

MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA

Paulo Henrique de Almeida Moraes

Universidade de Taubaté, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração
Av. Marechal Arthur da Costa e Silva, 1070, Taubaté-SP / pmoraes1@uol.com.br

José Glenio Medeiros de Barros

Universidade de Taubaté, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia de Produção
Rua Padre José Rubens Bonafé, 149 / casa 9, Taubaté-SP / glenio@uerj.br

Resumo. *Para a definição e implementação de uma estratégia competitiva na indústria a manufatura, como uma das áreas mais importantes, precisa necessariamente estar inserida no desenvolvimento de uma cultura de melhoria contínua que possa servir como elemento norteador de toda a organização. A Manutenção Produtiva Total, usualmente chamada de TPM, do inglês Total Productive Maintenance, pode ser um dos elementos de disseminação desta cultura de melhoria contínua; especialmente pelo efeito direto que exerce sobre a organização no que diz respeito a capacidade produtiva, a produtividade, a qualidade, a pontualidade, a segurança e a motivação, entre outros aspectos. Afim de se demonstrar os resultados obtidos com a implementação do TPM, este artigo apresenta um caso real de aplicação ocorrido em uma empresa automobilística. Utilizando-se do conceito de regressão de séries temporais para previsão dos índices de Eficiência Global do Equipamento, Disponibilidade do Equipamento, Performance Operacional e Qualidade do Produto, característicos da implementação do TPM, e a posterior comparação dessas previsões com os objetivos estabelecidos para o Grupo de Trabalho, foi possível sugerir ações para melhoria dos resultados obtidos e destacar pontos essenciais a serem considerados tanto para implementação como para continuidade do TPM. Pela melhoria apresentada nos índices estudados, comprovou-se o efeito positivo da implementação do TPM sobre os resultados da manufatura, assim como pôde-se verificar a dificuldade em se manter ao longo do tempo o nível de melhoria alcançado.*

Palavras-chave: *Eficiência Global do Equipamento, Manutenção Produtiva Total, Manufatura*

1. INTRODUÇÃO

Em um mercado cada vez mais globalizado e competitivo, o estabelecimento e a implementação de estratégias que possibilitem as empresas sobreviverem e prosperarem, se faz cada dia mais necessário. No caso da indústria, tais estratégias devem dotar o setor de manufatura, entre outros, de modelos que estimulem a eliminação de desperdícios, a redução de custos, a melhoria da qualidade do produto, o aumento da produtividade e da capacidade de produção, a melhoria da segurança e motivação dos funcionários e a preservação do meio-ambiente. A implementação destes modelos deve gerar um ambiente de melhoria contínua capaz de fortalecer a empresa como um todo.

Para Perez⁽¹⁾ a Manutenção Produtiva Total ou TPM, do inglês *Total Productive Maintenance*, pode ser um dos elementos de disseminação desta cultura de melhoria contínua.

Conforme apontado pelo JIPM⁽²⁾, o TPM favorece a implementação de uma cultura corporativa de melhoria da eficiência dos sistemas produtivos por meio da prevenção de todos os tipos de

perdas. Isto, buscando sempre a eliminação de acidentes, de defeitos dos produtos e de falhas dos processos durante todo o ciclo de vida dos equipamentos; envolvendo todos os departamentos da empresa e requerendo o total comprometimento, desde a alta administração até o nível operacional.

Nascida em 1971 no Japão como uma evolução dos conceitos de manutenção preventiva, levados para este País pelos americanos após a Segunda Guerra Mundial, o TPM, segundo Nakajima⁽³⁾, Nakasato⁽⁴⁾ e Palmeira; Tenório⁽⁵⁾, foi implementado de forma pioneira na *Nippon Denso*, na época uma empresa de auto peças fornecedora da *Toyota Motor Company*. Com o apoio do *Japanese Institute of Plant Engineering* (JIPE), que mais tarde se tornaria o *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM), órgão detentor da patente, o TPM foi reconhecido como metodologia eficaz e disseminado ao redor do mundo.

Tanto na implementação do TPM como na sustentação dos resultados obtidos, algumas dificuldades podem surgir e necessitam ser superadas para que se possa obter a manutenção da competitividade da empresa.

Conforme descrito por Mora⁽⁶⁾, milhares de empresas iniciaram a implementação do TPM, mas somente algumas centenas tiveram sucesso neste empreendimento.

Para Williamson⁽⁷⁾ diferentes culturas e prioridades, excesso de programas mal sucedidos, falta de envolvimento de toda a organização, falta de uma rotina de controle de resultados de eficiência, falta de conhecimento e de liderança, podem ser apontadas como causas do insucesso na implementação do TPM nas empresas ou na sustentação dos resultados obtidos.

Nakajima⁽³⁾ afirma que a resistência às mudanças, característica inerente ao comportamento humano, também pode ser um fator que dificulta ou até mesmo inviabiliza a implementação do TPM, podendo ser verificada em posicionamentos tais como: “a Produção produz e a Manutenção mantém”; “TPM é mais uma carga de trabalho para a Produção”; “o departamento de Manutenção perde sua importância com a implementação do TPM”; “pessoas pouco treinadas da Produção podem se acidentar ao inspecionarem ou repararem os equipamentos”; “se a disponibilidade dos equipamentos é boa então por que alterar o sistema de manutenção”.

À luz das dificuldades apontadas, o presente trabalho, desenvolvido a partir de um caso real em uma empresa automobilística, objetivou avaliar o impacto da implementação do TPM no índice de Eficiência Global do Equipamento (OEE). Comparando e analisando as previsões deste índice com as metas estabelecidas para o Grupo de Trabalho (GT) estudado, foi possível também sugerir ações para melhoria dos resultados avaliados e destacar pontos essenciais à serem considerados para o sucesso tanto na implementação como na sustentação do TPM.

2. METODOLOGIA

Seguindo um padrão mundial de medição dos resultados obtidos com a implementação do TPM, a empresa estudada utiliza também o índice de Eficiência Global do Equipamento, ou do inglês *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), para medição dos seus resultados.

Para subsidiar a elaboração do trabalho, foram coletados os valores mensais de OEE e de seus três índices constituintes. Estes foram registrados pelo Grupo de Trabalho (GT) desde o início da implementação do TPM em junho de 1999 até dezembro de 2003, embora o TPM nesse GT tenha sido dado como implementado em setembro de 2001. Foram então efetuadas as análises das causas de variação desses índices e das melhorias implementadas no mesmo período, relacionadas com os conceitos do TPM, bem como uma comparação entre as previsões de comportamento do OEE com os objetivos estabelecidos para o GT estudado.

O OEE é um índice percentual obtido pela multiplicação de outros três índices. São eles:

- Índice de Disponibilidade do Equipamento: expressa a relação percentual entre o tempo em que o equipamento operou e o tempo que deveria ter operado, ou seja, o tempo em que o equipamento ficou realmente disponível para produzir, conforme mostrado na Equação 1;

$$\text{Disp (\%)} = \frac{\text{Tempo total programado} - \text{paradas planejadas} - \text{paradas não planejadas}}{\text{Tempo total programado} - \text{paradas planejadas}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde :

- Tempo total programado: tempo de carga programado para o equipamento, com base no tempo teórico de ciclo e na demanda de produção.
 - Paradas planejadas: tempo programado para descanso, almoço, reuniões, treinamentos, manutenção planejada.
 - Paradas não planejadas: tempo gasto com paradas inesperadas, como por exemplo, manutenção de emergência, troca de modelos, troca ou ajustes de ferramentas.
- Índice de Performance Operacional: expressa a relação percentual entre o tempo de ciclo real do equipamento quando o mesmo está em operação e o tempo teórico de ciclo normalmente determinado pela Engenharia Industrial, conforme Equação 2. Este índice é de um modo geral afetado por reduções intencionais na velocidade de operação dos equipamentos, por pequenas paradas não registradas, por espera ou por bloqueio causados por falta de algum recurso de produção;

$$\text{Perf}(\%) = \frac{\text{Tempo teórico de ciclo} \times \text{total de peças produzidas}}{\text{Tempo total programado} - \text{paradas planejadas} - \text{paradas não planejadas}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

- Índice de Qualidade de Produto: expressa a capacidade de se fazer o produto corretamente na primeira vez, e relaciona percentualmente a quantidade de peças refugadas ou retrabalhadas com a quantidade total de peças produzidas, conforme Equação 3.

$$\text{Qualidade}(\%) = \frac{\text{Total de peças produzidas} - (\text{Total de refugos} + \text{retrabalhos})}{\text{Total de peças produzidas}} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Segundo Nakajima⁽³⁾, as empresas que utilizam o OEE para medição da eficiência dos equipamentos, em geral se deparam inicialmente com valores entre 30% e 60%. Um OEE de 85% pode ser considerado um excelente resultado, desde que se tenha levado em conta os três índices que o constituem e também desde que os dados para o cálculo sejam confiáveis, dada a grande dificuldade que as empresas tem em registrar corretamente suas ocorrências diárias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da Disponibilidade do Equipamento, Performance Operacional, Qualidade do Produto e Eficiência Global do Equipamento, obtidos a partir dos dados coletados na empresa, objeto do presente estudo, referentes ao período de junho de 1999 à dezembro de 2003, estão representados graficamente na Figura 1. As análises destes resultados estão descritas a seguir.

3.1. Disponibilidade do Equipamento

A linha de tendência mostrada no índice de Disponibilidade resulta da aplicação da Equação 4, obtida por meio do Método dos Mínimos Quadrados.

$$Y_D = 49,4323 + 0,3138 t \quad (\text{Equação 4})$$

Os valores de t dessa equação representam a posição relativa dos meses, de modo que junho de 1999 refere-se à t igual a um e dezembro de 2003 refere-se a t igual a 55.

Embora a tendência desse índice seja positiva, as variações mensais ainda são muito acentuadas e se devem principalmente às seguintes causas verificadas: colisões das estações e dos transportadores de peças; trocas e ajustes de ferramentas; falhas de programação e de componentes eletrônicos; falhas no sistema hidráulico e de refrigeração; quebra ou travamento de fusos.

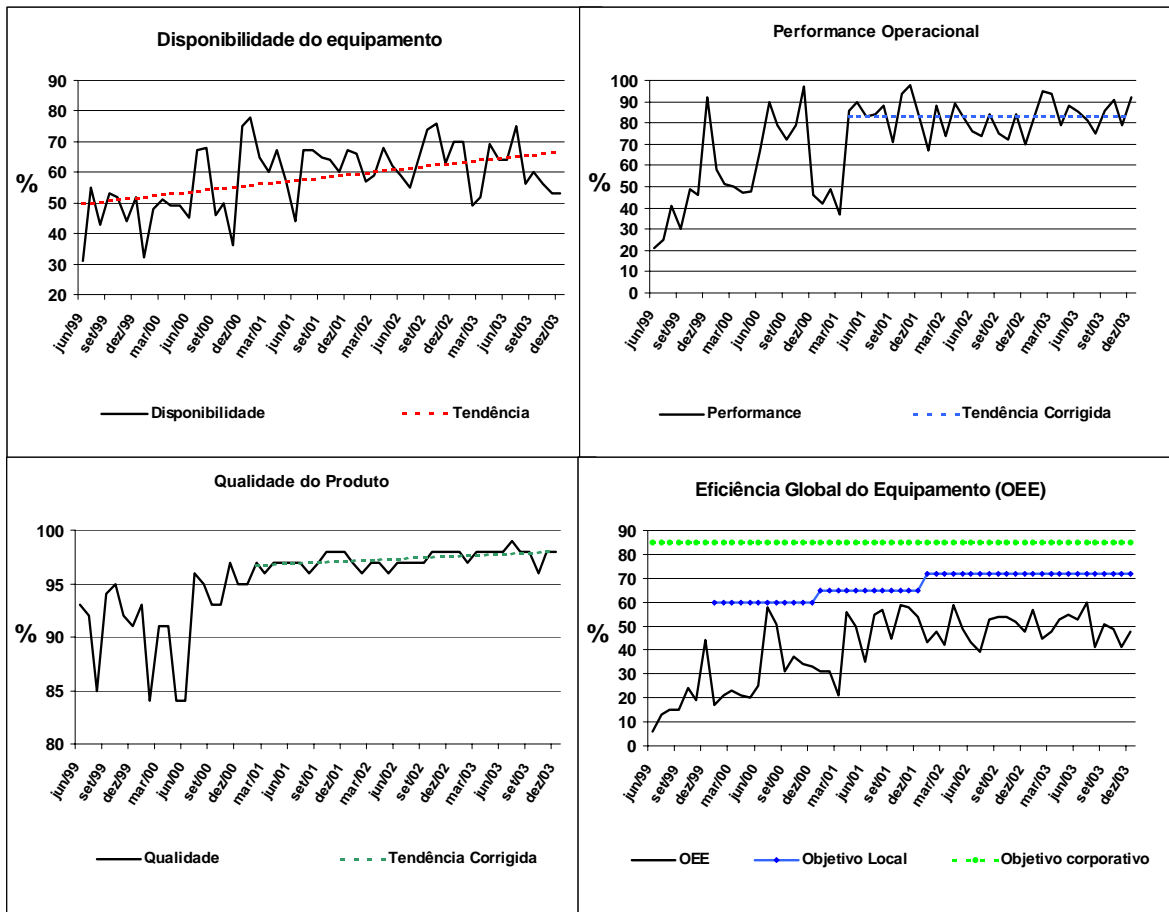


Figura 1. Resultados do TPM: Disponibilidade do Equipamento, Performance Operacional, Qualidade do Produto e Eficiência Global do Equipamento

3.2. Performance Operacional

Os baixos valores do índice de Performance Operacional, entre junho de 1999 e março de 2001, foram devidos, principalmente, à problemas de qualidade de matéria-prima, que ocasionavam paradas e necessidade de redução nas velocidades de operação do equipamento.

Após melhorias no processo de obtenção da matéria-prima, especialmente em relação ao excesso de sobremetal para usinagem e à erros de tolerância de forma e posição, o índice de Performance Operacional atingiu um novo patamar de valores a partir de abril de 2001.

As variações, a partir de abril 2001, foram relacionadas aos mesmos problemas de matéria-prima, ocorridos no período anterior a essa data, porém com menor intensidade. Devido à mudança de patamar dos valores de Performance Operacional, a partir de abril 2001, ao invés de se considerar os valores de todo o período estudado para a determinação de uma linha de tendência para previsão do comportamento do índice, foram considerados apenas os valores a partir de abril de 2001, por esses dados representarem melhor o comportamento atual da série. Essa linha de tendência corrigida, foi obtida pelo Método dos Mínimos Quadrados e está representada na Eq. 5.

$$Y_p = 83,0208 + 0,0023 t \quad (\text{Equação 5})$$

Por ser o coeficiente angular da Eq. 5 próximo de zero (0,0023), as previsões de novos valores de performance operacional do equipamento resultam em um valor praticamente constante de 83%.

Como o GT estudado necessita alcançar valores de Performance Operacional mais elevados, para atingir os objetivos de OEE de 85%, se faz necessária uma implementação mais acelerada das ações previstas para eliminação das causas de redução da Performance Operacional relacionadas à matéria-prima e às pequenas paradas por espera e bloqueio do equipamento, não mensuradas no índice de Disponibilidade do Equipamento.

3.3. Qualidade do Produto

Os problemas que ocasionaram reduções significativas no índice de Qualidade do Produto, entre junho de 1999 e janeiro de 2001, foram solucionados basicamente com a implementação de um dispositivo à prova de erros (*poka-yoke*) para impedir a colocação do produto de forma inversa na placa de alimentação e fixação de peças. Também contribuiu para a melhoria desse índice, a revisão e reciclagem do treinamento em calibração de um equipamento usado na medição de determinadas características intermediárias do processo com base na aplicação dos conceitos de LPU (Lições de Ponto Único) e de gerenciamento visual.

Devido à mudança do nível médio da série, a partir de fevereiro de 2001, previsões para o índice de Qualidade do Produto, baseadas na linha de tendência para todo o período estudado, poderiam resultar em valores inadequados, razão pela qual uma nova linha de tendência foi estabelecida por meio da Equação 6, desprezando-se os valores anteriores a fevereiro de 2001.

$$Y_Q = 96,6622 + 0,0378 t \quad (\text{Equação 6})$$

Com base na Equação 6, as previsões de novos valores de Qualidade do Produto resultam em um valor de 98% até janeiro de 2005 e 99% até abril de 2007, passando para um nível de 100%.

3.4. Eficiência Global do Equipamento ou OEE

Visto que mudanças ocorreram nos níveis das séries de Performance Operacional e Qualidade do Produto, conforme analisado anteriormente, a utilização da linha de tendência para previsão do OEE, considerando-se todo o período estudado, poderia conduzir a previsões inadequadas sobre o comportamento deste índice, principalmente quando se buscasse prever a data de alcance do objetivo local de 72% de OEE estabelecido pela Gerência do GT estudado e o corporativo de 85%.

Para evitar tais erros de previsão, foram multiplicadas as previsões dos índices de Disponibilidade do Equipamento, Performance Operacional e Qualidade do Produto, obtidas por meio de suas linhas de tendência individuais, o que resultou em previsões mais adequadas do OEE, descritas na Figura 2.

	Dez/04	Dez/05	Dez/06	Objetivo local (72%)	Objetivo corporativo (85%)
Previsão de OEE (tendências individuais)	58%	61%	64%	janeiro de 2009	Máximo de 84% junho de 2016

Figura 2. Previsões para o índice de OEE

Analisando-se todo o período em que os dados coletados foram organizados (julho de 1999 a dezembro de 2003), a tendência positiva apresentada pelo índice de OEE se deveu às ações de melhorias relacionadas a implementação do TPM pelo GT. Entretanto, a mesma tendência de melhoria não pôde ser observada quando foram avaliadas as linhas de tendência dos índices de Performance Operacional e Qualidade do Produto, calculadas com base nos dados coletados a partir de abril de 2001 e fevereiro de 2001, respectivamente. Essas linhas de tendência apresentam coeficientes angulares muito próximos de zero, o que na prática representa uma estagnação na implementação de melhorias. Esta estagnação, em conjunto com a instabilidade apresentada no índice de Disponibilidade do Equipamento, acabou resultando em valores de OEE abaixo dos objetivos estabelecidos pela empresa, conforme mostrado na Figura 2.

4. CONCLUSÃO

Considerando as melhorias implementadas e a tendência positiva verificada pelos resultados dos índices, quando contemplado todo o período estudado de junho de 1999 a dezembro de 2003, pode-se afirmar que o GT assimilou e implementou de forma adequada os conceitos do TPM e que esta implementação serviu para impulsionar a melhoria da Eficiência Global do Equipamento.

Entretanto, a análise realizada, para o período de meados de 2001 a dezembro de 2003, demonstra uma estagnação no crescimento dos índices. Isto só vem a confirmar citações da literatura a respeito da dificuldade em se manter os resultados obtidos ao término da implementação do TPM.

Para se obter uma tendência acelerada de melhoria contínua, como aquela apresentada no início da implementação do TPM, se faz necessário um forte compromisso e disciplina da Gerência envolvida, bem como do GT e das áreas auxiliares, para a implementação das ações sugeridas no item anterior denominado Resultados e Discussão.

5. REFERÊNCIAS

1. PEREZ, J. L.; LAFONT, B.S.I.E. Installation of a TPM program in caribbean plant. **Computers Ind. Eng.** v 33. Elsevier Science Ltd. 1997. Disponível em < www.elsevier.com > Acesso em 16 mai 2002.
2. J. I. P. M. **Japanese Institute of Plant Maintenance.** TPM frequently asked questions. 2002. Disponível em < www.jipm.or.jp/en/home > Acesso em 06 mar 2003.
3. NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM.** São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989. 110 p.
4. NAKASATO, K. **Segundo Curso de Formação de Instrutores de TPM.** XV Evento Internacional de TPM. I.M.C Internacional Sistemas Educativos. 1994.
5. PALMEIRA, J. N.; TENÓRIO, F. G. **Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total.** Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002. 276p. ISBN 85-225-0402-4.
6. MORA, E. *How to succeed in TPM implementation.* 2000. Disponível em <www.swspitcrew.com/html/aug_00.html. > Acesso em 17 mar 2003.
7. WILLIANSO, R. M. **Why TPM often fails.** 2002. Disponível em <www.swspitcrew.com/html/april_02.html> Acesso em 17 mar 2003.

TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE: CASE STUDY IN AN AUTOMOTIVE INDUSTRY

Paulo Henrique de Almeida Moraes

Economy, Accounting and Administration Department, University of Taubaté
Marechal Arthur da Costa e Silva Av., 1070, Taubaté-SP / pmoraes1@uol.com.br

José Glenio Medeiros de Barros

Economy, Accounting and Administration Department, University of Taubaté
Production Engineering Department, University of Rio de Janeiro State
Padre José Rubens Bonafé street, 149 / 9, Taubaté-SP / glenio@uerj.br

Abstract. *Manufacturing is one of the most important areas for the definition and implementation of a competitive strategy at the Industry, and must establish in such way a never ending improvement culture, working as driver for the whole organization. The Total Productive Maintenance, usually called TPM, can be one of the key elements to diffuse this culture of never ending improvement due to its impact on capacity, productivity, quality, delivery, safety and motivation of the organization. In order to demonstrate the gains obtained with TPM implementation this article presents a case study of TPM implementation in an automotive plant applying concepts of time series regression to foresee the results of Overall Equipment Effectiveness, Availability, Operational Performance and Quality of Products, comparing these previsions with the objectives established by the analyzed team, besides offering suggestions to improve the current results. The importance of TPM to the manufacturing results improvements and the difficulty to keep the achieved status has been proved through the analyzed metrics.*

Keywords: *Overall Equipment Effectiveness, Total Productive Maintenance, Manufacturing.*