

APLICAÇÃO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS COM INDICADOR DE QUALIDADE SEM PERDAS

Marcos Ronaldo Albertin (UFC)
albertin@ufc.br

Clerton Bruno Pereira Sampaio (UFC)
clertonbruno@gmail.com

Mateus Jatoba Dias (UFC)
mateusjatoba@hotmail.com

Pedro Paulo Barbosa Feitosa (UFC)
pedropaulofeitosa@yahoo.com.br



O uso de indicadores de desempenho é fundamental para a empresa que busca utilizar corretamente seus recursos humanos e operacionais. A Eficiência Global de Equipamentos (OEE) é um indicador produtivo reconhecido por ser um agente de mudanças em uma empresa. A OEE combina as perdas advindas da manutenção, produção e qualidade, formando um indicador único para as três áreas. Sua gestão está geralmente relacionada com o conceito de Manutenção Produtiva Total (TPM) e pode servir de base para um sistema de melhoria contínua. Uma metodologia de implantação de sistema de gestão de OEE foi desenvolvida, juntamente com as ferramentas de consolidação e análise de dados. O indicador de Qualidade apresentou perdas nulas, ou seja, 100 % de desempenho desde o início da implantação do OEE. A metodologia foi aplicada no equipamento gargalo de uma instalação industrial chinesa. Os resultados iniciais de OEE são apresentados, assim com as ações tomadas para melhorar o desempenho do equipamento. Esses resultados iniciais foram em seguida comparados com os dados coletados após dez meses de monitoramento. Um ciclo de melhoria contínua foi desenvolvido a partir dos resultados de OEE. Esse trabalho apresenta uma metodologia própria de fácil aplicação de um sistema de gestão de OEE. O fato de um dos indicadores ter desempenho 100% não prejudicou a gestão de OEE, pelo contrário, focalizou perdas nos outros dois indicadores.

Palavras-chaves: Indicador de Desempenho, Melhoria Contínua, Manutenção.

1. Introdução

O aperfeiçoamento e a utilização eficiente de recursos humanos e operacionais é uma das principais preocupações das indústrias. Visando a redução de desperdícios, estudos e metodologias têm sido desenvolvidos e aplicados, adequando-se a cada sistema produtivo e indústria em particular.

Uma forma de obter a melhoria da eficiência dos equipamentos industriais é através do indicador de Eficiência Global de Equipamentos, o OEE. São analisados os aspectos Qualidade, Velocidade e Disponibilidade de cada equipamento, e a partir de então, é realizado um trabalho coordenado com os funcionários envolvidos para a diminuição de ineficiências, e assim, dar início ao fortalecimento de uma cultura de melhoria contínua.

O presente estudo foi elaborado a partir de uma metodologia desenvolvida para a implementação de melhoria contínua de OEE em uma empresa chinesa fabricante de refratários. Observa-se a aplicação e benefício da metodologia OEE quando um dos seus três indicadores é continuamente igual a 100%.

Ao longo deste trabalho são destacados a teoria geral relevante para o estudo, a aplicação do OEE, as principais dificuldades encontradas, assim como os resultados gerais, comparando ainda o indicador OEE no período de janeiro/2010, até outubro/2010.

2. Fundamentação teórica

Nesta seção, encontra-se apresentação resumida dos conceitos de TPM (Manutenção Produtiva Total), OEE (Eficiência Global dos Equipamentos), Teoria das Restrições, *Takt Time* e Melhoria Contínua, fundamentais para a contextualização do artigo e análise da metodologia OEE.

2.1.1. Manutenção produtiva total

A TPM, sigla para Manutenção Produtiva Total, é baseada em cinco conceitos fundamentais (NAKAJIMA, 1984), são eles:

- Visa maximizar a eficiência dos equipamentos;
- Estabelece um rigoroso sistema de manutenção preventiva durante todo o ciclo de vida do equipamento;
- É multifuncional e deve ser aplicada em diversos departamentos;
- Envolve todos os funcionários;
- Baseia-se na manutenção preventiva.

Com esses conceitos, foi possível o desenvolvimento de diversas práticas de melhoria na eficiência dos equipamentos.

2.1.2. Eficiência global dos equipamentos

A Eficiência Global dos Equipamentos, cuja sigla OEE vem do inglês *Overall Equipment Effectiveness*, deixou de ser vista como mero indicador da eficácia da manutenção produtiva total e passou a ser reconhecida como uma medida eficaz de gestão da produtividade (HANSEN, 2006). Sendo ela uma forma de gestão que visa aumentar a eficiência dos equipamentos através do controle do indicador OEE, que é composto por 3 indicadores

relacionados as seis grandes perdas propostas por Nakajima (1988) que reduzem a eficiência de um equipamento, estratificadas em perdas de disponibilidade, velocidade e qualidade.

Assim sendo:

$$OEE = \text{Disponibilidade}(\%) \times \text{Desempenho}(\%) \times \text{Qualidade}(\%)$$

Os conceitos de Disponibilidade, Desempenho e Qualidade são definidos da seguinte forma:

$$\text{Disponibilidade}(\%) = \text{Tempo Operacional} / \text{Tempo de Carga}$$

$$\text{Desempenho}(\%) = (\text{Volume processado} \times \text{Tempo de Ciclo Ideal}) / \text{Tempo Operacional}$$

$$\text{Qualidade}(\%) = \text{Unidades Conformes Produzidas} / \text{Total de Unidades produzidas}$$

Apesar de adotado as definições de Nakajima como referência, diferentes aplicações e autores indicam outras maneiras de determinar a OEE (BAMBER et al., 2003). Como exemplo cita-se a quantificação das perdas de velocidade e qualidade em horas perdidas, assim permitindo o cálculo do TTE (Tempo de Trabalho Efetivo), que, por sua vez, permite o cálculo do indicador OEE.

$$TTE = \text{Tempo Operacional} - (\text{Tempo Operacional} \times \text{Taxas de Desempenho e Qualidade})$$

$$OEE = TTE / \text{Tempo Planejado}$$

O gráfico abaixo permite a rápida visualização das perdas em relação a esses tempos citados.

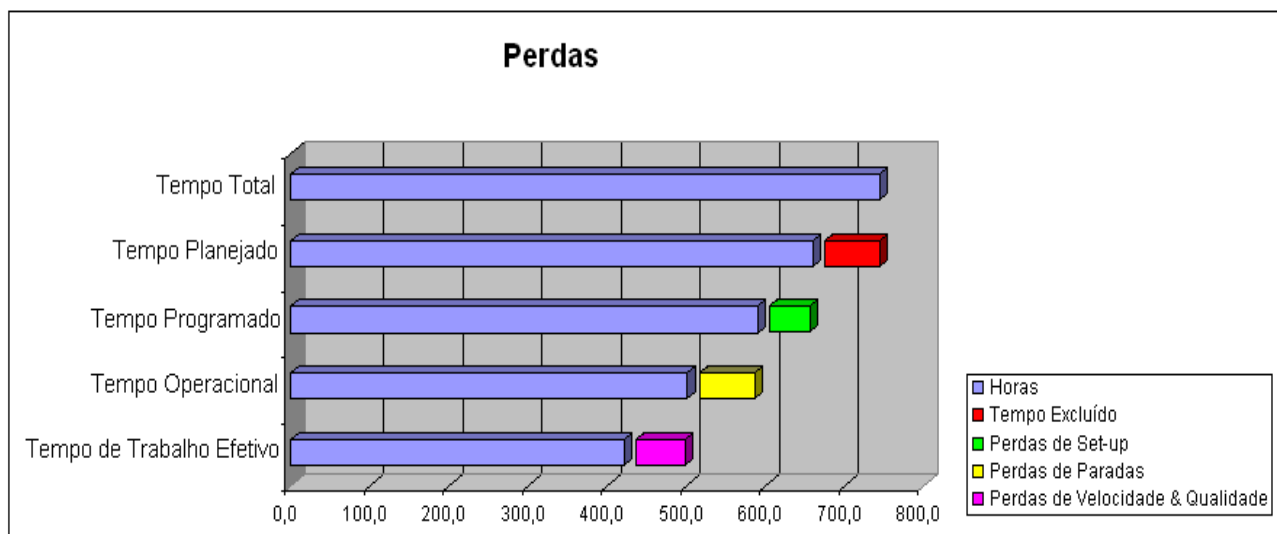


Figura 1: Representação Geral de Perdas Temporais. Fonte: Autoria própria

Por trabalhar em cima das principais perdas, a gestão de OEE busca um aumento da capacidade do equipamento. Por esse motivo, recomenda-se focar o monitoramento da OEE nos gargalos da planta (PINTELON, 2010), permitindo que o melhor rendimento do equipamento monitorado melhore o rendimento de toda a planta. Isto é possível porque o gerenciamento de restrições é uma abordagem que reconhece o papel que representa a restrição no desempenho final do sistema produtivo de maneira global, envolvendo todas as funções de uma empresa (GOLDRATT, 1990).

Para que uma empresa possa saber exatamente como está indo o seu indicador OEE, Hansen (2006) propôs a seguinte classificação da Eficiência Global do Equipamento: Abaixo de 65% é classificado como “inaceitável”; entre 65% e 75%, considera-se “aceitável”, se a tendência for crescente; entre 75% e 85% “muito bom” e a partir de 85%, é considerado “classe mundial”. Resultados no nível “classe mundial” só são possíveis através de equipes multifuncionais buscando a solução de causas raízes de problemas em um sistema maduro de melhoria contínua. A maioria dessas melhorias pode ser realizada sem investimentos, como mudanças de procedimentos básicos (HANSEN, 2006).

2.1.3. Takt-time

O *Takt-time* é o espaço de tempo no qual uma unidade de produto deve ser produzida para atender a demanda do cliente em um determinado período (BLACK, 1991). Ou seja, em termos matemáticos:

$$\textit{Takt-time} = \textit{Tempo da operação efetiva diária} / \textit{Quantidade de produção requerida diariamente}$$

2.1.4. Melhoria contínua

A melhoria contínua nada mais é que um amplo processo concentrado de inovação incremental que envolve toda uma organização (CAFFYN, 1999). Apesar do conceito de melhoria contínua ser relativamente simples, sua aplicação em indústrias apresenta dificuldades, estas contornadas com a ajuda de indicadores de desempenho, tal como o OEE. A ideia da melhoria contínua está fundamentada na capacidade de resolução de problemas por meio de pequenos passos, alta frequência e ciclos curtos de mudança (BESSANT et al., 1994).

A partir do ciclo PDCA, é possível se ter uma visão geral do como ocorre o processo de melhoria contínua. O ciclo PDCA, bastante difundido no ensino da Engenharia de Produção, divide-se em quatro momentos: planejar, fazer, checar e agir. Passando continuamente pelos quatro estágios do PDCA, garante-se inicialmente a manutenção do desempenho, passando em seguida para o melhoramento incremental e chegando, por fim, à transformação dos processos para práticas mais eficientes (BESSANT; CAFFYN; GALLAGHER, 2001).

3. Metodologia

O sistema de gestão de OEE foi implementado em 2009 em uma empresa que trabalha na indústria de base, onde os principais clientes são fornecedores de *commodities*. O grupo empresarial trabalha focado em seus programas de redução de custos e de aumento de eficiência operacional como estratégia para elevar o resultado financeiro.

A planta onde este projeto foi implantado tinha menos de três anos de funcionamento e continha em torno de 500 colaboradores, sendo formada por uma área de preparação de matéria-prima, uma área de tratamento térmico e uma área de conformação. As duas primeiras áreas são automatizadas e a última é parcialmente automatizada. A primeira área monitorada foi a de conformação e seu gargalo produtivo encontrava-se nas prensas hidráulicas.

A primeira prensa hidráulica monitorada era do modelo LAEIS HPF III 2500 e possuía as seguintes especificações:

LAEIS HPF III 2500

Peso	120 ton
Força da prensa	25000 kN
Capacidade máxima	4,5 ciclos/minuto
Pressão de operação	320 bar (32 Mpa)
Quantidade de óleo	3000 l
Capacidade (forma)	1 a 4

Tabela 1: Especificações Técnicas Prensa LAEIS HPF III 2500. Fonte: Autoria própria



Figura 2: (a) Prensa LAEIS HPF III 2500 e (b) exemplo de fôrma de duas cavidades utilizada. Fonte: Autoria própria

3.1. Implantação do sistema de gestão de OEE

Para o funcionamento correto do sistema a ser implantado era necessário que as três gerências envolvidas (produção, manutenção e qualidade) estivessem alinhadas de forma a ser possível decidir como cada gerência atuaria.

3.1.2. Coleta de dados

Os dados deveriam ser coletados pelo operador responsável pela prensa. Em seguida, o coordenador da planta recolheria esses dados e os enviaria para o analista de manutenção, que analisaria tais informações e elaboraria um relatório para os coordenadores de manutenção e de operação. Uma reunião diária seria organizada pelos coordenadores com todas as pessoas envolvidas, para que fosse estabelecido um plano de ação. Semanalmente, uma reunião envolvendo as gerências do projeto, seria organizada para discutir os impactos trazidos pela implantação da OEE.

Para que a gestão de OEE seja bem aplicada e traga os resultados esperados, é necessário que os dados coletados sejam precisos. Na planta, tais dados deveriam ser coletados manualmente pelo operador da prensa. Para assegurar a qualidade dos dados foi realizado um intenso treinamento dos colaboradores ensinando a forma correta de registrar as ocorrências, a importância desses registros e como isso impactaria no resultado da empresa.

Os registros das ocorrências deveriam se dar durante a produção, especificando o produto, a quantidade planejada e a quantidade produzida, ressaltando, nos momentos de parada, o

motivo e quaisquer observações pertinentes. Dentre os diversos motivos de parada de produção na prensa, pode-se listar:

- Manutenção corretiva mecânica;
- Manutenção em equipamento anterior;
- Tempo de setup;
- Troca de fôrma planejada;
- Troca de sapata planejada;
- Problema em equipamento anterior;
- Troca de forma Emergencial e
- Troca de Turno.

Nenhuma ocorrência poderia ser desprezada e o registro deveria conter todo o período de produção.

3.1.3. Análise dos dados coletados

Para facilitar a análise dos dados coletados com o sistema de OEE e a identificação das áreas onde foram percebidas oportunidades de melhoria, utilizou-se de planilhas eletrônicas e gráficos gerados automaticamente a partir dos dados de entrada na planilha. Pode-se observar, por exemplo, as perdas de tempo mensais, ressaltando as mais significativas.

Nos gráficos, podem ser observadas características como a eficiência do equipamento, se esta varia com o turno ou com o funcionário, se o tempo de produção disponível está sendo bem aproveitado ou não. Tais gráficos possibilitam que sejam observadas as áreas que mais geram ineficiências no processo, tornando isso uma tarefa mais simplificada.

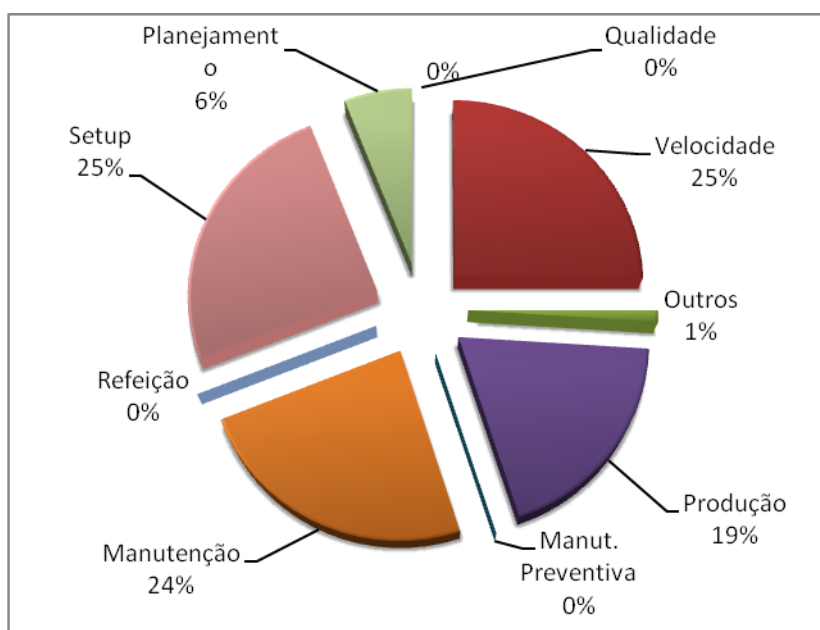


Figura 3: Exemplo de gráfico de impacto das áreas na OEE. Fonte: Autoria própria

3.1.4. Formação da equipe multidisciplinar

A fim de dar continuidade ao trabalho iniciado, foi formada uma equipe multidisciplinar, composta por um membro da equipe de manutenção, um planejador, um supervisor de produção, um supervisor de manutenção e um analista de processos. A equipe era responsável de elaborar planos de ação visando melhoria contínua do equipamento.

4. Resultados

Ao longo da implantação do sistema de monitoramento de OEE da prensa LAEIS 2500, deparou-se com dificuldades que tiveram de ser trabalhadas a fim de se obter resultados favoráveis.

Para efeitos de entendimento, é preciso discorrer sobre as dificuldades enfrentadas, o processo de superação de tais dificuldades, apresentar os resultados iniciais e as ações adotadas para a melhora de eficiência da prensa e, assim, poder comparar com os resultados finais encontrados 10 meses da implantação da metodologia.

4.1. Dificuldades encontradas

4.1.1. Plano de implantação

Apesar da implementação do monitoramento de OEE ter obtido respaldo da Diretoria da empresa logo na fase de idealização, não se obteve autorização formal. Assim, dada a condição de estagiário por parte do idealizador e viabilizador do projeto, foi preciso um forte trabalho de convencimento de todos os envolvidos e colaboradores, destacando a importância e os ganhos com a implementação.

Foi preciso esclarecer o conceito de OEE para toda a equipe e, a partir de então definir uma meta a ser atingida. Assim, com base na classificação proposta por Hansen (2006), a meta escolhida foi de 65%, o valor mínimo de uma eficiência aceitável, percentual este que deveria aumentar gradativamente a cada ano.

4.1.2. Principais perdas e tempo-padrão

Após *brainstorming* para identificação das principais causas de perdas, decidiu-se por definir um tempo-padrão para a realização de cada atividade como o tempo de *setup*, troca de fôrmas e troca de sapatas. Todo o tempo que excedente ao padrão seria classificado como parada da manutenção ou produção, a depender do caso.

4.1.3. Coleta de dados

Como a coleta de dados foi realizada manualmente por cada operador, foi necessário um treinamento contínuo para obtenção de dados consistentes. No primeiro mês, como era esperado, foram apresentados dados com grande variação de qualidade e nível de detalhamento.

Com os treinamentos, a perspectiva de premiação do bom desempenho do OEE de cada equipamento e a revisão diária dos dados por parte do supervisor de produção, obteve-se dados com menor desvio estatístico e maior confiabilidade.

4.2. Resultados do OEE jan/2010

Os dados do OEE do primeiro mês de implantação podem ser analisados a seguir:

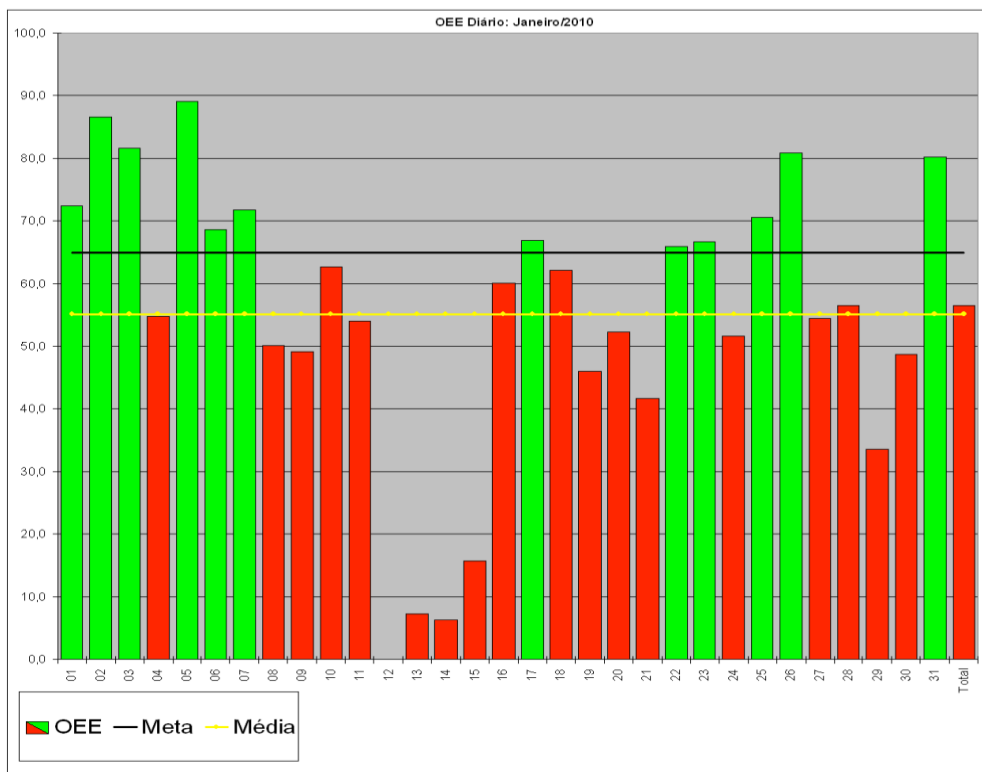


Figura 4: OEE diário, Janeiro/2010. Fonte: Autoria própria

Os elevados valores de OEE encontrados no começo do primeiro mês se deram por uma supervalorização da eficiência do equipamento por parte do operador que ainda não tinha recebido treinamento adequado. Ainda assim, observou-se uma média de 55,12% para o valor do OEE. Os valores do final do mês apresentaram alguns picos devido aos dias de alta produção sem a troca de fôrmas e, logo, com tempo de setup bem reduzido, o que interfere positivamente na eficiência do equipamento.

Ainda referente ao primeiro mês, segue gráfico descritivo com as principais perdas de eficiência, ou seja, os principais motivos de interferência e suas respectivas quantidades de hora perdidas.

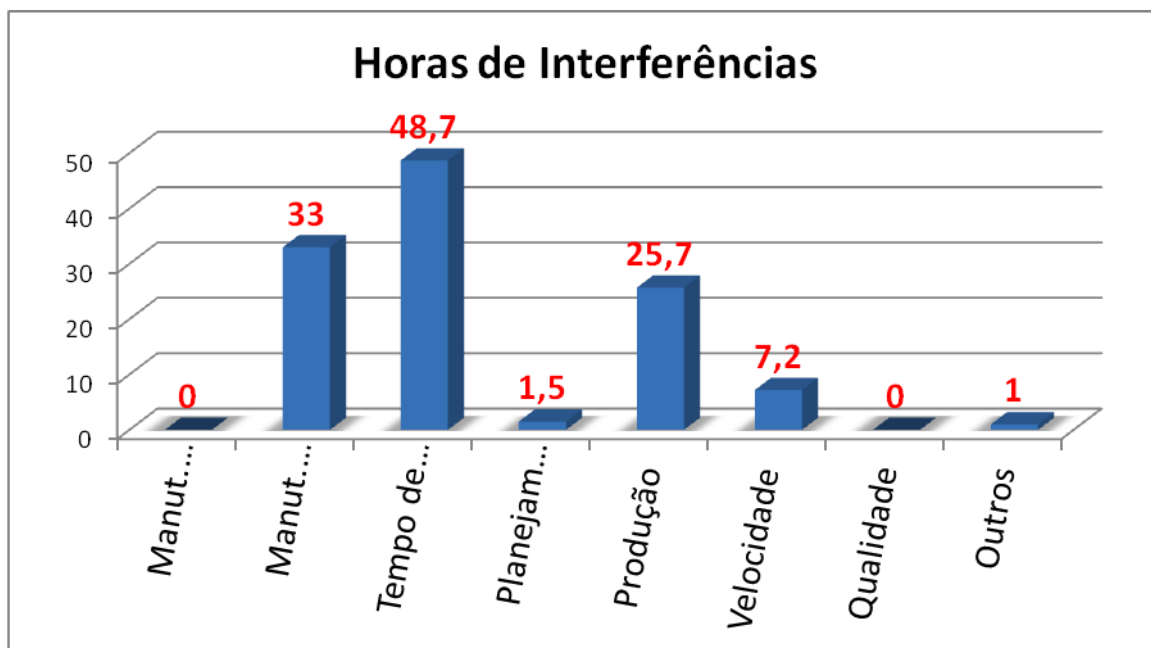


Figura 5: Interferências, janeiro/2010 Fonte: Autoria própria

Observa-se que de todas as perdas, a única considerada nula é a perda relativa à Qualidade. Tal resultado só foi possível devido ao processo efetuado pela prensa ser altamente estável e porque foram desconsideradas as peças não conformes produzidas imediatamente após a troca de fôrmas, durante a fase final do *setup*. Observa-se que este procedimento de aquecimento das fôrmas é considerado normal na empresa. Embora a perda relativa a Qualidade fosse sempre nula ela poderia apresentar problemas de qualidade superficial do tipo como falta de preenchimento e trincas. Dificilmente esperava-se não conformidades por dimensional fora do especificado.

Fazendo uma análise mais criteriosa, pode-se destacar o tempo em que a prensa ficou parada devido à manutenção (corretiva), produção e velocidade. Devido a tais resultados, foi decidido que seria necessário uma manutenção preventiva mais eficaz, principalmente nos momentos em que o equipamento não estivesse em operação.

4.3. Ações da equipe multidisciplinar

As equipes planejaram ações preventivas, aproveitando quaisquer paradas nos equipamentos para fazer inspeção e eventual manutenção preventiva, e ao mesmo tempo procurou-se manter o ambiente limpo e organizado.

Quanto ao tempo de *setup*, observou-se que o tempo de troca das fôrmas é consideravelmente maior que o tempo de troca das sapatas. Assim, procurou-se minimizar as trocas de fôrma durante o dia, programando as trocas para o final do dia, já prevendo a produção do dia seguinte.

Com tais medidas, pode-se alcançar um resultado de 64,07% de eficiência geral de equipamentos (OEE), atingindo, assim, a meta estabelecida para o primeiro ano.

Seguem as estatísticas referente ao OEE mensal durante o primeiro ano da implementação da metodologia proposta.

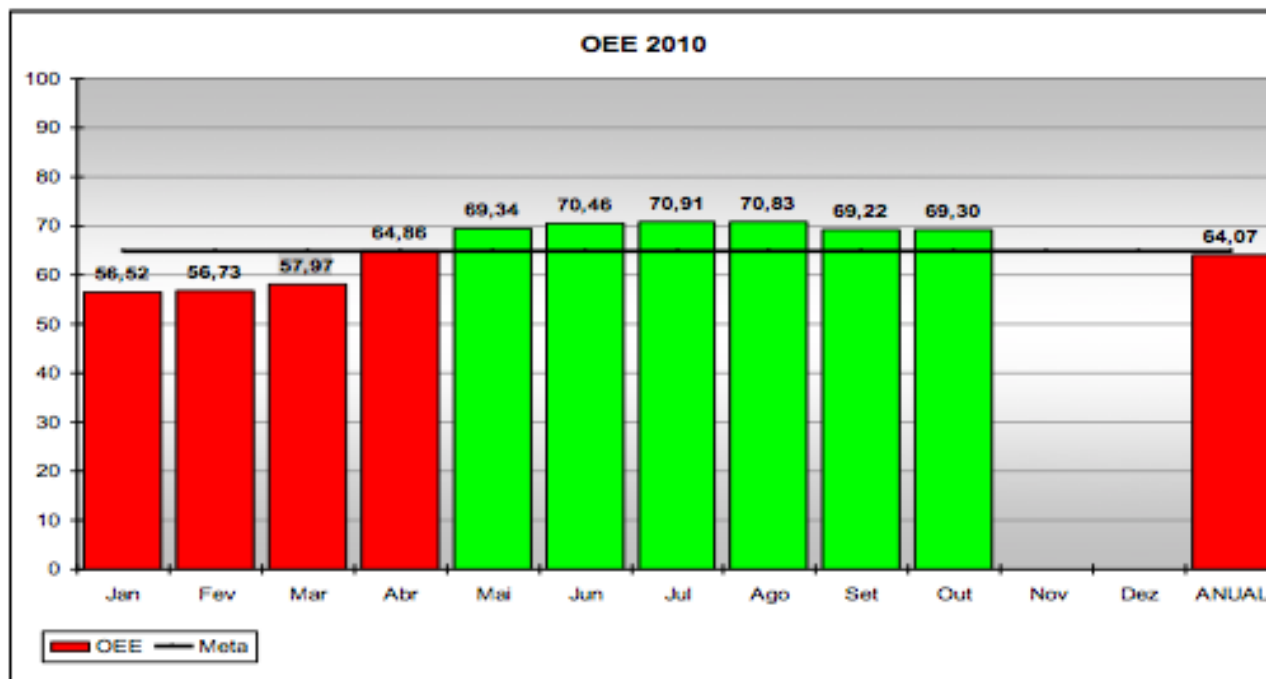


Figura 6: Gráfico de OEE mensal de janeiro/2010. Fonte: Autoria própria

4.4. Comparativo entre Janeiro e Outubro de 2010

Após 10 meses de análise do OEE, realizando a manutenção preventiva na medida do possível, conseguiu-se uma melhora significativa, com 12,78% de diferença total no OEE entre os meses de Janeiro e Outubro.

	2010	Janeiro	Outubro
OEE (%)		56,52	69,30
Utilização (%)		67,34	80,69
Desempenho (%)		83,93	85,60
Qualidade (%)		100	100

Tabela 2: Comparativo entre Janeiro e Outubro de 2010 Fonte: Autoria própria

É válido observar que, o indicador de Qualidade adotado de 100%, não impede a realização da gestão do OEE e a busca da melhoria contínua. O indicador de eficiência global mostra objetivamente o desempenho e as principais perdas relativas ao processo na produção de refratários. Em alguns casos, em empresas que competem por prazo, a Qualidade 100% pode indicar precisamente a ineficiência real dos equipamentos, focando nos parâmetros de Disponibilidade e Velocidade.

A Figura 7 descreve as horas de interferência referente ao mês de Outubro.

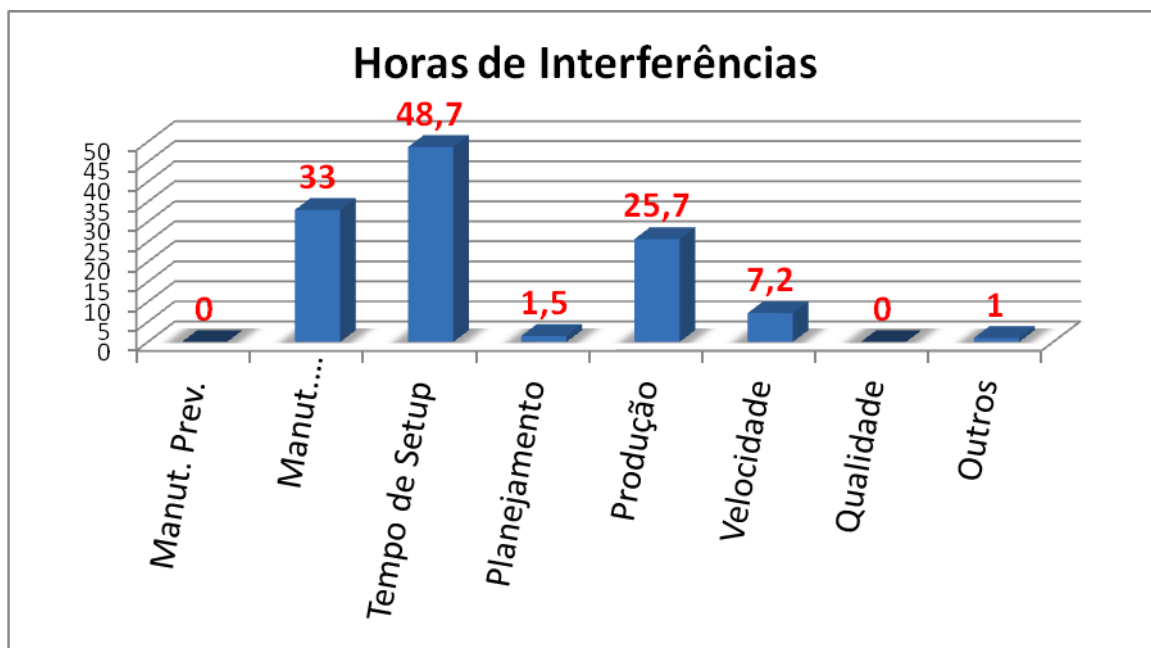


Figura 7: Interferências outubro/2010. Fonte: Autoria própria

Como era esperado, o tempo “perdido” com a manutenção preventiva ficou nulo, pois esta passou a ser realizada durante outras paradas, consequentemente os equipamentos tiveram um menor índice de falhas e menos necessidade de manutenção corretiva, e a produção ocorreu melhor sem interferências.

5. Conclusão

A implementação do sistema de gestão de OEE, iniciada no primeiro semestre de 2010, tendo sido acompanhada para efeitos de estudo acadêmico e elaboração deste artigo, até o final do mesmo ano, outubro de 2010.

Como o estudo se trata de implementação de uma metodologia própria desenvolvida, pode-se destacar as dificuldades encontradas no início, como o treinamento e conscientização da massa operária quanto ao trabalho de coleta de dados para análise. As planilhas eletrônicas, criadas para a entrada e análise de dados através de gráficos e tabelas, permitiram o acompanhamento direto ao longo dos meses.

O primeiro resultado observado, referente ao mês de janeiro, permitiu visualizar as principais fontes de perdas com manutenção e o indicador de Qualidade de 100%. Com as ações adotadas pelas equipes multifuncionais, encarregadas das prensas em questão, foi possível se obter um aumento no OEE, confrontando janeiro e outubro.

Através da análise dos parâmetros que compõem o cálculo do OEE, percebe-se que mesmo em caso de indicadores de qualidade ou de velocidade ou de disponibilidade bastante elevados, a gestão de OEE ajuda a melhorar de forma consistente, os indicadores. O desempenho de 100% no indicador de Qualidade não diminuiu a importância e aplicação desta ferramenta de gestão.

Por fim, pode-se perceber o quanto a implantação do conceito de OEE e a natural preocupação com tal indicador, permitiu uma melhor visualização dos motivos de paradas no equipamento para correção e a consequente diminuição destas paradas ou perdas.

Referências

- BAMBER, C. J.; CASTKA, P.; SHARP J. M.; MOTARA, Y.** Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 9 No. 3, 2003.
- BESSANT, C. J.; CAFFYN, S.; GALLAGHER, M.** An evolutionary model of continuous improvement behaviour. *Technovation*. Vol. 21 No. 1, 2001.
- BESSANT, C. J.; CAFFYN, S.; GILBERT, J.; HARDING R; WEBB, S.** Rediscovering continuous improvement. *Technovation*, Vol 14 No. 1, 1994.
- BLACK, J. T.** The design of the factory with a future. New York, McGraw-Hill, 1991.
- CAFFYN, S.** Development of a continuous improvement selfassessment tool. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19, No. 1, 1999.
- GOLDRATT, E. M.** What is this thing called Theory of Constraints and how should it be implemented?. Massachusetts: North River Press, 1990.
- HANSEN R. C.** Eficiência Global dos Equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para aumento dos lucros. Tradução de Altair Flamarion Klippel; Bookman, Porto Alegre, 2006.
- NAKAJIMA, S.** Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Productivity Press, Cambridge, 1984.
- NAKAJIMA, S.** Introduction to Total Productive Maintenance. Productivity Press, Cambridge, 1988.
- PINTELON, L.; MUCHIRI, P.** Performance Measurement Using Overall Equipment Effectiveness (OEE): Literature Review & Practical Application Discussion. *International Journal of Production Research*, 2010.