

O USO DO INDICADOR OEE COMO FERRAMENTA NA TOMADA DE DECISÕES EM UMA INDÚSTRIA GRÁFICA – UM CASO PRÁTICO

THE USE OF OEE INDICATOR AS A DECISION-MAKING TOOL IN A PRINTING INDUSTRY - A CASE STUDY

Izabel Cristina Zattar

Universidade Federal do Paraná - UFPR

Doutora em Engenharia Mecânica

Departamento de Engenharia de Produção

Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Centro Politécnico –
Jardim das Américas – Caixa Postal 19011, 81531-990 Tel.: (0xx41) 3061-3035
Curitiba – PR, Brasil.

E-mail: izabel.zattar@ufpr.br

Samuel Rudek

Universidade Federal do Paraná - UFPR

Bacharel em Matemática Industrial

Departamento de Matemática

Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas - Centro Politécnico.
Caixa Postal 019081 Jardim das Américas – CEP 81531-990
Curitiba – PR, Brasil.

E-mail: samueldrudek@gmail.com

Geizy Siélly Turquino

Universidade Federal do Paraná - UFPR

Graduanda em Engenharia de Produção

Departamento de Engenharia de Produção

Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Centro Politécnico –
Jardim das Américas – Caixa Postal 19011, 81531-990 Tel.: (0xx41) 3061-3035
Curitiba – PR, Brasil.

E-mail: geizy_sielly@yahoo.com.br

RESUMO: O presente artigo trata do uso do indicador OEE – *Overall Equipment Effectiveness*, uma ferramenta da metodologia TPM – *Total Productive Maintenance*, aplicado ao setor produtivo de uma indústria gráfica da cidade de Curitiba. São apresentadas as etapas de implementação do modelo em uma máquina piloto escolhida para estudo de caso, bem como os dados necessários para a aplicação do OEE, sua coleta, apresentação e os processos de cálculo. Finalmente são apresentados e discutidos os resultados obtidos.

Palavras-Chave: OEE. Produtividade. Indústria gráfica.

ABSTRACT: This article discusses the use of indicator OEE - Overall Equipment Effectiveness, a tool of TPM - Total Productive Maintenance, applied to the productive sector of the printing industry of the city of Curitiba. The presents steps for implementing the model on a pilot machine chosen and the data necessary for the implementation of OEE, besides its collection, presentation and calculation procedures. Finally we show and discuss the results.

Keywords: OEE. Productivity. Printing industry.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Gráfica – ABIGRAF, entre os anos de 2007 e 2008 houve um aumento de quase 150 milhões de dólares em investimentos no setor gráfico do Brasil. Isto mostra a competitividade do setor e a importância das organizações que o compõem buscarem cada vez mais o aperfeiçoamento e a eficiência de seus processos. Somente na empresa alvo deste estudo de caso, foram investidos nos últimos anos, aproximadamente 50 milhões de dólares no setor produtivo, buscando assim aumentar sua capacidade de produção, bem como manter sua liderança de mercado.

A empresa apresentada neste artigo é líder nacional no setor de impressos promocionais e livros didáticos, com uma área de mais de 50.000 m² na Cidade Industrial de Curitiba. Seu parque industrial, o maior da América Latina, conta com uma equipe de mais de 950 funcionários distribuídos entre as funções administrativas e operacionais. Atuando nas duas principais divisões da comunicação gráfica, promocional e didática, a empresa dispõe de um portfólio variado que vai desde impressos de 2, 4, 8, 12 ou 24 páginas no formato de tablóide, até formatos de revista e *pocket* (livro de bolso), sendo que as possibilidades neste caso são de impressos de 16, 32 e 64 páginas, com uma produção mensal que varia entre 20 a 30 milhões de impressos comerciais e de 2 a 5 milhões de livros didáticos.

Com este novo investimento, e alinhado com o planejamento estratégico da empresa o qual visa sua ampliação, observou-se a necessidade da implantação de índices capazes de representar a eficiência e produtividade de seus recursos fabris, bem como auxiliar no processo de decisão para melhorias de processo ou novos investimentos.

Desta forma, a partir das necessidades detectadas, foram levantadas as metodologias que possivelmente apresentariam estes índices de forma satisfatória, obtendo-se pelo uso do indicador de Eficiência Global do Equipamento (OEE - *Overall Equipment Effectiveness*). Sua escolha se deu principalmente por sua facilidade e rapidez de implantação, bem como pela facilidade de treinamento dos operadores e facilidade de interpretação.

2 REVISÃO DE CONCEITOS

Conforme Shingo (1996) existem operações que agregam valor ao produto/serviço e as que não agregam. A Manutenção Produtiva Total (TPM - *Total Productive Maintenance*) é uma ferramenta que pode auxiliar na redução de reparos feitos em máquinas, muitas vezes realizados pelo próprio operador, por meio da manutenção autônoma, aumentando a eficiência dos equipamentos. Segundo Nakajima (1989), a TPM baseia-se em três conceitos

interrelacionados, (a) maximização da eficiência dos equipamentos; (b) manutenção autônoma executada por operadores; e (c) pequenos grupos de atividades. A TPM vai muito além de uma forma de se fazer manutenção, é uma filosofia gerencial, atuando na forma organizacional, no comportamento das pessoas, e na forma com que tratam os problemas diretamente ligados aos processos produtivos (MARTINS; LAUGENI, 2005). Dentro deste contexto o OEE - *Overall Equipment Effectiveness* pode ser considerado uma combinação de operação, manutenção e gerenciamento dos equipamentos e recursos de manufatura (DAL, 2000). De acordo com Ericsson (1997) dados precisos de *performance* de equipamento são essenciais para o sucesso e continuidade das atividades ligadas a TPM. Se a extensão e as razões para as perdas de produção não forem totalmente compreendidas, então nenhuma ação relativa a TPM pode ser empregada de forma satisfatória. As perdas de produção, em conjunto com os custos indiretos e ocultos, constituem a maior parte do custo de produção total (NAKAJIMA, 1988; ERICSSON, 1997). O uso de OEE pode ser visto como uma tentativa de revelar os custos ocultos de produção (NAKAJIMA, 1988).

2.1 OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

As métricas OEE - *Overall Equipment Effectiveness*, são umas das ferramentas utilizadas na TPM, representada na forma de um conjunto de indicadores, que tem como objetivo fornecer uma medida para o acompanhamento da produtividade da fábrica, considerado simultaneamente a utilização dos equipamentos, sua produtividade e a qualidade da produção final. É a evolução métrica da filosofia TPM, sendo mensurada a partir da estratificação das seis grandes perdas dos equipamentos, descritas dentro da filosofia TPM. Estas perdas são ocasionadas por (a) avarias; (b) mudança, ajustes e outras paradas; (c) Pequenas paradas; (d) redução de velocidade; (e) Defeitos de retrabalho; e (f) perdas de arranque. O valor do indicador OEE é expresso em percentual, sendo calculado pelo produto das taxas de disponibilidade do equipamento, desempenho (*performance*) e qualidade, conforme apresentado na Equação 1.

$$\text{OEE (\%)} = \text{DISPONIBILIDADE} \times \text{PERFORMANCE} \times \text{QUALIDADE} \quad (1)$$

Sendo que a taxa de disponibilidade é dada pela relação entre o tempo real de produção e o tempo disponível para produção; a taxa de *performance* é a relação entre a velocidade de produção do equipamento e a velocidade nominal do fabricante. Para Nakajima (1989), a diferença entre a *performance* teórica e real deve-se às perdas relacionadas às pequenas

paradas e à queda de performance da máquina (queda da velocidade para qual a máquina foi projetada). Se a *performance* for superior a 100% significa que o equipamento produziu com velocidade média acima da velocidade nominal; e finalmente a taxa de qualidade é a proporção de defeitos em relação ao volume total produzido. A Figura 1 apresenta a relação entre as grandes perdas do equipamento com cada uma das taxas que compõem o cálculo do indicador OEE.

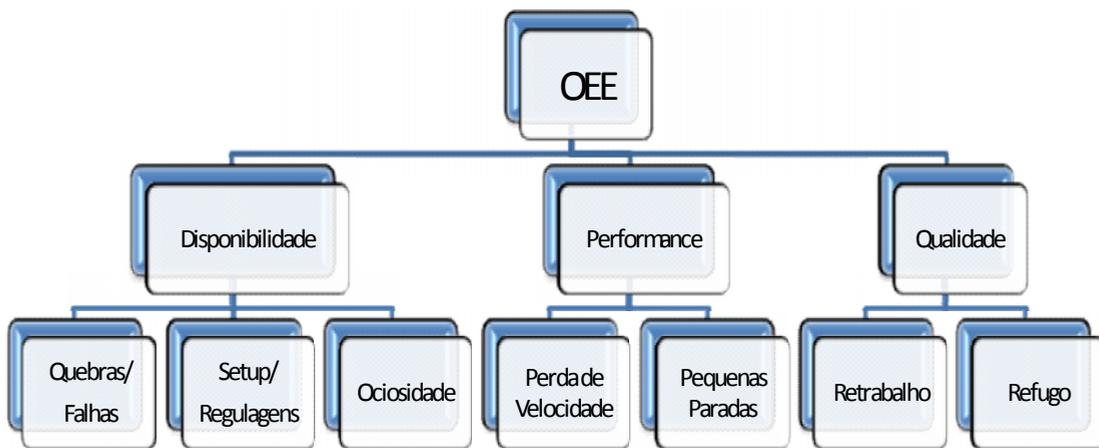


Figura 1 – Relação entre as grandes perdas do equipamento com cada um dos elementos do cálculo do OEE

Fonte: Adaptado de NAKAGIMA, 1988.

A fim de adaptar as perdas para a realidade da indústria gráfica alvo deste estudo de caso, também foi considerado a ociosidade de máquina para o cálculo da taxa de disponibilidade, visto que a mesma pode ser causada pela sazonalidade na demanda. A sazonalidade, por sua vez, ocorre na indústria estudada, pela produção de encartes comerciais, pois os mesmos são geralmente produzidos num mesmo período do mês, normalmente na primeira quinzena tendo como foco os trabalhadores assalariados. Esta sazonalidade afeta diretamente a disponibilidade do equipamento causando uma queda do valor do OEE.

2.2 Desenvolvimento e aplicação do conceito OEE

Originalmente, Nakajima (1988) propôs o uso das métricas OEE para a medição de equipamentos individuais, entretanto, devido ao aumento de seu uso na indústria, e da comprovação de sua validade como ferramenta de medição de *performance*, qualidade e disponibilidade, o escopo de sua utilização foi sendo cada vez mais ampliado.

Sherwin (2000), propôs o uso do OEE como ferramenta para medir a *performance* de um processo completo, já Nachiappan e Anantharam (2006), utilizaram as métricas OEE para

a análise de desempenho de uma linha contínua de manufatura, por meio do conceito de *Overall Line Effectiveness* – OLE. Outros trabalhos comprovando a eficácia do conceito OLE, podem ser encontrados em Oechsner *et al.* (2003) e Braglia *et al.* (2009).

Ainda dentro da idéia da ampliação do uso das métricas OEE, Garza-Reyes (2008) e Garza-Reyes *et al.* (2008), passam a considerar a eficiência do material empregado, bem como a variação dos custos de material e processos, enquanto Bamber *et al.* (2003), utiliza o OEE como um direcionador para a melhoria da performance, por meio da busca da redução de atividades que não agregam valor em uma empresa de manufatura, sob o ponto de vista de negócio. Em Raouf (1994) formulou uma nova métrica por meio da alocação de pesos aos diferentes fatores que afetam o resultado do OEE, o autor explica que estes fatores não são igualmente importantes para todos os casos estudados, sendo que sua importância varia de caso a caso.

3 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Garza-Reyes *et al.* (2009) explicam que, apesar de estudos de caso reais, realizados diretamente no chão-de-fábrica serem mais desejáveis, este tipo de abordagem muitas vezes pode se revelar pouco prática, sendo cara, consumir uma grande quantidade de tempo, sofrer inúmeras interrupções e finalmente se tornar impraticável.

Tendo em mente estas considerações, decidiu-se junto à empresa fazer um estudo piloto, para isto foi estabelecido que a aplicação das métricas OEE teria como alvo primeiramente, uma única máquina, a qual deveria ser pertencente a um grupo de máquinas similares, a fim de facilitar sua replicação futura. Em seguida estabeleceu-se a janela de tempo de coleta de dados, a qual compreenderia um período de trinta dias. Finalmente, para uma melhor compreensão e colaboração por parte dos envolvidos na empresa, optou-se pela padronização e utilização de uma nomenclatura própria da indústria gráfica. Todas estas etapas, bem como as demais que compõem este trabalho, serão detalhadas a seguir.

3.1 Etapas de implantação

Para o desenvolvimento do estudo de caso na empresa escolhida, foi elaborada uma seqüência de oito etapas, as quais são apresentadas no (Quadro 1). Este artigo aborda as etapas compreendidas entre a definição de uma máquina piloto, até a análise de resultado do indicador OEE para o recurso escolhido.

Para a definição do equipamento a ser utilizado como piloto para a implantação do indicador OEE, optou-se por uma máquina de dobra. Esta escolha foi baseada em três

motivos, que são (a) a máquina representa um gargalo na saída da produção, ditando o ritmo do fluxo de outros processos da indústria; (b) simplicidade e rapidez na coleta dos dados, por ser uma máquina que utiliza uma equipe de duas pessoas para operá-la, ou seja, não haveria problemas na coleta dos dados por falta de tempo por parte do operador, e (c) a máquina faz parte de uma família de máquinas similares, o que era uma das condições iniciais definidas para a resolução do problema. No presente trabalho, a máquina de dobra será identificada simplesmente como Dobra A.

ETAPA	PROCESSO
1	Definição de uma máquina para iniciar o projeto piloto
2	Levantamento dos dados da máquina
3	Levantamento de necessidades de dados
4	Coleta de dados em um período de tempo
5	Cálculo do OEE
6	Análise dos resultados
7	Implementação em um grupo de máquinas
8	Implementação em todas as máquinas da fábrica

Quadro 1 – Etapas de implementação do OEE

Fonte: Rudeck; Zattar (2010)

No decorrer do estudo de caso, observou-se que a máquina escolhida havia sofrido uma série de atualizações tecnológicas, feitas no equipamento após a sua aquisição, e que os dados específicos de operação da máquina de dobra obtidos junto à empresa que representa o fabricante do equipamento no Brasil, deveriam ser checados em campo ao longo do período de trinta dias, com a máquina trabalhando em regime normal, a fim de validar a etapa de levantamento de dados da máquina. Os dados nominais da Dobra A foram obtidos por meio do site do fabricante *MBO - MaschinenbauOppenweiler Binder of Germany* (www.mboamerica.com), sendo que a máquina escolhida possuía velocidade nominal de 10.000 exemplares por hora, com um ciclo mensal variando entre 2 a 4 milhões de exemplares.

Para o levantamento das necessidades de dados, foram verificados quais seriam os parâmetros necessários para o cálculo do indicador OEE. Concluiu-se que seriam necessários os tempos de duração de produção e de paradas, bem como os valores quantitativos de produção e perdas. Foi então criado um boletim de produção onde o operador do equipamento relataria cada evento ocorrido na máquina, assinalando os horários de início e fim do mesmo e utilizando uma nomenclatura padronizada da indústria gráfica, para cada ocorrência. Esta nomenclatura foi chamada de apontamento e será descrita no item 3.2 nomenclatura utilizada, do presente artigo.

Finalmente, para a de coleta de dados, foi estipulado um período de observação com a duração de um mês, o que representa um ciclo de faturamento para a empresa escolhida. Durante este período foram preenchidos diariamente os boletins de ocorrência pelos operadores da máquina, sendo posteriormente inseridos em um sistema de controle da empresa. Ao final do período de trinta dias, os dados foram disponibilizados na forma de base de dados, a qual foi tratada e apresentada em uma interface desenvolvida especialmente para este fim, a ser descrita no item 3.3.

3.2 Nomenclatura utilizada

Como citado anteriormente, durante trinta dias foram coletados os dados de produção da máquina dobra A, verificando informações de tempo e perdas em *setup*; volume, velocidade e de produção, além dos tempos de paradas não programadas. Cada dado, na forma de um evento observado pelo operador da máquina, foi anotado seguindo uma nomenclatura padrão, especialmente adotada pela indústria gráfica, a qual descrevia os diversos acontecimentos. Essa nomenclatura é chamada internamente na empresa de apontamentos, pois apontam a realidade da máquina a cada instante observado, sendo que os apontamentos utilizados foram divididos em vinte diferentes classes. Conforme apresentado no (Quadro 2).

	DESCRIÇÃO	CATEGORIA
0	Refeição/Lanche	Improdutivo
1	Acerto	Setup
2	Virando	Produtivo
3	Aguarda Decisão	Improdutivo
4	Aguarda Papel	Improdutivo
5	Falta Serviço	Ociosidade
6	Falta Pessoal	Improdutivo
7	Falta Energia	Improdutivo
8	Regulagem de Rolaria	Improdutivo
9	Lubrificação/Limpeza	Improdutivo
10	Treinamento	Improdutivo
11	Final de Semana	Ociosidade
12	Deslocamento Pessoal	Improdutivo
13	Corretiva Elétrica	Manutenção
14	Corretiva Mecânica	Manutenção
15	Ajustes Operacionais	Improdutivo
16	Abastecimento De Papel	Improdutivo
17	Revisão de Material	Improdutivo
18	Limpeza Equipamento	Improdutivo
19	Manutenção Mecânica	Manutenção
20	Manutenção Elétrica	Manutenção

Quadro 2 – Apontamentos e Categorias
Fonte: Rudeck; Zattar (2010)

Sob o ponto de vista da utilização de mão-de-obra, os apontamentos ainda foram subdivididos em duas outras classes, (a) apontamento de máquina tripulada, relativo ao tempo

no qual o recurso ocupa mão-de-obra operacional no equipamento, ou seja, existe uma equipe de funcionários que o operam; e (b) apontamento de máquina não tripulada, tempo no qual o recurso não utiliza mão de obra operacional no equipamento. Finalmente, as classes foram divididas em seis diferentes categorias de eventos:

- a) **Setup** – Tempo utilizado na preparação do equipamento para produzir um determinado produto. Cada novo setup significa a troca do produto que está sendo processado. Máquina tripulada.
- b) **Produtivo** – Tempo em que o equipamento está apto a produzir. Máquina tripulada;
- c) **Improdutivo** – Tempo de paradas não programadas e que o equipamento deveria estar produtivo. Máquina tripulada.
- d) **Ociosidade** – Tempo que o equipamento está sem trabalho para produzir. Máquina não tripulada.
- e) **Manutenção Corretiva** – Paradas não programadas onde a equipe de manutenção presta trabalhos de reparação do equipamento. Máquina tripulada.
- f) **Manutenção Programada** - Paradas programadas para momentos em que a máquina está com ociosidade, porém considera-se esse tempo como máquina tripulada. A equipe de manutenção da empresa realiza trabalhos de manutenção preventiva do equipamento.

3.3 Interface

Para a execução da etapa 5 do estudo de caso, relativa ao cálculo do OEE, bem como para facilitar a visualização e compreensão dos dados coletados, foi elaborada uma interface utilizando o MS-Excel® e macros em programação VBA – *Visual Basic for Applications*, apresentada na Figura 2.

Esta interface também permite a leitura e tratamento dos apontamentos repassados pela produção na forma de banco de dados. O uso da linguagem da linguagem VBA foi considerado adequado, uma vez que a mesma segue os padrões de programação mundial, utilizando-se de funções lógicas e matemáticas.



Figura 2 – Tela inicial de apresentação de dados
 Fonte: Rudeck, Zattar (2010)

Na tela de apresentação de dados, Figura 3, são encontradas opções de importação de banco de dados, visualização dos resultados na forma numérica e visualização dos resultados por meio de gráficos de Pareto.

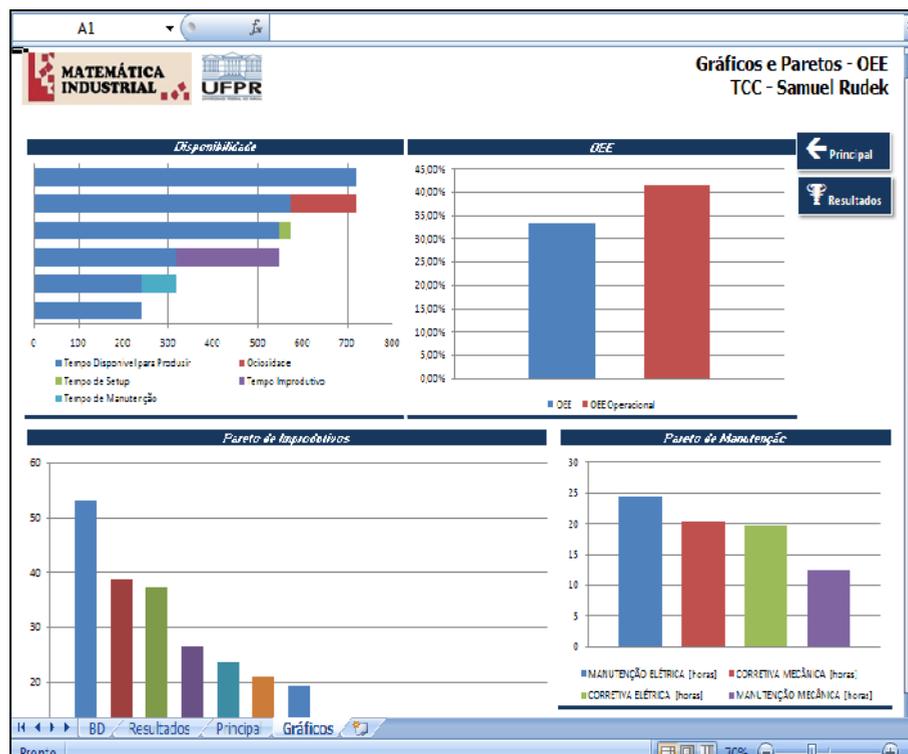


Figura 3 – Tela de gráficos
 Fonte: Rudeck, Zattar (2010)

A interface também disponibiliza uma ajuda ao usuário, com uma explicação sobre sua utilização, sobre a categorização dos dados obtidos e a opção de atualização dos gráficos cada vez que um novo dado é inserido no banco de dados.

4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS

Para facilitar a compreensão do leitor, bem como da gerencia e funcionários envolvidos, observou-se a necessidade de uma padronização de informações antes da etapa de cálculo do OEE, sendo utilizada para isto uma terminologia própria da empresa, a qual define as parcelas de tempo que compõe o *setup* da máquina considerada. Esta nomenclatura define que:

- a) **Giro**- unidade de produtividade do equipamento. Um giro equivale a um exemplar de produto que passa pela máquina e pode representar a saída de material conforme ou a saída de material defeituoso, neste caso chamado de giro de desperdício.
- b) **Acerto**- Refere-se ao tempo em que o equipamento está sendo preparado para o início do trabalho. Giro de acerto refere-se ao refugo gerado (não-conforme) enquanto o equipamento estava em *setup*.
- c) **Virando** – refere-se ao equipamento produtivo. Giro virando é a denominação dada para a produção de material considerado conforme; e
- d) **Horas Nominais** - tempo em horas que o equipamento levaria para executar um mesmo serviço rodando à velocidade nominal estipulada pelo fabricante.

A seguir são apresentados os dados obtidos para cada um dos fatores que compõem o cálculo do OEE para a empresa escolhida, que são a taxa de disponibilidade, *performance* e qualidade.

4.1 Taxa de disponibilidade

Para o cálculo da taxa de disponibilidade foi considerado como tempo total disponível o período de 24 horas multiplicado por 30 dias, totalizando 720 horas. Embora não seja usual na análise do OEE não considerar as paradas de final de semana e feriados, este período de 720 horas totais foi incorporado ao cálculo a pedido da empresa. Atualmente uma jornada de trabalho para a dobra A, equivale a 6 dias semanais e um dia de descanso, além de não trabalhar em feriados, porém a empresa possui planos de expansão, no qual pretende utilizar este recurso 7 dias por semana em três turnos. Para que este período total disponível não resultasse em um valor sem representatividade, quando do cálculo da ociosidade, os tempos

foram divididos em (a) falta de serviço, e (b) final de semana. O Gráfico 1 apresenta o Pareto obtido a partir dos dados coletados no período.

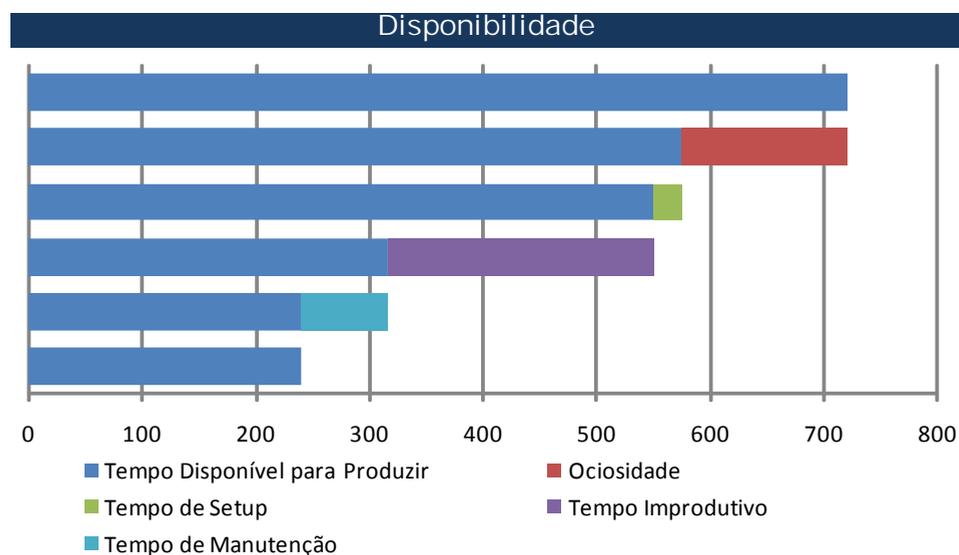


Gráfico 1 – Dados de disponibilidade para o período analisado
Fonte: Rudeck, Zattar (2010)

Pode-se observar que a maior representatividade em perdas é causada pela soma dos tempos improdutivo da máquina, com mais de duzentas horas, seguido pelos tempos de ociosidade, manutenção e *setup*. A Tabela 1 apresenta quantitativamente os fatores que compõem a perda por tempos improdutivo.

TEMPOS IMPRODUTIVOS	
Refeição/lanche [horas]	23,73
Aguarda decisão [horas]	0,00
Aguarda matéria-prima [horas]	20,97
Falta energia [horas]	0,00
Falta de serviço [horas]	17,62
Regulagem de rolaria [horas]	26,48
Lubrificação/limpeza equip [horas]	37,27
Treinamento [horas]	2,37
Deslocamento de pessoal [horas]	53,20
Ajustes operacionais [horas]	38,83
Abastecimento de papel [horas]	0,00
Revisão de material [horas]	10,70
Limpeza equipamento [horas]	19,20
Tempo total improdutivo [horas]	232,75

Tabela 1 – Apontamentos de Improdutividade
Fonte: Rudeck, Zattar (2010)

A análise dos tempos improdutivo revelou que os tempos relativos ao deslocamento de pessoal, seguido de ajustes operacionais e lubrificação/limpeza do equipamento, eram os mais significativos., representando 55,56% do total.

A segunda maior parcela de tempo que influenciou na taxa de disponibilidade foi o tempo de ociosidade. Como apresentado anteriormente no quadro 2, a categoria ociosidade contempla os valores de tempo em que a máquina tem disponibilidade para produzir, porém não há serviço para ser executado. Os tempos relativos à ociosidade de máquina são apresentados na Tabela 2.

OCIOSIDADE	
Falta de serviço [horas]	17,62
Final de semana [horas]	127,25
Tempo Total Ocioso [horas]	144,87

Tabela 2 – Tempos de Ociosidade
Fonte: Rudeck, Zattar (2010)

A partir destes tempos observou-se que os finais de semana representaram a maior parte da ociosidade no período, totalizando 127,25 horas, ou seja, em 87,8% do tempo que o equipamento está ocioso, enquanto a falta de serviço representa apenas 12,2% deste índice.

Outro fator significativo na taxa de disponibilidade foram os tempos relativos à manutenção, cujos valores são apresentados na Tabela 3.

MANUTENÇÃO	
Corretiva Elétrica [Horas]	19,83
Corretiva Mecânica [Horas]	20,45
Manutenção Mecânica [Horas]	12,48
Manutenção Elétrica [Horas]	24,42
Tempo total de Manutenção [horas]	77,18

Tabela 3 – Apontamentos de Manutenção
Fonte: Rudeck, Zattar (2010)

Como resultado desta análise, observou-se que as maiores perdas de produtividade por manutenção, eram causadas primeiramente por manutenção elétrica, sendo seguida por manutenções corretivas, tanto de natureza mecânica quanto elétrica. Durante o período avaliado, o recurso necessitou de manutenção durante 77,18 horas, sendo que destas 52,2% foram manutenções corretivas e 47,8% programadas. Outra constatação importante foi o fato de que a manutenção elétrica, corretiva ou não, foi responsável por 57,33% das paradas, contra 42,67% da soma das manutenções mecânicas.

Finalmente, o último fator de influência na taxa de disponibilidade é apresentado na tabela 4, onde são especificados os diversos tipos de *setup* que formam o tempo total de *setup* encontrado para o período. Para a obtenção dos valores de *setup* primeiramente foram somadas as horas dos apontamentos de acerto e os respectivos valores de desperdício, além de obter a quantidade destas ocorrências, o que equivale ao número de *setups* da máquina no

período. Com esses dados é possível calcular os índices de tempo médio de acerto (TMA) e giro médio de acerto (GMA).

SETUP		
Tempo Médio de Acerto (TMA) [horas]	0,85	<u>Tempo Total Acertos</u> Nº Acertos
Giro Médio por Acerto (GMA) [giros]	25,40	<u>Desperdício total em</u> <u>Acerto</u> Nº Acertos
Desperdício Total em Acerto [giros]	762,00	Quantidade de Giros utilizados em Setup
Número de Acertos (A)	30,00	Quantidade de Setups no período
Tempo total de Setup [horas]	25,58	

Tabela 4 – Apontamentos de *Setup*
Fonte: Fonte: Rudeck, Zattar (2010)

Para o período estudado, o equipamento dobra A executou 30 diferentes tipos de produtos, sendo que cada novo *setup* esta associado a um novo processo, com um tempo médio de 0,85 horas por *setup*, resultando em um tempo total de *setup* de 25,58 horas.

4.2 Taxa de *Performance*

Conforme citado anteriormente, a taxa de *performance*, ou taxa de rendimento, é a relação entre a velocidade de produção do equipamento e a velocidade nominal do fabricante. No período analisado foi observado que o recurso Dobra A desempenhou uma velocidade média maior que a sua velocidade nominal fornecida pelo fabricante, produzindo a mais do que o valor de 10 mil exemplares a cada hora. Neste ponto foi necessário estudar os motivos que levaram a esta ocorrência. A dobra A é um equipamento configurado originalmente para executar trabalhos com três dobras em seqüência e capacidade de produção de 10.000 exemplares por hora, existe, porém, a possibilidade de ajustar o equipamento para executar trabalhos mais simples com apenas uma ou duas dobras. Nesta situação, a máquina necessita menos ajustes e o produto é processado em um tempo menor que para o produto com três dobras, portanto, o equipamento tem a possibilidade de executar tarefas com velocidades maiores que a estabelecida pelo fabricante. Foi observado também, que apesar da alta velocidade durante a produção, estes produtos não são afetados quanto à sua qualidade.

No período de trinta dias, relativos ao estudo de caso, foram processados 30 produtos diferentes, sendo que todos necessitavam menos de três dobras, o que afetou o resultado em termos de *performance*, a qual girou em torno de 10.074 exemplares por hora.

4.3 Taxa de Qualidade

Durante o período analisado, foram observados dois tipos de perdas que podem resultar em exemplares não conforme, o primeiro tipo é decorrente de ajustes do equipamento enquanto ativo, e o segundo pode ocorrer durante manutenções e novos arranques de máquina. Estes valores totalizaram 17.153 exemplares, o que representa 0,71% em relação ao total de 2.413.891 giros realizados (giros bons + desperdício).

É importante observar que este índice foi considerado aceitável, uma vez que a empresa trabalha com uma meta de 1% de produtos não conformes.

4.4 Cálculo do Indicador OEE

Com os dados obtidos, já apresentados nos itens 4.1 a 4.3, foram calculados os valores das taxas de disponibilidade, *performance* e qualidade, os quais são apresentados nas Equações 2 a 4.

$$\text{Disponibilidade \%} = \frac{239,62}{486,79} = 49,22\% \quad (2)$$

$$\text{Performance \%} = \frac{10074}{10000} = 107,24\% \quad (3)$$

$$\text{Qualidade \%} = \frac{2396738}{2413891} = 99,29\% \quad (4)$$

Com os valores de cada uma das taxas obtidos, foi então calculado o valor do índice OEE para o período observado. O valor encontrado é apresentado na equação 5, já descrita no item 2.1 do presente trabalho.

$$\text{OEE} = 33,28\% \times 100,74\% \times 99,29\% = 33,29\% \quad (5)$$

O valor do indicador OEE calculado representa a eficiência do equipamento em relação à sua ocupação, desempenho e qualidade. Segundo Nakajima (1989), um valor ideal de OEE deve girar em torno de 85%, ou seja, 51,71% a mais que o valor calculado neste caso.

Neste ponto a equipe resolveu em conjunto com a empresa, verificar a possibilidade de recalcular a taxa de disponibilidade, agora desconsiderando na soma do tempo total disponível os tempos relativos aos finais de semana (127,25 horas), refeições e lanches (23,73 horas), lubrificação do equipamento (37,27 horas) e limpeza do posto de trabalho (19,20 horas), os

quais se caracterizam como paradas programadas. A nova taxa de disponibilidade resultante é apresentada na equação 6, e o novo valor do indicador OEE é visto na equação 7.

$$\text{Disponibilidade \%} = \frac{239,62}{486,79} = 49,22\% \quad (6)$$

$$\text{OEE} = 49,22\% \times 100,74\% \times 99,29\% = 49,23\% \quad (7)$$

Observa-se, que mesmo ao se descontar do tempo total disponível todas as paradas programadas, o valor do indicador OEE, ainda permanece abaixo do indicado por Nakajima (1989) como um valor aceitável, desta forma foi necessário verificar quais são os principais apontamentos improdutivos, apresentados anteriormente na tabela 1, e sua influência na taxa de disponibilidade.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A dos dados encontrados constatou-se que a principal causa de improdutividade do equipamento foi apontada como “Deslocamento Pessoal”. Nesse caso, uma ação a ser tomada pela empresa é a verificação do motivo que este equipamento ficou improdutivo, num período de 30 dias, por 53,20 horas sem equipe de trabalho. É necessário um estudo para verificar se há necessidade de investimento em pessoal para aumentar a equipe, ou realizar uma mudança na forma de operacionalização do equipamento e/ou treinamento de pessoal. Outra razão para o deslocamento de pessoas esta relacionada ao fato de que os operadores são multi-tarefas, e que determinados mix de produção, podem exigir a presença de um operador em dois equipamentos ao mesmo tempo. Dificilmente uma análise poderá ser completa, sem o cálculo do indicador OEE para todos os equipamentos que compõem a área de dobradeiras da empresa, uma vez que o indicador aplicado a um único equipamento apresenta de forma “míope” suas interações com o restante do processo produtivo.

O segundo apontamento com grande representatividade na improdutividade do equipamento é referente aos “Ajustes Operacionais”, com um total de 38,83 horas. Este apontamento esta relacionado aos pequenos ajustes necessários ao funcionamento do equipamento. Uma solução para a diminuição deste tempo improdutivo seria um estudo de melhoria para a transformação de *setups* internos em externos, bem como o treinamento do operador para a realização das tarefas em um menor espaço de tempo.

Ainda no item disponibilidade, foi observado que o tempo de manutenção totalizou 77,18 horas, sendo que 24,42 horas foram dedicadas a manutenção elétrica. Tendo em vista essa situação, uma sugestão de melhoria foi à verificação nos fatores que podem influenciar a máquina a ter problemas elétricos, como por exemplo, falhas na tensão da rede elétrica (problemas externos) ou componentes elétricos do equipamento (problemas internos). Em relação ao apontamento como um todo, várias atitudes poderiam ser tomadas para sua redução, como uma melhor programação das manutenções preditiva e preventiva e o treinamento do operador para executar pequenas manutenções de forma autônoma no equipamento.

Em relação aos tempos em que a máquina esta parada aguardando matéria-prima e com falta de serviço, ociosa, sugeriu-se um estudo na programação da produção, a qual pode estar desbalanceada. Novamente, esta análise demonstra a importância da visão completa do sistema produtivo e de seus indicadores, sem os quais não poderá ser feito um estudo com resultados satisfatórios.

No presente estudo não se perceberam problemas com relação à perda de velocidade do equipamento, o que afetaria diretamente a taxa de *performance*, visto que de acordo com os dados coletados, e como discutido anteriormente, o mesmo trabalhou com velocidade média acima da velocidade nominal definida pelo fabricante. É importante observar que para situações cujas condições sejam diferentes das apresentadas, o aumento da velocidade nominal especificada pelo fabricante, pode impactar em um aumento do número de manutenções do equipamento, pois ao trabalhar fora de suas especificações originais, danos poderão ocorrer em componentes necessários ao seu correto funcionamento, bem como comprometer a qualidade do produto final. Observa-se, ainda, que muitas vezes o operador opta por aumentar a velocidade de trabalho da máquina para atingir metas de produtividade, não atentando a conservação do equipamento, o que gera custo não planejado para a empresa.

Ao se fazer este tipo de análise do índice de desempenho do OEE, podem-se observar estes pontos e realizar um trabalho de conscientização nos operadores, para que não seja levada em conta somente a produtividade, mas também a durabilidade e integridade do equipamento.

Finalmente, em relação às perdas por retrabalho e refugo, os quais estão relacionados diretamente a taxa de qualidade, observou-se que o índice de desperdício no período analisado foi relativamente baixo, de apenas 0,71%. Este valor resultou em uma taxa de qualidade de 99,29%, valor mais do que satisfatório tendo como comparação os modelos aplicados por Nakajima (1988), o qual considerava uma linha de produção com índices de qualidade acima

de 99%. Ainda segundo a empresa estudo de caso, a meta estabelecida como índice máximo aceitável de desperdício é de 1%, ou seja, no período analisado o equipamento cumpriu a meta estabelecida.

Como exemplo de ação corretiva, no caso em que o resultado não fosse satisfatório, poderia ser necessária a implantação de um grupo de melhoria. Um fator que pode ocasionar refugos em um recurso do tipo dobradeira pode ser gerado pela etapa anterior do processo gráfico. Uma dobradeira recebe como matéria-prima o material que já passou pelo processo de impressão, nesta etapa podem ocorrer problemas com a quantidade de tinta empregada no momento da gravação das imagens no papel, isto implica no aumento do peso da folha e na sensibilidade do papel, ocasionando falhas no momento em que as folhas passam pelos componentes da dobradeira.

6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Durante o período do estudo de caso, foram percebidas as peculiaridades do sistema de produção da indústria gráfica, e como elas poderiam ser representadas pelo indicador OEE, como por exemplo, a padronização da nomenclatura e a forma específica do cálculo do tempo de *setup*.

Por meio da interação com as demais áreas da empresa foram obtidas todas as informações necessárias para o cálculo das taxas, os quais poderão ser utilizados como ferramenta para o auxílio na tomada de decisões da empresa. De fato, a empresa onde foi desenvolvido este estudo, espera utilizar o indicador OEE como ferramenta de auxílio na tomada de decisões para futuros investimentos na ordem de U\$\$ 3 milhões de dólares, destinados à compra de novos equipamentos para o setor de produção, especificamente na área de impressão, onde atualmente a capacidade instalada não suporta a demanda de serviços.

Foi observado também, que a apresentação dos dados em uma planilha eletrônica facilita a visualização e também a interpretação dos resultados, tanto por parte dos operadores, quando da alta gerencia. Existem atualmente no mercado *softwares* específicos para cálculo de OEE, como o *OEE Toolkit* e o *OEE Impact*, porém ambos são *softwares* proprietários, o que gera custos na sua implantação, especialmente em pequenas empresas.

Uma sugestão para trabalho futuro é a automatização do sistema de coleta de dados do equipamento por meio de sistemas de contagem disponíveis no mercado ou do desenvolvimento de uma interface específica em uma linguagem baseada em *software* livre, como o JAVA por exemplo. Outra sugestão é a aplicação do conceito OLE - *Overall Line*

Effectiveness para a análise da linha de produção como um todo. Finalmente, sugere-se a replicação do estudo aos demais recursos da área de dobra da indústria estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA GRÁFICA. Disponível em: <<http://www.abigraf.org.br/>>. Acesso em: 15/05/2010.

BAMBER, C., CASTKA, P., SHARP, J. AND MOTARA, Y. Cross-functional team working for overall equipment effectiveness. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**. v. 9, n. 3, p. 223-39, 2003.

BRAGLIA, M., FROSOLINI, M. AND ZAMMORI, F. Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML): an integrated approach to assess systems performance. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 1, p. 8-29, 2009.

DAL, B.; TUGWELL, P; GREATBANKS; R. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement: A practical analysis. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 20, n. 5, p. 1488-1502, 2000.

ERICSSON, J. **Disruption Analysis ± An Important Tool in Lean Production**. Department of Production and Materials Engineering, Lund University, Lund, 1997.

GARZA-REYES, J.A. **An investigation of OEE and development of the improved measures of performance OEEp and ORE for manufacturing process management**, PhD thesis, Manchester Business School, The University of Manchester, Manchester, 2008.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Saraiva, 2005, p. 562.

NACHIAPPAN, R.M. AND ANANTHARAM, N. Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system, **Journal of Manufacturing Technology Management**. v. 17, n.7, p. 987-1008, 2006.

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

NAKAJIMA, S. **Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)**. Productivity Press, Cambridge. MA, 1988.

OECHSNER, R., PFEFFER, M., PFITZNER, L., BINDER, H., MULLER, E. AND VONDERSTRASS, T. From overall equipment efficiency (OEE) to overall fab effectiveness (OFE). **Material Science in Semiconductor Processing**. v.5, n.4, p. 333-9, 2003.

RAOUF, A. Improving capital productivity through maintenance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 14, n. 7, p. 44-52, 1994.

RUDEK, S., ZATTAR, I. C. **O uso do indicador OEE como ferramenta na tomada de decisões em uma indústria gráfica – um caso prático**, trabalho de conclusão de curso, Depto de Exatas, Universidade Federal do Paraná, 2010.

SILVA, J. P. A. R. da. **A forma de medir a Eficácia dos Equipamentos**. 15p. Disponível em: <<http://www.freewebs.com/leanemp Portugal>>. Acesso em 25/02/2010.

SHINGO, O. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. 2. ed., Porto Alegre, Artes Médicas, 1996.

SHERWIN, D. A review of overall models for maintenance management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 6, n.3, p. 137-64, 2000.