apresentada na figura 3.5 e na tabela 3.1.

Figura 3.5: Identificação do Equipamento



Fonte: Produzida pelo Autor (2017)

Tabela 3.1: Plano de Inspeção Operacional – Painel Elétrico

Nº	Descrição da atividade	Padrão Esperado	Ação	LIP (LIÇÃO 1 PONTO)	Método	Tempo (min)
1	Verificar o funcionamento do botão de emergência. Após a verificação fazer a limpeza do mesmo OBS: fazer teste funcional no botão de emergência	Funcionando Normalmente	Caso não esteja comunicar chefia	Não Necessita	 	3 min
2	Verificar estado geral da Tela do painel elétrico e fazer a limpeza do mesmo	Todos recursos funcionando	Qualquer defeito avisar a supervisão	Não Necessita	  	3 min
3	Verificar vazamento de ar no painel das válvulas pneumáticas e fazer a limpeza do painel de visualização	Limpo e não tendo vazamento de ar	Qualquer defeito avisar a supervisão	Não Necessita	  	3 min
4	Verificar temperatura de massa na rede e limpar se necessário o mesmo	Funcionando Normalmente	Estiver apagado chamar a supervisão	Não Necessita	 	3 min

Fonte: Produzida pelo Autor

Pilar de melhorias específicas determinou-se o fluxo de processo, acompanhamento, análise de ciclo de produção diário durante 6 meses e análise da capacidade da linha/máquina.

Pilar de treinamento e educação determinou-se alguns equipamentos que seria importante os operadores e monitores adquirirem maior conhecimento sobre o funcionamento e manutenção do mesmo, pois inicialmente os pedidos de trabalho eram solicitados de forma vaga, muitas vezes com observações da seguinte forma: problema na bomba pneumática de alta pressão. O que causava dificuldades para atuar de forma direta na falha, pois a equipe de manutenção se deslocava até o local para analisar a falha e solucioná-la. Atualmente os pedidos de trabalho estão sendo preenchido de forma correta com alto índice de detalhes, reduzindo o tempo de manutenção do equipamento, isto é realizando quando o operador não está apto para realizar a manutenção.

Na figura 3.6 apresenta o cronograma de treinamentos realizados para os operadores e monitores:

Figura 3.6: Treinamentos para operadores e monitores

APR / 2017

<b>DATA E HORA</b>	<b>QUEM</b>	<b>TREINAMENTO</b>
03/08/2017 13:30	Daniel	Motor elétrico
08/08/2017 13:30	Daniel	Sensores elétrico
10/08/2017 13:30	Anderson	Motor hidráulico
15/08/2017 13:30	Cicero	Unidade hidráulica
17/08/2017 13:30	Eduardo	Leitura e interpretação de manômetro análogos
22/08/2017 13:30	Marcos	Bomba de alta pressão
24/08/2017 13:30	Eduardo	Bomba pneumática de duplo diafragma
29/08/2017 13:30	Cicero	Válvula borboleta pneumática - TPC
31/08/2017 13:30	Eduardo	Cilindros pneumáticos
05/09/2017 13:30	Eduardo	Válvula pneumática
07/09/2017 13:30	Eduardo	Válvulas direcionais I

Fonte: Produzida pelo Autor (2017)

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO - OEE

No levantamento de intervenções no setor da alta pressão de colunas do mês de agosto foram constatadas apenas três atividades que não foram programadas enquanto em outras que ainda não se aplica a TPM o número de intervenções foram maiores, pode-se analisar na figura 4.1 a seguir:

Figura 4.1: Intervenções não planejadas na alta pressão

ALTA PRESSÃO	APR03 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 03	EDDANQUE	08/08/2017 929 - Regular molde de resina de número 3
ALTA PRESSÃO	APR - ALTA PRESSÃO	AVSANTOS	12/08/2017 1026 - Regulagem das ventosas da APR01.
ALTA PRESSÃO	APR - ALTA PRESSÃO	AVSANTOS	12/08/2017 1027 - desobstrução da mangueira da massa.
ALTA PRESSÃO	APR03 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 03	EDDANQUE	16/08/2017 1096 - Confeccionar 5 gabarito do L915
ALTA PRESSÃO	APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	EDDANQUE	16/08/2017 1098 - Regulagem do 1º e 2º molde de resina
ALTA PRESSÃO	APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	EDDANQUE	18/08/2017 1167 - Substituir hélice do ventilador
ALTA PRESSÃO	APR04 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 04	EDDANQUE	18/08/2017 1168 - Lavagem da linha massa.
ALTA PRESSÃO	APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	EDDANQUE	22/08/2017 1240 - Confeção do ponto de enchimento
ALTA PRESSÃO	APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	EDDANQUE	25/08/2017 1319 - Regulagem de todos os moldes de resinas
ALTA PRESSÃO	APR02 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 02	EDDANQUE	25/08/2017 1321 - Conserto de tubulação de água
ALTA PRESSÃO	APR - ALTA PRESSÃO	EDDANQUE	28/08/2017 1346 - Reduzir o ponto de enchimento para 5mm APR 01 e 02
ALTA PRESSÃO	APR - ALTA PRESSÃO	AVSANTOS	28/08/2017 1369 - conserto da bomba de 2 polegadas
ALTA PRESSÃO	APR01 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 01	AVSANTOS	28/08/2017 1373 - regular ventosa APR01
ALTA PRESSÃO	APR02 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 02	AVSANTOS	28/08/2017 1374 - regular ventosa APR02.
ALTA PRESSÃO	APR-APR03-BBP35 - BOMBA PNEUMATICA DE ALTA DA APR 03	RAPSOUZA	02/09/2017 1447 - Problema na bomba de alta.
ALTA PRESSÃO	APR04 - BANCA DE ALTA PRESSÃO 04	EDDANQUE	06/09/2017 1507 - Conserto na bomba
ALTA PRESSÃO	APR - ALTA PRESSÃO	AVSANTOS	06/09/2017 1509 - conserto da bomba de alta APR02.

Fonte: Produzida pelo Autor

A figura 4.3 a seguir analisa-se a produtividade de peças C10, apresentada na figura 4.2, colunas, da fundição de alta pressão, indica a menor, maior e média de produção.

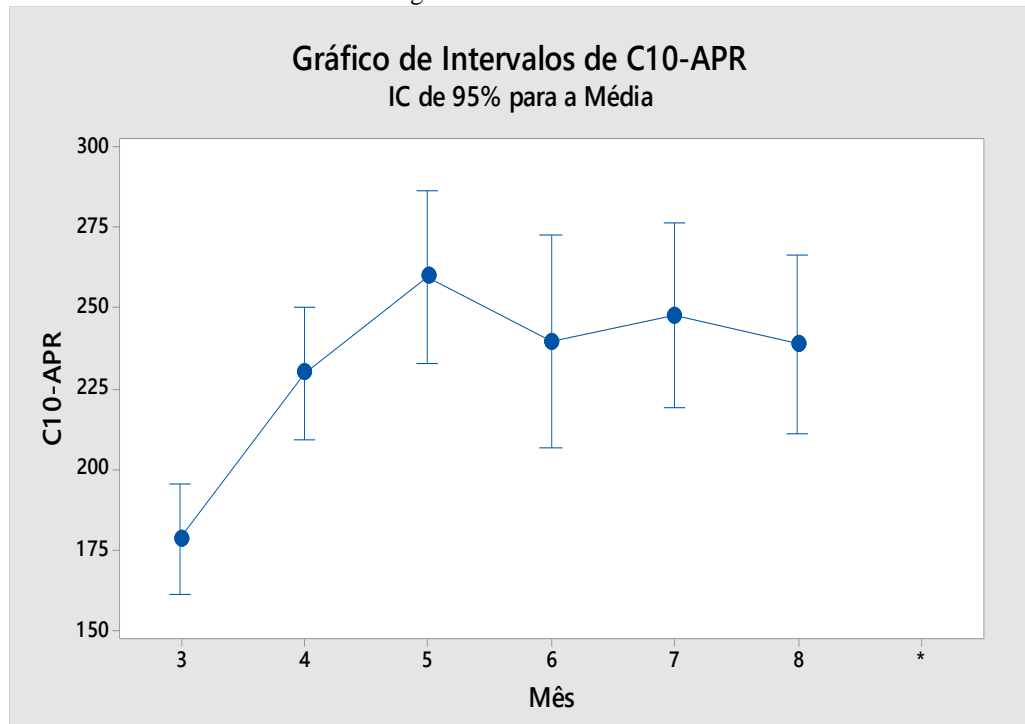
Média da produção no mês de agosto foi de 239 peças e no mês de março de 178 peças. O intervalo de confiança da média no mês de março 161 a 195 peças, já no mês de agosto foi 211 a 266 peças.

Figura 4.2: Peça produzida pelo equipamento



Fonte: Google imagens

Figura 4.3: Produtividade da APR 03



Fonte: produzida pelo autor

Esta média de produção mensal é peças aprovadas depositadas no armazém, estoque final, aprovados pela equipe de qualidade da empresa.

Então determinou-se a eficiência global do equipamento:

OEE antes da filosofia TPM

Disponibilidade:

Tempo de máquina disponível para operação = 16h = 960 minutos

Tempo operando 14h = 840 minutos

$$DISP = \frac{\text{tempo operando}}{\text{tempo disponível}} = 87,5\%$$

Índice de Qualidade = 77% da peças aprovadas pela auditoria de qualidade

Desempenho:

Cada ciclo dura 30 minutos e a máquina produz 10 peças/ciclo

Capacidade produtiva = 320 peças

Produção real = 200 peças (média entre os meses de março e abril)

$$Desempenho = cap. \frac{\text{real}}{\text{produtiva}} = 62,5\%$$

Logo,

$$OEE = disponibilidade * qualidade * desempenho$$

$$OEE = 42,1\%$$

OEE após a filosofia TPM:

Disponibilidade:

Tempo de máquina disponível para operação = 16h = 960minutos

Tempo operando 14,5h = 870minutos

$$DISP = \frac{\text{tempo operando}}{\text{tempo disponível}} = 90,6\%$$

Índice de Qualidade = 86% da peças aprovadas pela auditoria de qualidade

Desempenho:

Capacidade produtiva = 320 peças

Produção real = 246 peças (média entre os meses de maio, junho, julho e agosto)

$$Desempenho = cap. \frac{\text{real}}{\text{produtiva}} = 76,8\%$$

Logo,

$$OEE = disponibilidade * qualidade * desempenho$$

$$OEE = 59,9\%$$

Na tabela 4.1 apresenta o comparativo do antes e depois da influência da filosofia TPM no equipamento piloto

Tabela 4.1: Comparativo de influência de antes e depois da TPM na OEE

	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
Tempo Disponível (minutos)	960	960
Tempo Operando (minutos)	840	870
Disponibilidade	0,875	0,90625
Capacidade Prod.	320	320
Prod. Real	200	246
Rendimento	0,625	0,76875
Índice de Qualidade	77	86
OEE %	<b>42,11%</b>	<b>59,91%</b>

Fonte: Produzida pelo autor

## 5. CONCLUSÃO

A realização deste estudo permitiu concluir sobre o programa TPM na indústria de louças sanitárias a possibilidade da realização de desdobramentos do presente trabalho em trabalhos futuros.

A implementação da TPM foi um dos pontos-chaves a contribuir para o aumento da produtividade e disponibilidade. Pois foi reduzido o número de paradas da máquina para manutenção corretiva devido à análise crítica dos operadores e mecânicos durante as inspeções, realizando dessa forma a manutenção preventiva.

A TPM é uma sistemática contínua que deve manter a equipe envolvida, com aperfeiçoamento contínuo. Os resultados são consequências da insistência e dos esforços diários de todos os colaboradores independentemente da hierarquia.

Não é necessário iniciar uma empresa do zero para ter a TPM firme na sua cultura. Este é um sistema que foi estudado para empresas que já existiam e precisavam maximizar resultados, satisfazendo o consumidor final. Deve-se acompanhar o equipamento desde o início, pois necessita de conhecimento e experiência de quem opera a máquina no cotidiano. Ou seja, pode-se tornar inútil a criação de uma nova máquina sem o prévio conhecimento das equipes envolvidas. Portanto, é por isso que o programa se relaciona muito bem em empresas já antigas.

Destaca-se o pilar da Manutenção Autônoma como elevada importância. Por meio dele que os operadores, os que possuem maior contato com o equipamento, inserem conhecimentos de manutenção, entendem sua importância para a qualidade e produtividade e de forma proativa observam as necessidades das máquinas e as mantêm em funcionamento. Este pilar reflete diretamente em um aumento significativo nos recursos da equipe de manutenção, podendo atuar em pontos complexos até mesmo de outros setores da planta.

Percebe-se que a TPM é formada basicamente por manutenção preventiva e limpezas.

Em resumo, a oportunidade de apresentar um tema atual e que pode trazer resultados satisfatórios para as empresas. Sobretudo também por presenciar os efeitos da metodologia na cultura e na eficiência operacional. Além disso, é um programa que as empresas brasileiras devem conhecer e implantar em sua cultura organizacional, fazendo-as mais competitivas. Também através do aumento de produtividade de peças aprovadas pela qualidade e maior desempenho da máquina houve aumento significativo de 17,8 % no OEE.

## **6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- a) Aplicar a TPM para as demais máquinas da alta pressão;
- b) Aplicar a TPM no forno, considerado por muitos o coração da fábrica e aplicar também no carrossel de esmaltação, fábrica de massa, fundição mecanizada e contrapeso.
- c) Iniciaram-se atividades autônomas no setor da fundição mecanizada e de contrapeso, porém a TPM ainda não foi oficializada.

## 7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000. Disponível em: <http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf> . Acesso em 06 setembro de 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- BARROS, J. F., & LIMA, G. B. **A influência da gestão da manutenção nos resultados da organização**. V Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro, 2009.
- CAMARGO, Paulo Rogério. **Implementação de técnicas da teoria das restrições e da mentalidade enxuta: Estudo de caso em uma empresa automobilística**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté) – Taubaté, 2012.
- HANSEN, R. C. **Overall equipment effectiveness: a powerful production / maintenance tool for increased profits**. New York: Industrial Press, Inc, (2002).
- JESUS, Sergio Manoel Gaião. **Leanness e Manutenção Produtiva Total (TPM). Modelo de Produtividade e Competitividade**. Estudo de Caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica, perfil de Manutenção e Produção, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa) - Lisboa, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2029/1/Dissertação%20.pdf>. Acessado em 20 de agosto de 2017.
- JIPM. **Japan Institute of Plant Maintenance Solutions Company Limited**. JIPM-S. Disponível em: <http://www.advanced-eng.com.br/> . Acesso em: 20 agosto de 2017.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualimark: Petrobras, 2009. KOBACZY, K. A., & Murthy, D. P. 2008. Complex system maintenance handbook. London: Springer-Verlang.
- MONCHY, François. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.
- MORAES, P. H. A: **Manutenção Produtiva Total: Estudo de caso em uma empresa automobilística**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Taubaté, São Paulo, 2004.
- NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
- NASCIF, Júlio Xavier. **MANUTENÇÃO – TIPOS E TENDÊNCIAS**. Relatório técnico. Disponível em: <http://www.tecem.com.br/site/downloads/artigos/tendencia.pdf> >. Acesso em 28 de agosto de 2017
- NASCIMENTO, Rodrigo Coutinho. **Manutenção Produtiva Total – Uma abordagem teórica**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora) - Juiz de Fora: UFJF, 2006.

OLIVEIRA, Claudiane Caldas; MARTINS, Rui Francisco; XAVIER, Antonio Augusto de Paula. **Aplicação da Manutenção Produtiva Total (TPM): estudo de caso em uma Indústria Alimentícia**. XVI Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP 2009. Disponível em: [http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/Ebook/Ebook%202009/CONGRESSOS/Nacionais/2009%20-%20SIMPEP/XVI\\_SIMPEP\\_Art\\_8\\_a.pdf](http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/Ebook/Ebook%202009/CONGRESSOS/Nacionais/2009%20-%20SIMPEP/XVI_SIMPEP_Art_8_a.pdf). Acesso em 13 de agosto de 2017

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

PALMEIRA, J. N.; TENÓRIO, F. G. **Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total**. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002.

SANTOS, A., & SANTOS, M. **Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura - um estudo de caso**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Paraná, 2007

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002. 703 p.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. **Manutenção Centrada em Confiabilidade como Ferramenta Estratégica**. In: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2003, Ouro Preto – MG.

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

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T.; **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto Iman, 2010.

ZUASHKIANI, A., RAHMANDAD, H., & Jardine, A. K. **Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2011.

## ANEXO I



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA



COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

### AVALIAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

#### ALUNO:

NOME Eduardo Livi Costa Matrícula 11121769

#### TCC:

TÍTULO DO TRABALHO Manutenção Produtiva Total no Setor de Fundição de Alta Pressão em uma Fábrica de Louças Sanitárias - Estudo de Caso

#### AVALIAÇÃO

Prof. <u>Firvili M. do Rest. e Silva</u>	/ <u>[Assinatura]</u> /	<u>10,00</u>
Orientador	Rubrica	Nota
Prof. <u>Evandro Tancina</u>	/ <u>[Assinatura]</u> /	<u>10,0</u>
Membro	Rubrica	Nota
Prof. <u>Jéssica Pederniras Moraes Rocha</u>	/ <u>[Assinatura]</u> /	<u>10,0</u>
Membro	Rubrica	Nota
<b>Média Final:</b>		<u>10,0</u>

João Pessoa, 25 de junho de 2018.