

Definição de um *framework* para a implantação do OEE: uma abordagem teórica para uma proposição metodológica

Anne Cerqueira Barroso (CESUPA) anne.cerqueira@yahoo.com.br
João Pedro Cunha Olah (CESUPA) jpedrotimao@gmail.com
Harley Dos Santos Martins (UFPA) harleymartins@yahoo.com.br
Claudio Luciano Da Rocha Conde (CESUPA) claudiolconde@gmail.com
João Igor Cordeiro Vasconcelos (CESUPA) jigor.vasconcelos@me.com

Resumo:

Este estudo apresenta uma proposta de *framework* que visa mostrar através de oito passos a melhor forma de se implantar o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em uma máquina ou linha de produção, passando por todos os pontos importantes para uma boa implantação. Para um melhor entendimento, realizou-se uma revisão da literatura referente aos temas: *Total Productive Maintenance* (TPM), indicadores de desempenho, OEE e *OEE World Class*. O *framework* proposto pode servir de ponto de partida para ajudar empresas que buscam um maior controle de seus processos produtivos, assim como um maior entendimento das perdas existentes nesses processos, através da aplicação dos indicadores disponibilidade, *performance* e qualidade que compõem a ferramenta OEE.

Palavras chave: Framework, TPM, OEE, World Class OEE, Indicadores de Desempenho.

Definition of a framework for implementation of OEE: theoretical approach to a proposal methodology

Abstract

This study presents a framework proposal to show through eight steps the best way to deploy the indicator Overall Equipment Effectiveness (OEE) on a machine or production line, going through all the important points for good implementation. For a better understanding, we carried out a literature review on the matters: Total Productive Maintenance (TPM), performance indicators, OEE and OEE World Class. The proposed framework can be used as a starting point to help companies that seeking greater control of their production processes, as well as a greater understanding of existing losses in these processes, by applying the indicators availability, performance and quality that make up the OEE tool.

Key-words: Framework, TPM, OEE, World Class OEE, Performance Indicators.

1. Introdução

Em tempos atuais, com a crescente competitividade do mercado as empresas estão procurando se adequar cada vez mais às exigências de seus clientes. As cobranças cada vez maiores por qualidade nos produtos e prazos menores fazem com que as mesmas se preocupem cada vez mais em prevenir falhas de máquinas e equipamentos. Desta forma, a utilização de indicadores de medição vem se tornando cada vez mais importantes para identificar e

solucionar problemas a fim de auxiliar os sistemas produtivos há manter seus processos sob controle.

Atualmente, o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é um indicador muito conhecido e utilizado. Segundo Sheu (2006), OEE é considerado um indicador definitivo para medir o desempenho dos equipamentos e processos produtivos no qual estão envolvidos.

Neste sentido este artigo apresenta um estudo teórico sobre o OEE, que servirá de base para a demonstração de uma metodologia indicativa para a implantação deste indicador, recomendando assim uma estrutura de *framework* a ser seguida de modo prático.

2. Metodologia

Neste tópico se descreve as etapas do presente trabalho. Iniciando com uma parte teórica, onde foram consultados livros, artigos, relatórios e demais trabalhos acadêmicos com o objetivo de formar um embasamento para descrição de cada etapa relevante as áreas temáticas do estudo. O objetivo deste ponto é apontar os principais temas a serem estudados para se compreender o indicador OEE e sua área de atuação.

A segunda parte compreende uma proposição de um framework onde será definido o passo a passo para a implantação do OEE nas empresas, fazendo-se a descrição dos mesmos visando auxiliar no processo de implantação deste indicador.

E, por fim realizam-se as considerações do trabalho.

3. Conceitualização

Este artigo considera para seu desenvolvimento uma fase de revisão da literatura que tem em vista apresentar e relacionar os conceitos das temáticas do estudo. Assim, discorrerá sobre TPM, Indicadores de desempenho, OEE e *World Class* OEE.

3.1 Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM), ou Manutenção Produtiva Total, é uma ferramenta que apresenta uma forma de conceituar manutenção de equipamentos e fábricas. A TPM tem por objetivo aumentar os índices de produção, juntamente com a moral e a satisfação dos funcionários em seus locais de trabalho. A proposta da TPM é planejar as atividades de manutenção produtiva concomitantemente a participação conjunta de todos os colaboradores da empresa, desde o presidente até o operário.

A TPM teve sua origem no Japão no ano de 1971, através do aperfeiçoamento das técnicas de manutenção preventiva, sistemas de produção e da engenharia de confiabilidade, objetivando sempre em alcançar o zero de quebras, zero de falhas, zero de defeitos e zero de perdas em todo o processo (NAKAJIMA, 1989).

Em 1971 conforme, o *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), definiu-se, Manutenção Produtiva Total como uma estratégia para projetos de manutenção, que objetivam a maximização da eficiência dos equipamentos e também estabelecer um sistema de manutenção da produção de fácil compreensão que engloba toda a vida útil das máquinas e equipamentos (JIPM, 2015).

Para medir as melhorias da implementação da mentalidade da TPM, um dos métodos mais utilizados é o indicador OEE. O qual permite que as empresas monitorem as condições reais da utilização de seus equipamentos e máquinas (SANTOS & SANTOS, 2007).

3.2 Indicadores de desempenho

Os indicadores são ferramentas que servem para gerenciar os sistemas das organizações, fornecendo informações que são de vital importância para o processo de tomada de decisão.

Os indicadores podem ser obtidos durante ou ao final da realização de um processo.

O uso de indicadores está relacionado à necessidade de se tomar decisões sobre fatos, garantindo-se um processo de gestão sobre as variáveis internas e externas da organização. Os indicadores são essenciais no gerenciamento dos processos, pois, o que não se mede não se gerencia (FALCONI, 1992).

A composição mais comum para os indicadores é um valor numérico, as metas e um referencial que servirá de comparação. A relação matemática do indicador fica por conta do valor numérico que, com o passar do tempo se tornam índices. As metas são os índices que alimentam os indicadores, com o intuito de servirem de espelho para pontos e posições que se almeja atingir no futuro. Os referenciais de comparação são índices que serão convencionados ao indicador, com o propósito de servir de padrão para comparações.

O OEE é um exemplo tradicional de um medidor de desempenho que se baseia na utilização de indicadores que representam a eficiente utilização dos recursos utilizados. Bons índices nestes indicadores são constantemente almejados por seus utilizadores.

3.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Eficiência Global dos Equipamentos ou OEE é um indicador utilizado pela metodologia TPM para avaliar e medir todas as melhorias implementadas pela utilização da TPM. As empresas que utilizam o OEE conseguem, através dele, uma análise real das condições de utilização de seus recursos. Estas análises das condições são realizadas a partir da identificação das perdas que ocorrem em todos os ambientes da fábrica, e envolvem os índices de disponibilidade de equipamentos, *performance* e qualidade.

O OEE foi criado no Japão na década de 1960 por Seiichi Nakajima e, posteriormente, levado aos Estados Unidos pelo mesmo Nakajima em 1989. O OEE é um indicador que representa a taxa entre o que está sendo produzido efetivamente e o volume teórico de produção, sendo normalmente representado de forma percentual. O OEE foi desenvolvido como uma forma de quantificar o desempenho dos equipamentos e também como uma forma de medir a melhoria contínua dos equipamentos e dos processos produtivos (HANSEN, 2006).

O OEE tem objetivo de analisar a eficácia dos equipamentos e processos produtivos no qual estão envolvidos. Sendo assim, ele é utilizado para verificar se a máquina está trabalhando na velocidade e qualidade especificadas no seu projeto e também para apontar as perdas originadas do sistema produtivo como um todo. Por esse motivo, a identificação das perdas é a atividade mais importante no processo de cálculo do OEE.

3.4 World Class OEE

Segundo Hansen (2006) um equipamento que apresente resultado de OEE inferior a 65%, demonstra um desperdício de capacidade produtiva bastante elevada, causando danos diretos na lucratividade da empresa. São considerados muito bons, valores que se encontram entre 75% e 85%, embora 85% seja um valor mínimo definido para se atingir um nível de Classe Mundial.

São várias as métricas que podem ser utilizadas na indústria para avaliar se algum processo é eficiente ou não. O mais comum em programas de TPM é utilizar o indicador OEE.

OEE Classe Mundial (*World Class OEE*) é o índice utilizado como *benchmark* mundial pelas indústrias. Em estudos realizados, foi estimado que as plantas com melhor eficiência no mundo apresentam o índice de 85% de OEE e que em média, o restante das indústrias apresenta um índice de apenas 60%. Isso nos leva a crer que se uma planta estiver operando

com OEE em torno de 60%, é possível aumentar a eficiência global em até 40%, utilizando os mesmos equipamentos e os mesmos recursos (OEE, 2015).

Em um mundo ideal, as empresas deveriam ter 100% dos recursos disponíveis, com 100% de qualidade e 100% de aproveitamento do tempo, mas na prática isso é muito difícil de acontecer (OEE, 2015).

3.5 Calculando o OEE

O indicador OEE tem a capacidade de medir o desempenho em três frentes, pois leva em consideração a quantidade de tempo útil que o equipamento leva para funcionar e/ou produzir, a eficiência do equipamento durante o funcionamento da produção em cadência nominal (velocidade teórica da máquina), e a qualidade obtida do produto pelo equipamento no processo envolvido.

O cálculo do OEE é construído levando em consideração as grandes perdas mencionadas na ferramenta TPM. São através das perdas existentes na disponibilidade, *performance* operacional e na qualidade que são obtidos seus respectivos índices, conforme mostrado na Figura 1.

Tempo Total						
OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade	Disponibilidade = B / A	A	Tempo Programado		Horário não planejado	Horário não alocado
		B	Tempo Produzindo	Perdas de Disponibilidade: -Quebra de Máquina -Ociosidade -Setup	Horário de não responsabilidade da equipe de produção	Horário em que fábrica está com as portas fechadas
	Performance = D / C	C	Produção Teórica	Perdas de Performance: -Velocidade reduzida -Pequenas paradas		
		D	Produção Real			
	Qualidade = F / E	E	Boas + Ruins	Perdas Totais		
		F	Boas		Perdas de Qualidade: -Refugos de Partida -Refugos de Produção	

Fonte: OEE (2015)

Figura 1 – Tabela das perdas utilizadas para calcular o OEE

O tempo de carga da máquina conforme a equação 1, onde, o tempo excluído inclui todo o tempo programado para não produzir, como, paradas programadas, reuniões programadas, tempo de teste e treinamento planejado.

$$\text{Tempo de Carga da Máquina} = \text{Tempo Total} - \text{Tempo Excluído} \quad (1)$$

Seguindo, calcula-se o fator de disponibilidade de operação, que é o indicador que demonstra em percentual o tempo que o equipamento ficou disponível para operação, demonstrado na equação 2. O somatório das paradas que são subtraídas do tempo de carga da máquina, representam as paradas não planejadas.

Disponibilidade (%)

$$= \frac{\text{Tempo de Carga da Máquina} - \Sigma \text{Paradas}}{\text{Tempo de Carga da Máquina}} \quad (2)$$

Concluído o cálculo da disponibilidade de operação, efetua-se o cálculo do tempo de ciclo real, que pode ser encontrado através da razão do tempo de operação com o volume produzido, conforme a equação 3.

$$\text{Tempo de Ciclo Real (\%)} = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Volume Produzido}} \quad (3)$$

Terminado o cálculo do tempo de ciclo real, determina-se a *performance*, que irá demonstrar em forma de percentual a velocidade ideal em que a máquina esteve operando efetivamente, conforme mostrado na equação 4.

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Tempo de Ciclo Teórico}}{\text{Tempo de Ciclo Real}} \quad (4)$$

Efetuada o cálculo da eficiência em *performance*, calcula-se a taxa de qualidade dos produtos que foram produzidos, de acordo com a razão das unidades consideradas boas que foram produzidas pelo total de unidades que foram produzidas, conforme a equação 5.

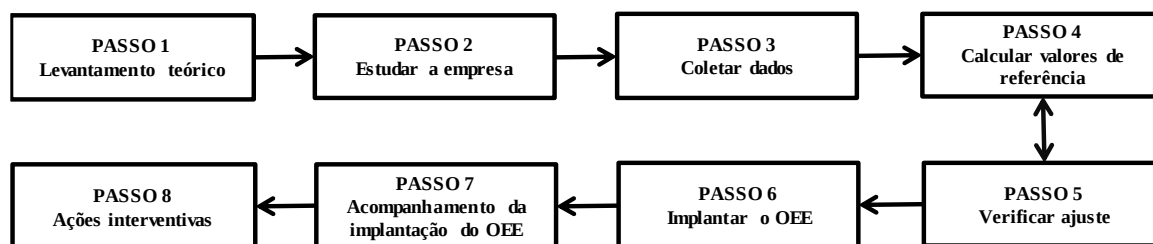
$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Unidades Produzidas Consideradas Boas}}{\text{Total de Unidades Produzidas}} \quad (5)$$

Concluído o cálculo da disponibilidade de operação, da eficiência em *performance* e da taxa de qualidade, pode-se obter através da razão entre elas o OEE, como mostra a equação 6.

$$\text{OEE (\%)} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \quad (6)$$

4. Definição de um *framework* para a implantação do OEE

O estudo teórico indicou os conhecimentos necessários para se trabalhar o OEE, todavia em aspectos práticos também se faz necessário o levantamento de fontes secundárias pertinentes à implantação. Para tal, se propõe o *framework* conforme mostra a figura 2, que apresenta 8 passos a se trabalhar para uma eficiente implantação.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2 – Framework de Implantação do OEE

4.1 Passos para implantação do OEE

a) Passo 1: Levantamento teórico

Nesta primeira etapa indica-se um estudo detalhado através de livros, artigos e outros trabalhos científicos de toda a teoria relacionada ao OEE, a exemplo de como foi apresentado na primeira parte deste trabalho.

Este passo é importante para que se entenda a real importância da aplicação do indicador OEE assim como sua origem e todas as ferramentas que serviram de base para sua criação. O

estudo da teoria também servirá para um melhor entendimento das etapas seguintes, principalmente as relacionadas aos cálculos do OEE.

b) Passo 2: Estudo da empresa

Para a implantação do OEE faz-se necessário realizar um estudo detalhado da empresa ou maquinário, tendo em vista que cada empresa possui uma realidade diferente. Portanto, deve-se adequar o estudo para cada linha de produção onde se quer implantar o OEE.

O indicado é que a implantação do OEE inicie por equipamentos que agreguem maior valor ao produto ou pelos gargalos do processo. Pois, qualquer ganho representará rendimentos para toda a empresa. Orienta-se também que não tente implantar o OEE em todas as máquinas de uma só vez, aconselha-se escolher uma como projeto piloto.

c) Passo 3: Coleta de dados

Aconselha-se como ação inicial, que a coleta de dados comece pelo processo manual, por meio de uma planilha ou uma folha de papel contendo as informações de produção. Este processo proporcionará maior garantia na hora de automatizar a coleta de dados.

É interessante que se escolha um período mínimo para coleta desses dados, como por exemplo, dois meses para poder realizar posteriormente um estudo comparativo.

Inicialmente não é interessante focar em uma precisão de 100%, embora haja alguma dúvida, será possível identificar os principais problemas e por onde se deve iniciar a atuação para melhoria da produtividade.

Com a criação de uma ficha simplificada contemplando: tempos de máquina parada e motivo, duração do turno e produção por item: tempo produzindo, quantidades boas, quantidades ruins. De forma, que possibilite os operadores a informar as ocorrências na produção durante um turno de trabalho.

Como sugestão para coleta de dados propõe-se além das fichas simplificadas, a criação de relatórios, treinamentos para as pessoas que irão preencher as fichas e a instalação de um horímetro, para que a coleta das horas trabalhadas pela máquina seja mais precisa.

d) Passo 4: Calcular indicador

Nesta etapa é onde o OEE começa a se desenvolver através dos cálculos. Todas as fórmulas necessárias para o cálculo foram apresentadas na primeira parte deste trabalho e será através delas que o OEE se mostrará através das porcentagens.

As fórmulas para o cálculo do OEE são construídas levando em consideração as perdas existentes nos índices disponibilidade, *performance* e qualidade.

Em relação à disponibilidade as perdas podem ser ocasionadas por falta temporária de mão-de-obra, falta temporária de materiais, falta de ordem de produção, tempo de aguardo de manutenção, queda de energia, entre outros.

Em relação à *performance* as perdas podem ser ocasionadas por velocidade reduzida do maquinário e a pequenas paradas no processo.

Em relação à qualidade, o valor encontrado desta equação pode ser utilizado como um indicador de desempenho que irá mostrar, se o equipamento envolvido no processo está apresentando um desempenho adequado com a tarefa de produzir a peça determinada. Se o valor da taxa de qualidade dos produtos encontrada estiver abaixo do determinado pelos padrões de qualidade pré-estabelecidos, é aconselhável a detecção das causas desta baixa qualidade para então corrigir o possível problema.

Com o resultado obtido pelo cálculo do OEE, pode-se utilizar este indicador para fazer um comparativo entre equipamentos, pois, o indicador leva em consideração diversos fatores de eficiência.

e) Passo 5: Verificar Ajustes

Este passo busca a garantia da etapa anterior, verificando junto com a gerência se os cálculos e dados obtidos estão adequados à realidade da empresa. Caso não esteja, retorna para a etapa anterior. Um exemplo disto seria o preenchimento inadequado dos relatórios, ou a falta de regulação dos equipamentos de medição.

f) Passo 6: Implantar o OEE

Para implantação do OEE recomenda-se que realize um diagnóstico comparativo dos dados coletados no decorrer do período escolhido. Após a coleta de dados, realiza-se uma análise comparativa entre o período avaliado, com o intuito de obter parâmetros a respeito da situação do maquinário, para posteriormente criar metas mensais.

Para auxiliar a implantação, sugere-se como exemplo, a utilização de planilhas eletrônicas e as fórmulas conforme as apresentadas no referencial teórico deste trabalho, com intuito de elaborar uma calculadora de OEE. Nesta calculadora é necessário que os dados relevantes ao cálculo do OEE sejam extraídos, organizados, armazenados e compilados.

Com a calculadora pronta, segue para a etapa de cálculo dos indicadores de OEE, Disponibilidade, *Performance* e Qualidade. Recomenda-se a identificação de perdas de produção de cada equipamento ou linha a cada turno. Para a identificação das mesmas, sugere-se que utilize o gráfico de Pareto.

g) Passo 7: Acompanhamento da implantação do OEE

Com intuito de controlar e acompanhar os dados faz-se necessário a criação de uma planilha como a exemplo da figura 3. Onde, os dados que serão armazenados, devem apresentar uma rotina de coleta diária dos mesmos. Para uma posterior análise comparativa no decorrer dos meses.

LOGO		Linha de produção X (Mês X)						
Data	Performance (Kg/h)			Disponibilidade (h)			Qualidade (%)	OEE
	Real	Nominal	Total	Utilizado	Disponível	Total	100%-itens defeituosos	
Média mensal			%	-	-	%	%	%

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3 – Modelo de calculadora OEE

Após o esclarecimento sobre o indicador OEE, é importante que todos os envolvidos no projeto de implantação saibam reproduzi-lo.

Para que a reprodução por parte dos envolvidos seja concretizada, recomenda-se uma preparação de apostilas e cursos ou palestras relevantes ao entendimento do OEE.

Uma boa tática para a integração dos operadores com a implantação é, a divulgação dos dados de resultados referentes às perdas de produção. Uma vez que o operador conheça essas perdas, o mesmo pode se sentir motivado para melhorar o rendimento do equipamento sob seu controle.

A não divulgação dos resultados do OEE pode causar um sentimento de não importância por parte dos envolvidos, o que causaria um efeito negativo no ganho de produtividade.

Para não correr este risco, recomenda-se fortemente a divulgação dos resultados ao final de cada turno de trabalho ou no mínimo uma vez por semana.

h) Passo 8: Ações Interventivas

Nesta fase, busca-se uma avaliação do projeto de implantação. Onde, avalia-se o aprendizado e as oportunidades. Essa avaliação pode ser do processo ou ganhos de produtividade.

Em relação a avaliação de processo, sugere-se que responda as seguintes perguntas com o intuito de nortear para uma melhor implantação: o que foi encontrado de dificuldade? Há possibilidade de melhoria? O que precisa ser evitado? A empresa encontra-se pronta para expandir o OEE para outras linhas de produção ou equipamentos? O que falta?

Para o caso da avaliação de ganhos de produtividade, sugere-se então que responda alguns questionamentos como: durante o projeto piloto, foi encontrado algum ganho real de produtividade? Das perdas de produção identificadas, quais as principais? E, qual o impacto financeiro para a empresa?

Para obter aumento nos indicadores que compõe o OEE, sendo eles *performance*, disponibilidade e qualidade. Recomenda-se que para o indicador *performance* faça-se uma programação de manutenção preventiva ou preditiva.

Para o indicador disponibilidade, é importante também realizar uma manutenção preventiva ou preditiva, mas também investir em treinamento dos operadores para que os mesmos não operem a máquina de maneira inadequada, gerando paradas não programadas, tempo de *setup* inadequado e ociosidade tanto da máquina quanto de mão de obra.

No indicador qualidade, deve-se avaliar as perdas de acordo com a realidade de cada empresa. De modo geral, recomenda-se investir em treinamentos para todos os colaboradores do setor da qualidade e investir na aquisição de maquinários modernos para aferir a acurácia do processo.

5. Considerações finais

As empresas que utilizam o OEE conseguem, através dele, uma análise real das condições de utilização de seus recursos. Estas análises das condições são realizadas a partir da identificação das perdas que ocorrem em todos os ambientes da fábrica, e envolvem os índices de disponibilidade de equipamentos, *performance* e qualidade.

Para atender o objetivo proposto, foi feita uma revisão bibliográfica sobre indicadores de desempenho e OEE World Class. A revisão também se estendeu à metodologia TPM, apresentando sua origem, conceitos e objetivos. Também foram estudados os modelos de cálculo do OEE desenvolvidos por Nakajima, que foram utilizados como base para a montagem do modelo de *framework* proposto.

O trabalho teve como objetivo principal estudar e desenvolver uma proposta de *framework*. Com isso, pretende-se ter criado um passo a passo adequado para ajudar os gestores e pessoas envolvidas no processo a seguir uma estrutura hierarquizada de como implantar o OEE de uma forma mais eficiente.

Referências

FALCONI, C.V. *TQC Controle da Qualidade Total (No Estilo Japonês)*. 2ª. ed. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1992.

HANSEN, R.C. *Eficiência Global dos Equipamentos – Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para aumento dos lucros.* Editora Bookman, Porto Alegre, 2006.

JIPM. *A história da TPM.* Disponível em: <http://www.jipm.or.jp/en/index.html>, acessado em 16 de março de 2015.

NAKAJIMA, S. *Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance.* São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

OEE. *Fórmula do OEE,* Disponível em: <http://www.oee.com.br/formula-oe/>, acessado em: 16 de maio de 2015.

SANTOS, A. C. O. & SANTOS, M. J. *Utilização do Indicador de Eficácia Global de Equipamentos (OEE) na Gestão de Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura.* UNIFEI, 2007.

SHEU, D.D. Overall Input Efficiency and Total Equipment Efficiency. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 19, 2006.