

DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE CÁLCULO DE EFICIÊNCIA¹

Sérgio Cordeiro²

Resumo

Este trabalho analisa o potencial para implantação de um sistema de cálculo de índices de eficiência na indústria siderúrgica e metalúrgica. Inicialmente, apresentam-se os fundamentos teóricos do cálculo de eficiência. Uma metodologia que vem ganhando ampla aceitação é o do índice OEE, porque permite analisar a eficiência da planta de uma forma abrangente e hierarquizada, facilitando a identificação dos requisitos e instalações que precisam ser melhorados. O *software* analisado, além do OEE, calcula outros indicadores úteis, como o MTBF e o MTTR. Os resultados são apresentados no nível de detalhamento que o usuário desejar, o que permite a identificação rápida dos problemas mais sérios. Também é possível ao próprio usuário final criar, sem dificuldades, visualizações destinadas a investigar as causas desses problemas. Além de apresentar o sistema com ênfase nos recursos mais notáveis e os resultados com ele já obtidos, focamos também no processo de desenvolvimento: os levantamentos necessários, problemas encontrados, tempo e esforço gastos, etc. Conclui-se que o cálculo de índices de eficiência através de *software* tem grande potencial de êxito na indústria siderúrgica e metalúrgica. A tendência é encontrarmos cada vez mais sistemas desse tipo, já que os ganhos em prazo de execução, qualidade do produto final e custo total são apreciáveis.

Palavras-chaves: cálculo de eficiência, KPIs, OEE.

CHALLENGES IN BUILDING EFFICIENCY CALCULATION SYSTEMS

This work analyses the potential of implementing a system that calculates efficiency in the metals industry. Initially we present the theoretical foundations of efficiency calculation. One that has been gaining acceptance is the OEE, which allows one to analyze plant efficiency in a wide and hierarchical way, therefore making it easier to detect the requirements and the facilities that need to be improved. The analyzed software calculates other useful indicators such as MTBF and MTTR as well as OEE. The results are presented at the level of detail wished by the user to allow quick identification of the most serious problems. It is also easy for the end user himself to create personalized views in order to get better insight of the problems. As well as presenting the system emphasizing the most noticeable resources and the obtained results, we also focus on the development process, which requirements were necessary, the problems we have found, how much time and effort we have spent and so on and so forth. From this point it is justified to adopt the solution to these industries. In conclusion it can be said that calculating quotient of efficiency using software has a great chance of succeeding inside siderurgical and metallurgical industry. We tend to find more and more of this type of system as they allow us to gain in execution spent time, final product quality and total cost.

Key words: efficiency calculation, KPIs, OEE.

¹ XI Seminário de Automação de Processos, 3 a 5 de Outubro de 2007, Porto Alegre 2007.

² Formado em Engenharia Industrial Elétrica pelo CEFET-MG e Especialista em Análise de Sistemas de Informação pela UNA-CEPEDERH.

1. Introdução

1.1 O que é cálculo de eficiência

KPIs

Para o controle adequado dos processos, recorre-se à definição de variáveis de controle que devem ser continuamente monitoradas e sofrer intervenções imediatas quando seus valores se afastam apreciavelmente do esperado. No caso dos processos de negócio, isso também é verdadeiro: sempre que um processo estrategicamente importante é claramente definido, e todos os requerimentos necessários para que ele funcione a contento estão identificados, estabelece-se uma medição dos resultados obtidos para comparação com os valores previstos/desejados. Os indicadores (KPIs) são usados, nesse caso, para investigar as variações do processo e para encontrar alternativas para obtenção de melhores resultados.

Normalmente, os processos mais perfeitamente definidos das empresas são os comerciais e financeiros. Isso porque trata-se, em grande parte, de processos comuns a um grupo muito grande de empresas, pertencentes inclusive a diferentes ramos da indústria. Entretanto, os processos diretamente produtivos estão sempre entre os mais importantes, e seu nível de definição está maduro o suficiente para o estabelecimento de indicadores a eles relacionados.

1.2 Por que calcular eficiência

Competitividade e melhor utilização dos recursos

As principais razões para estabelecer um indicador de eficiência é otimizar a utilização dos recursos de maneira a aumentar a competitividade sem que sejam necessários investimentos de grande vulto. A localização e o remanejamento dos gargalos de produção propiciada pelo correto uso do indicador de eficiência traz como benefício, além da óbvia economia, o retorno mais rápido do investimento.

1.3 Como calcular eficiência

Ferramentas e procedimentos

Ao escolher um determinado KPI, muitos fatores devem ser levados em conta. O primeiro deles, obviamente, é que o valor obtido reflita da melhor maneira possível o estado atual da produção, permitindo encontrar problemas e resolvê-los; um outro é que o valor deve poder ser calculado sem grandes dificuldades e com uma margem de erro satisfatória. Mas existem fatores menos óbvios: um deles é que o indicador deve poder ser comparado com aqueles obtidos em outros locais da planta e nos concorrentes; outro é que devem existir ferramentas que facilitem o cálculo.

Qualidades de um bom indicador

1. Informativo
2. Fácil de interpretar
3. Fácil de obter
4. Utilizável por variadas instalações
5. Usado por
6. Suportado por ferramentas



Um indicador bastante popular é o **OEE** (*overall equipment effectiveness*). Esse indicador confronta o volume real de produção com o volume máximo teoricamente alcançável. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$\text{OEE} = Q_r / Q_n$$

onde **Q_r** é a quantidade real de produção obtida e **Q_n** é a quantidade teoricamente possível.

O OEE pode ser expresso também de acordo com a seguinte fórmula:

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

onde **P** é a produtividade (*production rate*), ou seja, a razão entre a velocidade real () e a nominal (); **Q** é o índice de qualidade, ou seja a razão entre a quantidade produzida com qualidade aceitável e a quantidade total produzida; e **A** é a disponibilidade, ou seja, a razão entre o tempo durante o qual a instalação produziu () e o tempo total disponível.

Outra fórmula equivalente é:

$$\text{OEE} = Q_n - (P_p + P_q + P_t)$$

onde **P_p** é a perda devido à baixa velocidade, **P_q** é a perda devida à baixa qualidade e **P_t** é a perda devida às paradas.

Assim, o indicador pode ser, quando e da forma desejados, quebrado em três partes independentes, o que facilita o diagnóstico de problemas.

Para maiores detalhes sobre o cálculo do OEE e os *benchmarks* atualmente aceitos, consultar a referência 1.

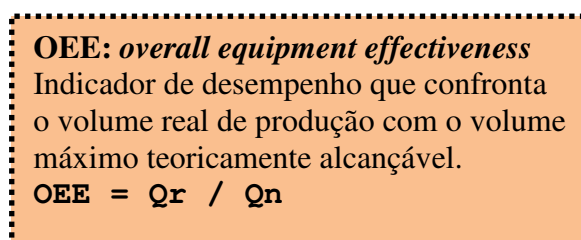


Figura 1. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Fonte: elaborado pelo autor.

Recomenda-se sempre o uso de ferramentas automatizadas para cálculo dos indicadores. Isso permite o recálculo instantâneo para determinada parte da planta (*zoom in*) ou, inversamente, para seções inteiras (*zoom out*); a liberdade na seleção de períodos de tempo; a filtragem por produtos, por equipes, etc. O OEE é um indicador que se presta muito facilmente a essas operações de detalhamento, filtragem e generalização.

2. Desafios no cálculo de eficiência

Desafios conceituais e de implementação

Identificamos duas ordens de desafios na implementação de sistemas de cálculo de eficiência: **desafios conceituais** e **desafios na implementação**. Os primeiros dizem respeito a como adaptar os modelos teóricos disponíveis à realidade particular; os últimos, a como construir um sistema que implemente os modelos escolhidos.

Apesar de, no presente trabalho, estarmos mais preocupados com o segundo grupo de aspectos, os desafios conceituais, por se encontrarem na base de toda implementação, não podem deixar de ser considerados.

2.1 Desafios conceituais

Conceitos de parada, qualidade e produtividade

$$\begin{aligned} \text{OEE: overall equipment effectiveness} \\ P &= (Q_t / T_u) / (Q_n / T_t) \\ Q &= Q_r / Q_t \\ A &= T_u / T_t \\ \text{OEE} &= P \times Q \times A \end{aligned}$$

Figura 1. Fórmulas importante para cálculo do OEE

Fonte: elaborado pelo autor.

Nesse grupo incluem-se as adequações que o modelo teórico escolhido devem sofrer para adaptar-se à realidade local e às necessidades dos usuários. Lembremos que os KPIs servem, acima de tudo, para identificar as causas e ajudar a resolver problemas.

Algumas perguntas que podem, ou antes, deviam surgir durante a fase de especificação de um sistema de cálculo de eficiência são as seguintes: como identificar uma parada? o que é qualidade aceitável? como contabilizar a produção? A princípio, uma parada é um evento fácil de identificar. Se a instalação estiver ligada e com material em trânsito, normalmente se considera que esteja funcionando.

Micro paradas são paradas de curta duração. Elas podem, se for conveniente, ser ignoradas no cálculo, e considerar-se que houve apenas uma queda na velocidade média da linha. A decisão, normalmente, é do usuário final.

Queda de velocidade da linha, que acontece quando é preciso desobstruí-la, ou em caso de troca de produto, por exemplo, é um evento que pode ser considerado como queda na *production rate* ou como evento de parada, o que for mais conveniente para o destinatário dos relatórios.

SMART:

- *Specific*
- *Measurable*
- *Achievable*
- *Realistic*
- *Timely*

Outro problema conceitual a ser enfrentado é como realizar o **agrupamento dos motivos** de paradas e de perdas. Diferentes metodologias de otimização de eficiência utilizam árvores de definição diferentes. Há propostas diferentes inclusive dentro da mesma metodologia; a *lean manufacturing*, por exemplo, estabelecia originalmente os seguintes motivos de perdas: superprodução, transporte desnecessário, espera, estoque desnecessário, movimentos desnecessário de pessoas, trabalho desnecessário e defeitos; dificilmente um sistema de cálculo de eficiência atual usaria todos esses motivos.

Mais uma questão que deve ser respondida é: **o que é qualidade aceitável?** De acordo com o modelo, é a quantidade produzida que pode ser aproveitada, sem retrabalho. Mas como tratar os desvios? E como tratar os lotes defeituosos descobertos posteriormente?

A **contabilização da produção** é outra tarefa que pode se mostrar inesperadamente difícil. Na manufatura discreta, normalmente é fácil, mas pode ser trabalhosa em uma linha contínua. Frequentemente, o valor deve ser obtido de forma indireta, a partir de outras grandezas mais facilmente mensuráveis. O relacionamento teórico entre essas grandezas precisa, assim, ser estabelecido teoricamente para que os resultados possam ser corretamente interpretados.

2.2 Desafios na implementação

2.2.1 Dificuldades específicas

O primeiro desafio a enfrentar é a **definição da fórmula de cálculo** dos indicadores. Tomemos como exemplo o OEE: existem algumas fórmulas equivalentes que podem ser usadas. Ambas levarão ao mesmo valor final, mas a fórmula **OEE = P x Q x A** permite visualizar melhor a contribuição de cada componente. No entanto, pode ser tão fácil usar a fórmula **OEE = Qr / Qn** que uma outra escolha não se justificasse na prática, apesar de teoricamente superior.

O próximo desafio que aparece é: **como medir paradas?** Normalmente, os sensores existentes são suficientes para a tarefa, mas algoritmos específicos devem ser desenvolvidos para tratar de indicações aparentemente contraditórias dos mesmos. O que acontece se um sensor falha?

Depois, é preciso decidir **como medir as perdas**. Aqui, a experiência mostra que normalmente não há ainda instalados na planta, ao contrário do caso anterior, sensores que possam ser usados para isso. Perdas são geralmente evitadas a todo custo, o que faz com que os eventos de perdas sejam relativamente raros, não justificando a automatização. Em consequência, não se encontram sensores em condições de fornecer a informação necessária, especialmente no que se refere à quantidade. Ou se instalam novos sensores ou se recorre à informação manual.

Em seguida, é preciso pensar em **como justificar paradas e perdas**. Na maioria dos sistemas, essa justificativa deve ser feita manualmente pelos responsáveis pela operação. Os sensores existentes, na maioria dos casos, foram instalados com outras finalidades; é normal que se possa saber a causa de um defeito elétrico com grande nível de detalhe e defeitos de outra natureza serem difíceis de identificar.

“The beauty of OEE is not that it gives you one magic number; it's that it gives you three numbers, which are all useful individually as your situation changes from day to day. And it helps you visualize performance in simple terms - a very practical simplification.”
oee.com. OEE Primer

Figura 1. Importância do OEE

Fonte: elaborado pelo autor.

Outro desafio é **como medir a produção**, principalmente pelo fato de que o que interessa conhecer é a quantidade de produção boa. Isso não pode ser conhecido apenas através de informação de sensores; entrada manual é sempre obrigatória.

Um complicador é que geralmente ocorrem **eventos de produção que não são paradas nem perdas**, mas que mesmo assim devem ser identificados. Um gerente pode saber que a diminuição na frequência e na duração de certos eventos de queda de velocidade traria grande aumento na eficiência, e desejar que o sistema forneça as informações necessárias para justificar-se um projeto de melhoria.

Normalmente, não se encontram ao mesmo tempo todas as dificuldades acima.

2.2.2 Dificuldades não-específicas

Juntemos, às listadas, aquelas **dificuldades comuns a todos os sistemas de chão-de-fábrica**: a existência de equipamentos obsoletos, a dificuldade na instalação de sensores adicionais, contratos de manutenção que restringem a intervenção nas instalações existentes, etc.

Pode-se dizer que a implementação de um sistema de cálculo de eficiência, pela sua posição na hierarquia do processo produtivo, precisa enfrentar todas as dificuldades de ordem teórica e administrativa que se oferecem à implementação dos sistemas de informação, e também todas as dificuldades práticas e técnicas que se apresentam à implementação dos sistemas de chão-de-fábrica.

2.2.3 Ferramentas

Um desafio à parte é a **escolha da ferramenta** de *software*. Pelo seu alto custo, a ferramenta escolhida deve ser adotada no maior número de células produtivas que for possível, de modo a dividir o custo dos servidores pelo maior número de clientes. A dificuldade de preparar pessoas para dar suporte interno ao uso de ferramentas tão específicas também contribui para que seja recomendável adotar sempre uma ferramenta única para toda a planta. No entanto, uma mesma empresa pode adotar soluções diferentes em plantas diferentes, já que dificilmente haverá interesse na troca de informações entre sistemas de cálculo de eficiência de fábricas diferentes.

A **escolha da arquitetura da solução** é muito importante. Aqui, pesam outros fatores externos, como a disponibilidade e a segurança dos dados e a facilidade de manutenção. Recomendamos usar a arquitetura padronizada ilustrada na figura 1. Nela, coletores espalhados pela planta obtêm as informações necessárias e gravam-nas num historiador central. Os dados armazenados passam a estar disponíveis para o sistema de cálculo de eficiência e também para outros sistemas existentes, inclusive corporativos. O historiador situa-se numa DMZ (*demilitarized zone*), parcialmente isolado tanto dos sistemas de chão-de-fábrica quanto dos sistemas corporativos; a figura ilustra uma DMZ do tipo *screened network*, que é considerado o mais seguro. Clientes específicos do sistema de cálculo de eficiência fornecem

dados entrados manualmente e corrigem e consolidam as informações armazenadas. *Thin clients* são usados para disseminar a informação na empresa, inclusive remotamente, sem riscos para a segurança e sem criar dificuldades de manutenção. Para aumentar a segurança da instalação, normalmente se emprega também o recurso das VLANs, mas isso não foi ilustrado na figura, para maior simplicidade.

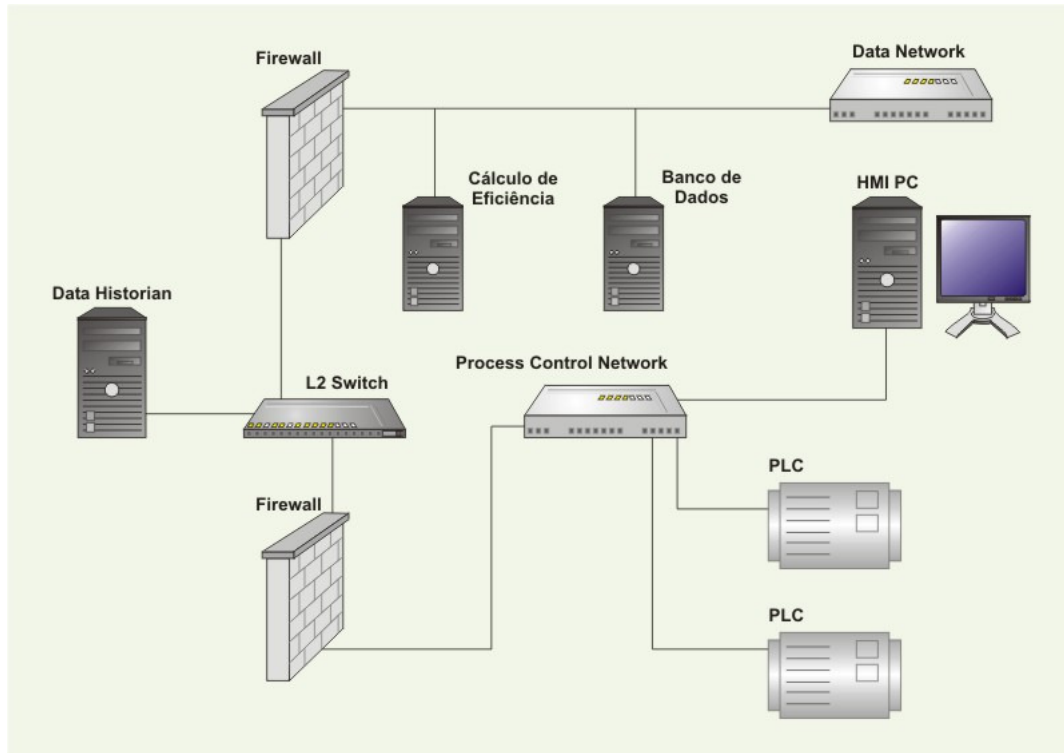


Figura 1. Arquitetura recomendada para o sistema
Fonte: elaborado pelo autor.

3. Ferramentas

Identificamos dois grandes grupos de ferramentas que podem ser usadas na construção de um sistema automatizado para cálculo de eficiência: as **ferramentas genéricas** e as **ferramentas específicas**. Por ferramentas genéricas, entendemos aquelas que foram concebidas para solução de outros problemas e que, devido à sua generalidade, também podem ser usadas para esse propósito específico: entram nesse grupo as linguagens de programação, as planilhas eletrônicas, algumas ferramentas de modelamento e simulação, etc. Por ferramentas específicas, entendemos aquelas que foram concebidas especificamente para auxiliar na solução desse problema.

Ferramentas de mercado

1. Plantmetrics (Rockwell Software)
2. Proficy PlantApplications (GE)
3. PI + módulo opcional
4. InfoPlus.21 + módulo opcional

Figura 1. Ferramentas de mercado disponíveis
Fonte: elaborado pelo autor.

Recomendamos o uso de ferramentas do segundo grupo, por apresentarem benefícios muito claros: maior facilidade de implementação do sistema, devido à sua adequação inata à tarefa; disponibilização do cálculo de outros indicadores secundários, sem custo adicional; e padronização no cálculo, com a adoção de procedimentos empregados mundialmente, em lugar de algoritmos caseiros.

As ferramentas específicas podem ainda ser divididas em dois grupos. O primeiro consiste de aplicativos específicos que acompanham produtos de uso mais geral, normalmente historiadores de processo: PI e InfoPlus.21, historiadores bastante utilizados no Brasil, possuem módulos opcionais para cálculo de KPIs. O segundo grupo consiste de ferramentas dedicadas ao cálculo de eficiência, e que podem trabalhar indiferentemente com historiadores ou com bancos de dados relacionais; exemplos são o Plantmetrics da Rockwell e o Proficy Plant Applications da GE.

4. Conclusões

O cálculo automático de eficiência, por apresentar um grande potencial de ganhos e por existirem hoje ferramentas específicas de auxílio nos cálculos, deve sem dúvida ser implementado. Para isso, o OEE é um indicador de grande valia, pois conta com extensa fundamentação teórica, é amplamente suportado pelos fabricantes de *software* e é bastante popular entre os usuários finais. Na implementação, deve-se empregar a mesma ferramenta para toda a planta, mas não necessariamente para toda a empresa. A arquitetura padronizada (historiador, servidor de aplicações, clientes, *thin clients*) deve ser sempre adotada. Apesar do grande número de desafios conceituais e de implementação, é viável encontrar soluções para todos eles, uma vez que as soluções podem ter caráter local, não se estendendo necessariamente a toda a planta.

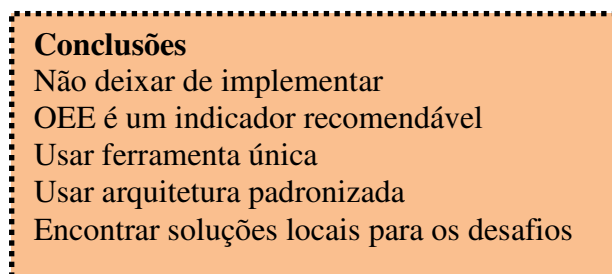


Figura 1. Conclusões

Fonte: elaborado pelo autor.

Referências Bibliográficas

- 1 <<http://www.oeec.com>>. Acesso em 01 jun. 2007.
- 2 DIGITAL BOND, BRITISH COLUMBIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BYRES RESEARCH. OPC Security Whitepaper #1. Understanding OPC and How it is Deployed (Version 1-3). Disponível em: <<http://www.digitalbond.com/index.php/2007/04/03/opc-security-whitepaper-part-i>>. Acesso em 01 jun. 2007.
- 3 TERRY MARTIN, ALEXANDRA BAKHTO. SCADA Networks. Disponível em: <<http://www.giac.org/resources/whitepaper/network/352.php>>. Acesso em 01 jun. 2007.