

AUMENTANDO O RETORNO DO INVESTIMENTO ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE MES E DE OEE¹

Rodrigo de Oliveira Machado²
Jardel Mendes Queiroz²

Resumo

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é um indicador aplicável a qualquer tipo de processo e amplamente usado para a busca de maior efetividade na operação dos ativos fixos da indústria. Seus fatores permitem a identificação das principais perdas, auxiliando o desenvolvimento de políticas bem focadas de melhorias. Para tanto, os dados necessários aos cálculos devem estar disponíveis e serem coletados com precisão, funções bem exercidas por sistemas MES. Além disso, é importante tomar alguns cuidados e medidas na adoção do OEE para não se mascarar os valores calculados, conduzindo o gestor a decisões equivocadas. Este artigo mostra a aplicação prática da utilização do OEE no MES, focando a análise na melhoria do Retorno Sobre Ativos (especialização do Retorno do Investimento) através da melhoria no indicador.

Palavras-chave: MES; OEE; ROI; ROA.

IMPROVING RETURN ON INVESTMENT THROUGH MES AND OEE

Abstract

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) is an indicator applicable to all kinds of processes and widely used in the search for greater effectiveness on the operation of the industrial physical assets. Its factors also allow the identification of key losses, helping the development of well-focused improvement policies. To do so, the necessary data for the calculations must be available and must be precisely collected, functions well performed by MES systems. Besides, it is important to consider some precautions and key issues while adopting OEE, so that masking values do not lead to wrong decisions. This article describes a practical application of OEE in MES, focusing the analysis on the Return Over Asset (a specialization of the Return On Investment) through improvement of the indicator.

Key words: MES; OEE; ROI; ROA.

¹ *Contribuição técnica ao 12º Seminário de Automação de Processos, 1 a 3 de outubro de 2008, Vitória, ES*

² *Engenheiro de Controle e Automação, Departamento de Tecnologia da Informação da ATAN Sistemas, Belo Horizonte – MG, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

O indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é tipicamente formado por um conjunto de fatores que medem a disponibilidade dos equipamentos, sua eficiência operacional e a qualidade do produto final. A análise do indicador e de seus fatores possibilita à indústria aumentar a sua competitividade através dos ganhos de eficiência global. Tais ganhos advêm da maximização da utilização dos ativos fixos já instalados, aumentando a produtividade sem a necessidade de novos investimentos em capacidade física.

Os sistemas MES (*Manufacturing Execution System*) possibilitam a adequada coleta dos dados que geram estes indicadores. A correta entrada de dados de paradas e do tempo de produção, não permitindo o conflito dos dados no tempo, é fundamental para a qualidade e veracidade dos indicadores. Ademais, informações como os tempos padrão de produção em cada equipamento e as quantidades de peças defeituosas produzidas também são necessárias e fazem parte do escopo de atuação do MES.

Este trabalho analisa a correta coleta de dados, o cálculo e a utilização do OEE em sistemas MES. A partir da mensuração do indicador, é possível identificar gargalos, planejar, implantar e acompanhar um conjunto de melhorias focadas visando à maximização do retorno do investimento sobre os ativos. Analisando os valores e relatórios gerados, é possível diagnosticar os desvios, e a partir daí tomar ações corretivas.

1.1 Revisão da Literatura

1.1.1 MES

Até o início dos anos 80, havia no ambiente das grandes indústrias uma grande lacuna de informação entre o nível de controle dos processos no chão de fábrica e o nível gerencial. O primeiro, onde estão as lógicas de controle e os sistemas supervisórios, tipicamente representado pelos sensores, atuadores, Controladores Lógicos Programáveis (CLP) e sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), gera uma massa muito grande de dados de processo, os quais nem sempre são devidamente organizados e têm um destino bem definido dentro da organização. O segundo, tipicamente representado pelos chamados softwares ERP (*Enterprise Resource Planning*), engloba, dentre outras, as funções de distribuição, gerenciamento de produtos acabados e de fornecedores. Muitas vezes, além disso, realiza também a função de MRP (*Material Resource Planning*), isto é, a gestão de estoques baseada nos pedidos de clientes e nas quantidades e tempos envolvidos na produção dos produtos acabados. É bastante evidente nesse cenário que há grande correlação entre os dados tratados por um nível e aqueles tratados pelo outro. Por exemplo, uma quebra em um equipamento na linha de produção certamente causará alterações no planejamento feito pela gerência.

Entretanto, na maior parte dos casos, alterações imprevistas nos cenários planejados para qualquer um destes níveis levavam muito tempo para chegar ao outro extremo, impedindo que a empresa apresentasse a eficiência e rapidez exigidas pelos mercados atuais, marcados pelas pequenas margens de tempo e recursos e pela necessidade de escalabilidade e de reações cada vez mais rápidas às mudanças. Sob esse prisma surgiu, segundo Hadjimichael,

“uma ferramenta capaz de controlar as operações de produção possibilitando a realização de planos de gerenciamento e ainda provendo uma realimentação dos

dados provenientes do chão de fábrica, preenchendo, portanto, a lacuna de informação existente entre execução e gerência. Esta ferramenta corresponde ao chamado *Manufacturing Execution System (MES)*.”⁽¹⁾

Esse novo paradigma dentro da indústria é usualmente representado através de um esquema que retrata o processamento de dados e informações nos diferentes níveis dentro da organização, evidenciando ainda os tipos de aplicativos responsáveis por sua gestão em cada um desses níveis. A Figura 1 mostra este esquema, conhecido como a “Pirâmide da Automação na Indústria”.



Fonte: ATAN Sistemas de Automação e Informação
Figura 1. Pirâmide da Automação na Indústria

Para cumprir as funções para as quais foi idealizado, um sistema MES deve prover informação precisa e em tempo real de forma a guiar as atividades da produção, responder às mudanças ocorridas nelas e possibilitar a geração de relatórios, tudo na medida em que estas atividades acontecem. Essas funcionalidades contribuem não só para uma resposta mais eficiente a problemas no chão de fábrica como também para a gestão de estoques e pedidos.

Segundo a Mesa,⁽²⁾ sistemas MES combinam tanto restrições locais como globais numa visão macro da fábrica que retrata não somente aquilo que está ocorrendo neste momento, mas também o que deveria estar ocorrendo para que as metas estabelecidas sejam atingidas, apresentando o paralelo entre o programado e o real.

À medida que os sistemas MES tornaram-se cada vez mais específicos e complexos, surgiu a necessidade de definir-se um padrão para este tipo de aplicação. A norma ANSI/ISA 95.00.01⁽³⁾ especifica um conjunto de onze funcionalidades genéricas que compõem o núcleo fundamental de um sistema desse tipo para que ele seja implantado com sucesso na indústria de qualquer tipo de processo e agregue real valor ao negócio. Cumpre notar que as configurações e prioridades assumidas por cada uma dessas funcionalidades variam de acordo com as exigências de cada planta, requerendo a customização das soluções.

A análise do indicador OEE se enquadra na função de gerenciamento de ativos da fábrica (*Asset Management*), correspondendo às funcionalidades de Gerenciamento da Manutenção e Análise de Performance descritas na norma ISA.⁽³⁾

Hadjimichael⁽¹⁾ coloca em seu trabalho alguns dos principais benefícios da implantação com sucesso do MES, destacando-se aqui em especial aqueles ligados à análise de indicadores como o OEE:

- Grande auxílio no alcance de metas corporativas, tais como retorno de investimento de ativos, diminuição dos custos operacionais, redução dos gastos e adequação a regulamentações;
- Grande suporte à tomada de decisões de negócios em tempo real e uma visão clara de como os processos produtivos estão acompanhando os objetivos do negócio.

1.1.2 OEE

O indicador *Overall Equipment Effectiveness* é uma medida utilizada para indicar quantitativamente o quão efetiva está sendo a operação dos equipamentos inseridos num determinado processo produtivo. O conceito da métrica foi proposto por Seiichi Nakajima⁽⁵⁾. Inicialmente ela foi utilizada fortemente na indústria de semicondutores, que acabou por batizá-la com a sigla OEE. Por ser simples e claro, o OEE é bastante apreciado por gerentes e tomadores de decisão em geral, uma vez que concentra várias informações em uma única medida, o que facilita o trabalho de análise. Além disso, o indicador é aplicável aos mais diversos processos produtivos.

Em sua definição original, conforme Nakajima,⁽⁵⁾ o OEE é uma função da Disponibilidade (D), Performance (P) e Qualidade (Q) do equipamento. A fórmula canônica é:

$$\text{OEE} = D \times P \times Q$$

A Disponibilidade (D) mede o tempo em que o equipamento está produzindo em comparação ao tempo em que ele está inoperante por causa de quebras, *set-up* e outros ajustes ou outros motivos de parada. Trata-se de uma porcentagem que corresponde à razão entre o tempo real de operação e o tempo planejado, isto é, excluindo-se as paradas planejadas do tempo total. Assim:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo Real Operação}}{\text{Tempo Planejado Operação}}$$

O fator Performance (P) mede a razão entre a velocidade de operação atual do equipamento e a velocidade ideal deste. A velocidade atual corresponde à ideal menos as paradas curtas e as operações em marcha lenta. Normalmente, calcula-se o tempo que deveria ter sido gasto para a produção caso ela fosse realizada integralmente à velocidade ideal e compara-se com o tempo realmente gasto. Assim:

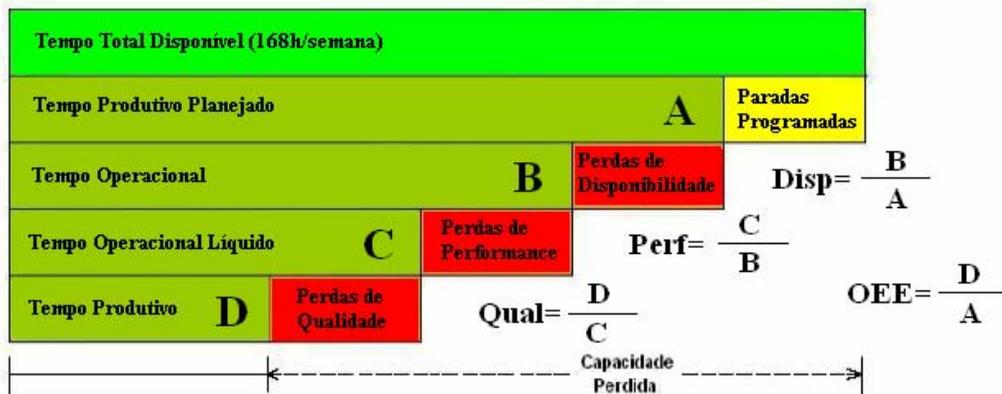
$$\text{Performance} = \frac{\text{Quantidade Produzida}}{\text{Tempo Real Operação} \times \text{Velocidade Nominal}}$$

Pode-se também simplesmente comparar a velocidade real de operação com a nominal, entretanto essa abordagem tem a desvantagem de usar a velocidade real de produção, que é normalmente uma média tomada em determinado período.

Por último, o fator Qualidade (Q) considera as perdas de qualidade na saída do equipamento, quais sejam perdas de *start-up*, defeitos e retrabalho. Trata-se simplesmente da razão entre a quantidade de itens conformes produzidos e a quantidade total de itens produzidos. Assim:

$$Qualidade = \frac{Quantidade\ Produção\ Conforme}{Quantidade\ Total\ Produção}$$

Entretanto, mesmo este fator sendo calculado de outras formas, como colocado por de Ron e Rooda⁽⁶⁾, que utilizam a velocidade nominal para calcular a razão entre o tempo teórico de produção dos itens conformes e o tempo teórico de produção do total de itens. Dessa forma, observa-se que todos os fatores podem ser calculados em unidades de tempo. A Figura 2 ilustra o OEE e seus fatores exclusivamente como parcelas de tempo.



Fonte: ATAN Sistemas de Automação e Informação

Figura 2. O OEE Exclusivamente em Unidades de Tempo

Independente da abordagem usada no cálculo é necessária uma coleta adequada dos dados do chão de fábrica. Nakajima⁽⁵⁾ destaca a importância da coleta com boa precisão para dar confiabilidade aos indicadores gerados. Se forem utilizados sistemas automatizados como o MES, essa dificuldade é minimizada devido à padronização e minimização do erro humano.

Existem outras definições do OEE, inclusive variando o próprio nome do indicador, de acordo com a cultura de cada organização. Como exemplo, há casos em que é incluído um quarto fator chamado de Utilização, que corresponde à razão entre o tempo útil de produção e o tempo realmente produtivo, isto é, descontando-se as horas improdutivas (ou ociosas). Trata-se basicamente de uma subdivisão da Disponibilidade, destacando-se dela o tempo ocioso e dando maior relevância à análise do mesmo.

Finalmente, destaca-se a importância econômica intimamente ligada ao OEE. Como é colocado por Hansen,⁽⁷⁾ programas de melhorias voltadas para o indicador podem levar a grandes alterações no Lucro Operacional, isto é, os ganhos antes de juros e impostos, especialmente ligados ao Retorno Sobre Ativos (ROA - *Return Over Asset*). Além disso, esses programas podem ser até 10 vezes mais eficazes, que tentativas de aumento da capacidade produtiva via aumento do capital empregado.

Cumprir notar ainda que os esforços de melhoria necessários identificados pela análise do OEE devem ser focados nos ativos que sejam gargalos no processo. Conforme Hansen,⁽⁷⁾ “concentrando-se nos gargalos das etapas-chave da fábrica, o OEE é a verdadeira medição da produção da fábrica”. Como exemplo, uma melhoria na efetividade de um ativo que não seja gargalo da linha de produção pode gerar estoques intermediários e perdas ainda maiores que as atuais, prejudicando o negócio como um todo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

De forma a se ter confiabilidade nos relatórios gerados para a análise do OEE e seus fatores, dois principais requisitos são fundamentais:

- Um bom modelo de dados para o MES, capaz de suprir todas as informações necessárias de maneira confiável;
- Coleta precisa dos dados do chão de fábrica, trazendo padronização e minimizando imprecisões e subjetividades.

Em relação ao primeiro requisito, deve-se garantir que as informações mínimas necessárias aos cálculos do OEE e seus fatores estejam disponíveis de forma simples. São elas:

- Tempos de funcionamento/parada dos equipamentos;
- Velocidades padrão/tempos de ciclo padrão de produção;
- Contagens de produção e defeitos/peças retrabalhadas.

As normas ANSI/ISA 95.00.01⁽³⁾ e ANSI/ISA 95.00.02⁽⁴⁾ definem os modelos de dados a serem usados em sistemas MES. A questão das velocidades padrão e das contagens de produção conforme e com defeito são endereçadas diretamente por elas nos modelos *Product Definition* e *Production Performance*, respectivamente. Existem inúmeras formas de implementação de modelos capazes de manter tais dados, mas a constante busca por padronização na indústria e a preocupação das normas em garantir a aplicabilidade a quaisquer processos sugerem a adoção de tais modelos.

Com relação aos tempos de produção e parada dos equipamentos, existem dois modelos clássicos para gerenciar esses dados. As normas ANSI/ISA 95.00.XX (ANSI/ISA 95.00.01, ANSI/ISA 95.00.02 e ANSI/ISA 95.00.03) não apresentam definições nesse sentido. Um deles é caracterizado pela separação em eventos. Assim, normalmente adotam-se duas entidades em separado: eventos de produção e eventos de parada. O outro modelo caracteriza-se pela existência de apenas uma entidade: o status do equipamento. A grande vantagem do segundo sobre o primeiro é a ausência de sobreposições de eventos: pela própria estrutura do banco de dados, garante-se que um status inicia-se quando o anterior finaliza. Usando o primeiro modelo, haverá um grande esforço de implementação para garantir essa restrição, de suma importância na contabilização dos tempos do OEE.

Já no tocante à coleta dos dados de operação do processo do chão de fábrica, é altamente recomendável o uso de ferramentas automatizadas. Um dos principais requisitos dos sistemas MES atuais é a comunicação com sistemas tanto de nível inferior quanto superior na pirâmide da Figura 1. Assim, exige-se que as informações sejam enviadas sem intervenção humana com garantia de entrega e maior precisão do chão de fábrica ao MES. Padrões como o OPC, *Web Services* ou mesmo ferramentas MoM (*Message-Oriented Middleware*) destacam-se nesse cenário.

Além dos dados do chão de fábrica, as velocidades padrão de produção, que são dados cadastrais e não de operação, devem ser corretamente registradas. Diversas soluções podem ser adotadas nesse sentido; em alguns casos, esses dados são cadastrados em sistemas ERP, devendo ser importados para o MES. Em outros, podem ser diretamente cadastrados no MES por usuários responsáveis. Ainda, especialmente nos equipamentos gargalos da produção, sistemas especialistas podem ser utilizados para modelagem das etapas produtivas e otimização da velocidade, inclusive com separação por classe de produto. Tais

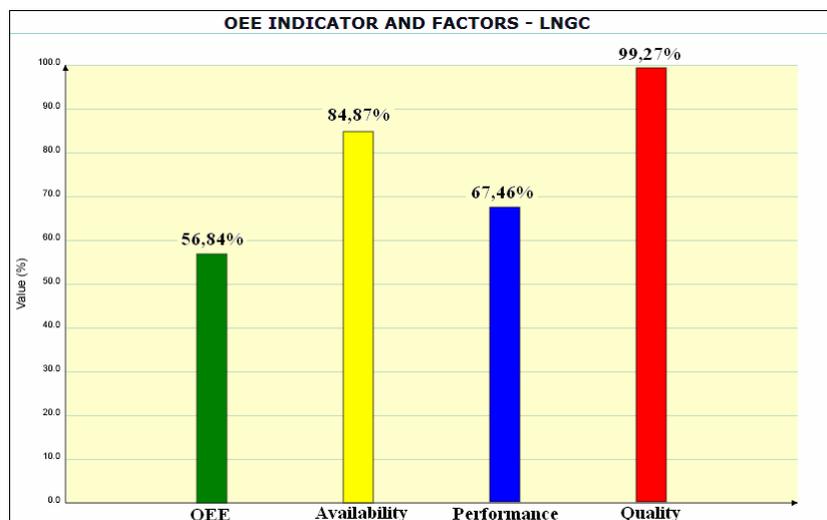
sistemas, além de garantir maior precisão nas velocidades nominais, atuam também na melhoria das mesmas, retornando o investimento em pouco tempo.

Com base nas observações e restrições acima, foi modelado um sistema capaz de gerenciar o indicador OEE e seus fatores segundo as peculiaridades de cada organização. Isso quer dizer que os nomes e as fórmulas de cálculo são totalmente parametrizáveis. Ademais, o modelo dos dados que representam a operação do processo foi totalmente baseado nas estruturas e nomenclaturas das normas ANSI/ISA 95.00.XX. Entretanto, os modelos utilizados foram simplificados, porque a idéia não era construir um MES inteiro, mas sim mostrar que a norma atende às necessidades de dados para gerenciamento do OEE e, assim, o sistema desenvolvido pode simplesmente ser acoplado a ferramentas MES aderentes às normas.

A integração (coleta) de dados do processo foi feita através da disponibilização de *Web Services* no sistema. Uma tarefa agendada busca as informações no banco de dados do processo e as envia já de acordo com o modelo esperado pelo sistema. Assim, foi feito um estudo para um dos equipamentos de uma Aciaria Elétrica de uma usina siderúrgica, sendo os resultados mostrados na seção seguinte.

3 RESULTADOS

A aplicação da análise do OEE foi feita para uma máquina de Lingotamento Contínuo em um período de um mês. A Figura 3 mostra o gráfico com os valores calculados para o OEE e seus fatores neste período.



Fonte: ATAN Sistemas de Automação e Informação
Figura 3. Relatório do OEE e seus Fatores

Realizando a chamada análise *drill-down* dos fatores, pode-se chegar à causa-raiz das perdas que levaram ao valor apresentado. A Tabela 1 mostra a análise de status do equipamento, que evidencia as perdas de disponibilidade.

Tabela 1. Análise de status do equipamento.

Classe de Status	Tempo Total (h)	%
Produzindo	611,06	84,87
Programada – Hora Sazonal	55,52	7,71
Programada - Preventiva	17,47	2,42
FEA – Operacional	10,13	1,40
FP – Manutenção Elétrica	8,99	1,24
Outras	8,98	1,22
REF – Operacional	7,79	1,08

Fonte: ATAN Sistemas de Automação e Informação.

A Tabela 2 mostra a análise da performance do equipamento.

Tabela 2. Análise da performance do equipamento.

Tempo Total de Produção (h)	Corridas	Produção Teórica Esperada (t)	Produção Real (t)	Velocidade Teórica (t/h)	Velocidade Média Real (t/h)
611,06	583	81.400	54.900	133,33	89,945

Fonte: ATAN Sistemas de Automação e Informação.

A Tabela 3 mostra a análise da qualidade do equipamento.

Tabela 3. Análise da qualidade do equipamento.

Tipo de Produção	Quantidade (t)	%
Produção OK	54.500	99,27
Retrabalho	17,06	0,03
Sucata	382,28	0,69

Fonte: ATAN Sistemas de Automação e Informação.

4 DISCUSSÃO

O valor calculado para o OEE do Lingotamento Contínuo, como visto na Figura 3, foi de 56,84%. Segundo Nakajima,⁽⁵⁾ o nível ideal para o mesmo seria de no mínimo 85%. Tal meta baseia-se na consideração das seguintes metas para os fatores:

- Disponibilidade maior que 90%;
- Performance maior que 95%;
- Qualidade maior que 99%.

Observa-se, então, que apenas a qualidade está acima dos padrões estabelecidos.

Por outro lado, cumpre notar que, no cálculo da disponibilidade, foram incluídas as paradas programadas como perdas. Isto quer dizer que esse fator foi calculado como a razão do tempo produtivo pelo tempo total, e não apenas o tempo programado para produção. Essa decisão foi tomada para se avaliar neste fator também a influência do planejamento das paradas preventivas do equipamento e de folga da usina. Observa-se que elas correspondem a aproximadamente 10% do tempo de funcionamento. Caso fosse assumida a definição formal da disponibilidade, seu valor calculado seria de 84,87% + 7,71% + 2,42% = 95,0%, estando acima da meta estabelecida.

Entretanto, vale ressaltar que, ainda que a disponibilidade fosse de 95%, o valor final do OEE seria de $95\% \times 67,46\% \times 99,27\% = 63,62\%$, estando bem abaixo do valor estipulado por Nakajima.⁽⁵⁾ Fica claro, assim, que a grande responsável pelo baixo valor do OEE encontrado é a performance ruim com que o equipamento está rodando.

O baixo desempenho do equipamento pode ser visto comparando-se as velocidades nominal e real média, estando esta última bem abaixo da primeira. O valor mostrado para a velocidade teórica foi retirado da programação enviada por um sistema ERP, contendo o tempo padrão de produção no Lingotamento. Aqui se observa mais uma vez a necessidade de se ter dados confiáveis para os cálculos do OEE. Pode ser, por exemplo, que esta velocidade esteja superestimada. Uma alternativa ao cadastro de velocidades padrão é adotar a maior velocidade já encontrada como referencial e atualizá-la sempre que essa barreira for quebrada. Isso impedirá também que o valor do fator Performance ultrapasse os 100%, o que representaria um erro conceitual no OEE, mascarando o valor do indicador.

Com relação à qualidade da produção do equipamento, observa-se que o fator apresenta valor bastante satisfatório, próximo dos 100%. Há três possibilidades que justificam esse valor:

- O processo realmente está bem controlado e produz com alta qualidade;
- As restrições de qualidade são muito flexíveis;
- Ainda que a produção não esteja dentro dos limites de qualidade, o produto pode ser aproveitado de outra forma e não é considerado rejeito.

No caso específico da siderurgia, a terceira alternativa explica bem a situação. Ainda que a qualidade química do tipo de aço produzido não esteja em conformidade com o planejado, muito provavelmente aquele tipo também será utilizado nas etapas seguintes do processo, dadas a alta demanda do mercado.

A definição de retrabalho nessa situação trata do caso em que os operadores reclassificaram a corrida como tendo produzido um tipo de aço diferente do programado. Embora tal fato não seja tão incomum, muitas vezes o que é feito é a troca da ordem de produção da corrida no sistema MES para uma ordem de produção do tipo de aço realmente produzido e a confirmação da produção como OK.

Baseando-se nos valores calculados para os indicadores, é feita uma análise baseada no Retorno Sobre Ativos. Conforme supracitado deve-se focar nos indicadores dos gargalos do processo. Assim, as melhorias atingidas com a aplicação de esforços baseados nos OEE refletirão diretamente nos dados financeiros do processo. A máquina de Lingotamento Contínuo utilizada para estudo não necessariamente representa o gargalo do processo, mas será utilizada como tal apenas como exemplo para aplicação da metodologia de análise.

É importante destacar, ainda, que a análise econômica feita neste trabalho é superficial, não abordando todos os fatores que influenciam no negócio da organização.

Conforme colocado por Hansen,⁽⁷⁾ a equação para cálculo do ROA é:

$$ROA = \frac{\text{Lucro Operacional}}{\text{Média dos Ativos Totais}}$$

O mesmo autor separa os casos de análise do impacto no ROA de melhorias no OEE em dois tipos:

- Valor maior do OEE com mesmo volume de vendas de antes das melhorias;
- Aumento do OEE vendendo toda a produção.

No mercado da siderurgia, as empresas se encaixam no segundo caso. Qualquer aumento na produção certamente refletirá em um aumento nas vendas. Isso implica que não haverá economia na mão-de-obra, como haveria no primeiro caso, em que a usina estaria produzindo a mesma quantidade em menos tempo. Por outro lado, as receitas aumentarão com o aumento das vendas.

Analisando-se os valores do OEE e seus fatores, podem-se identificar os pontos de melhoria a serem atacados. Como já evidenciado, o principal problema está no fator Performance, considerando que a velocidade de referência (nominal) é de fato atingível. Um estudo a respeito da operação em marcha lenta poderia ser feito, visando à otimização da velocidade.

Outra possibilidade mais palpável de melhoria é considerar a extinção das paradas sazonais (folgas) da usina, se isso for possível do ponto de vista da manutenção do processo. Muitas usinas não possuem paradas deste tipo.

Considerando o segundo caso, tem-se que as paradas sazonais correspondem a 7,71% do mês para o equipamento. Estimando que, deste tempo, 84,87% (porcentagem de produção) + 7,71% (paradas sazonais eliminadas) = 92,58% possam ser utilizados na produção (os outros 7,42% correspondem a uma média típica de paradas durante a produção), tem-se um ganho de 7,14% na disponibilidade. Assim, os novos valores são:

- Disponibilidade: 92,01%;
- Performance: 64,46%;
- Qualidade: 99,27%;
- OEE: 61,62% → ganho de 8,4%.

Dessa maneira, haverá um aumento de 8,4% no volume de produção (e, logo, de vendas) da usina. Essa correlação pode ser extraída considerando-se que toda a produção está OK (pois estamos analisando as vendas) e o tempo de operação é o mês todo (pois estamos analisando esse período de tempo). As perdas relativas a esses dois fatores, qualidade e disponibilidade, estão embutidas na perda de performance. Assim, se o OEE é 61,62%, então sua velocidade real de produção de peças boas é 61,62% da velocidade nominal.

O aumento do OEE, nesse caso, implicará em maiores gastos com matéria-prima (+8,4%), mão-de-obra direta (mais 7,71% horas de trabalho) e despesas gerais de vendas (+8,4%). Por outro lado, o aumento nas vendas gerará aumento direto na receita por vendas líquidas (+8,4%). Como as vendas são superiores aos gastos mencionados em valor absoluto, a soma desses valores acabará por gerar um aumento no Lucro Operacional (lucro antes de impostos e juros).

Conforme Hansen⁽⁷⁾, o ganho nas receitas também gerará um aumento nos ativos ligados às vendas, isto é, ativos variáveis. Não há alteração nos ativos fixos, afinal não houve investimento de capital nos mesmos (expansão da fábrica, compra de equipamentos mais modernos, etc.). A dimensão do aumento no denominador da equação do ROA dependerá da porcentagem de ativos variáveis em relação ao total de ativos da organização.

Entretanto, certamente esse aumento no denominador é compensado pelo aumento do Lucro Operacional, uma vez que o aumento das despesas com matéria-prima e vendas é absorvido pelo aumento nas receitas. Já o aumento da despesa com mão-de-obra, em especial para usinas de capital intensivo, é ínfimo perto dos custos de insumos e receitas de vendas.

Para se ter um exemplo numérico, a Tabela 4 mostra os dados fictícios para a linha de produção em estudo antes das melhorias no OEE e comparados com os dados após as mesmas.

Tabela 4. Comparação dos Dados Financeiros

Dado	Antes	Depois
Vendas líquidas	\$100	\$108,4
Matéria-prima	\$25	\$27,1
Mão-de-obra direta	\$24	\$25,85
Despesas gerais	\$26	\$26
Despesas de vendas	\$16	\$17,34
Lucro Operacional	\$9	\$12,11

Fonte: ATAN Sistemas de Automação e Informação.

Considerando um ROA original de 10%, tem-se que a média dos ativos totais será igual a \$90. Se a usina tem proporção de ativos fixos para ativos totais igual a 70%, tem-se:

$$\text{Média dos Ativos Totais} = 0,7 \times \$90 + 0,3 \times \$90 \times 1,084 = \$92,268$$

Portanto, o novo valor para o ROA será de:

$$\text{ROA} = \frac{\$12,11}{\$92,268} = 13,12\%$$

Isto quer dizer que, mesmo para uma indústria que tem boa parte de seus ativos fixos, um incremento de 8,4% no OEE levou a um aumento de 31,2% no ROA a custo apenas do investimento em mais horas trabalhadas da mão-de-obra direta, neste caso.

Obviamente, diversos outros fatores influenciam no retorno do investimento e na busca dos objetivos do negócio como um todo. Fica claro apenas que o casamento da gestão da manufatura com tais objetivos é de suma importância, devendo-se definir indicadores que evidenciem os gargalos e as causas fundamentais das perdas, de forma a minimizá-las e aumentar a efetividade da produção em seu estado atual, isto é, com o que já se tem. Evitam-se, portanto, altos investimentos que ainda não se fazem necessários.

5 CONCLUSÃO

O OEE constitui ferramenta importante de análise da produtividade dos equipamentos na indústria. É muito mais vantajoso para uma organização investir em melhorias na efetividade do maquinário que já possui do que investir na aquisição de novos ativos. Tipicamente as máquinas rodam com efetividade menor do que poderiam, normalmente porque não há mensuração das perdas em sua operação e, sem medição, é impossível identificar as causas-raízes dos problemas e delegar sua solução aos responsáveis.

Nesse cenário, o uso de ferramentas de relatórios ligados à análise do OEE e seus fatores torna-se um grande auxílio à tomada de decisão. Em especial, é importante que haja formas automatizadas de adquirir os dados, de forma a se ter cálculos precisos e, sobretudo, confiáveis, e também que haja a possibilidade de acompanhamento da operação, confrontando o planejado com o real. Os sistemas MES permitem a adequada coleta e armazenamento dos dados que geram estes indicadores. A partir dos indicadores e dos dados de produção armazenados no MES, é possível diagnosticar os desvios e, a partir daí, tomar ações corretivas.

A utilização do MES alinhado ao OEE auxilia a indústria a melhorar os resultados do negócio. Os ganhos na efetividade do maquinário já existente aparecem sob a forma de Retorno Sobre Ativos, uma especialização do chamado Retorno do Investimento.

Agradecimentos

À ATAN Sistemas de Automação e Informação, que financiou e cedeu a infraestrutura para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 HADJIMICHAEL, B. Manufacturing Execution Systems Integration and Intelligence. Department of Electrical and Computer Engineering Centre for Intelligent Machines – Systems and Controls Group, McGill University, Montreal, Canada, ago. 2004.
- 2 MESA – MANUFACTURING EXECUTION SYSTEMS ASSOCIATION. MES Explained: A High Level Vision. MESA International Whitepaper Number 6, set. 1997.
- 3 ISA – THE INSTRUMENTATION, SYSTEMS AND AUTOMATION SOCIETY. Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology. ANSI/ISA-95.00.01 – 2000.
- 4 ISA – THE INSTRUMENTATION, SYSTEMS AND AUTOMATION SOCIETY. Enterprise-Control System Integration Part 2: Object Model Attributes. ANSI/ISA-95.00.02– 2001.
- 5 NAKAJIMA, S. Introduction to TPM – Total Productive Maintenance. Cambridge: Productivity Press, 1998.
- 6 DE RON, A.J., ROODA, J.E. Equipment Effectiveness: OEE Revisited. IEEE Transactions On Semiconductor Manufacturing, v. 18, n. 1, p. 190-196, fev. 2005.
- 7 HANSEN, R. C. Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman, 2006.