

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTA DE RTPM COM FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, REDUÇÃO DE CONSUMO E FONTE DE FINANCIAMENTO DE PROJETOS EM MINERAÇÃO¹

Rafael Teixeira da Silva Ribeiro²

André França de Almeida²

Resumo

As ferramentas de visualização em tempo real atingiram um estágio de maturidade permitindo o desenvolvimento das bases para implantação de uma interface em tempo real com foco em gestão energética na mineração. A definição dos indicadores de desempenho de forma a acompanhar o uso de energia e realizar comparações entre áreas consumidoras formam a base para a gestão com foco em eficiência energética e ações em tempo real objetivando a redução do consumo energético. Os principais ganhos estão atrelados às principais etapas consumidoras de energia no processo de mineração, estas áreas figuram como pontos de destaque na solução proposta. A indústria de mineração e pelletização consumiu em 2006 cerca de Três milhões de toneladas equivalentes de petróleo em um aumento de consumo de energia de mais de 32% nesta década, segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2007. Neste cenário, a utilização de ferramentas para auxílio da gestão energética e uso racional da energia permite a redução dos custos específicos de produção e colabora para a obtenção de financiamentos especiais para estes propósitos, como o PROESCO.

Palavras-chave: Eficiência energética; Visualização de dados; Inteligência operacional; Tempo real.

USING A RTPM TOOL AIMING FOR ENERGY EFFICIENCY, LOWERING CONSUMPTION AND PROJECT FINANCING FOR THE MINING INDUSTRY

Abstract

Real time visualization tools achieved a state of maturity that allows the development of an energy efficiency interface aiming for energy management in the mining industry. The KPIs (Key Performance Indicators) definitions, in order to follow energy consumption and benchmarking different areas, stand as a base to manage energy efficiency and real time decisions focusing on consumption reduction. Major gains area related to major consumption phases of mineral processing, these areas stand in a notable position in the proposed solution. Mining and pelletizing industry consumed in 2006 the equivalent of Three million petroleum equivalent tons in a notable energy consumption raising of over 32% in this decade, according to BEN 2007(Balanço Energético Nacional). In this scenario, using tools that permits better energy management and rational use of energy allows the reduction of specific costs of production and collaborates on obtaining special financing for these purposes, like PROESCO.

Key words: Energy efficiency; Data visualization; Operational intelligence; Real time.

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

² *Engenheiro Mecânico, Especialista em Energia e Utilidades pela UFMG (CHEMTECH).*

1 INTRODUÇÃO

A indústria de mineração e pelotização segue em crescente ascensão e conseqüentemente crescente consumo de energia. Grandes empresas investem cada vez mais na redução do consumo e uso racional da energia, investem também em geração de energia distribuída mitigando o risco de racionamento.

A preocupação com a eficiência energética e conseqüente redução dos custos com energia é um campo em pleno desenvolvimento no Brasil, evidenciam isto a criação do PROCEL¹ (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) criado em 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, a criação do CONPET² (Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural) em 1991 com o objetivo de incentivar o uso racional e eficiente de derivados de petróleo e gás natural e criação do PROESCO³ (Apoio à Projetos de Eficiência Energética), uma linha de crédito do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) com o objetivo de apoiar projetos de eficiência energética.

A principal atividade de mineração no Brasil refere-se à extração, beneficiamento e exportação do minério de ferro, sendo a maior empresa produtora e exportadora a VALE. O consumo de energia nos processos de lavra e beneficiamento ocorrem de forma semelhante entre as diferentes instalações. Os gráficos abaixo mostram as principais etapas do processo de tratamento de minério e o consumo específico de energia por etapa.

A Fonte: *US Department of Energy*.

Figura 1 mostra um gráfico com o consumo específico relativo às etapas do tratamento de minério de uma mina simulada com dados dos EUA operando durante 22 anos com uma produção total de 110 milhões de toneladas. A mina opera por 364 dias por ano em dois turnos diários de 8 horas, totalizando uma produtividade de 13699 toneladas por dia.⁽²⁾

A Fonte: *Natural Resources Canada*

Figura 2 mostra um gráfico com o consumo específico por etapa do tratamento de minério em um espaço amostral de nove minas, sendo quatro minas de recuperação e produção de barras de ouro e três minas com exploração de minério de ferro e produção de concentrados.⁽³⁾

Tabela 1 - Consumo específico por etapa do tratamento de minério de ferro nos EUA 1982.

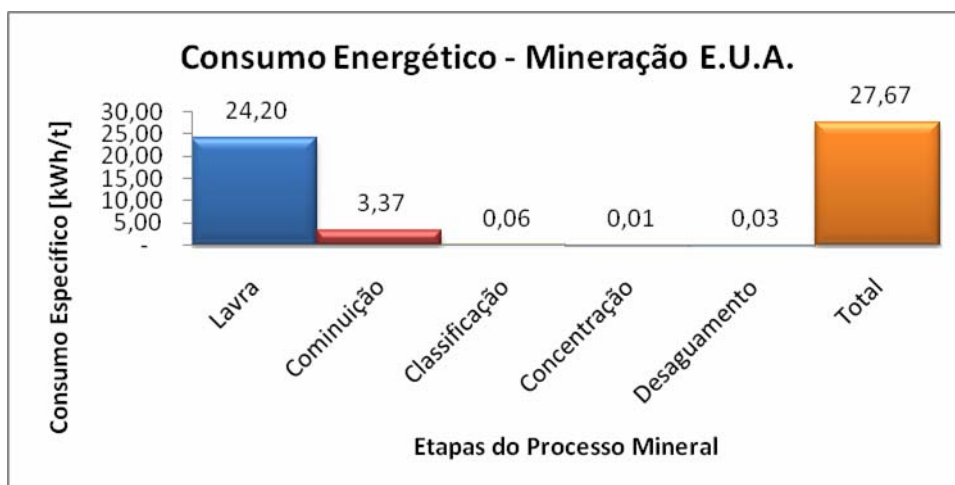
Etapas do Tratamento de Minério	Consumo Total (kWh/t)
Lavra	24,20
Cominuição	3,37
Classificação	0,06
Concentração	0,01
Desaguamento	0,03
Total	27,67

Fonte: *US Department of Energy*.

¹ <http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp>

² <http://www.conpet.gov.br>

³ <http://www.bndes.gov.br/ambiente/proesco.asp>



Fonte: US Department of Energy.

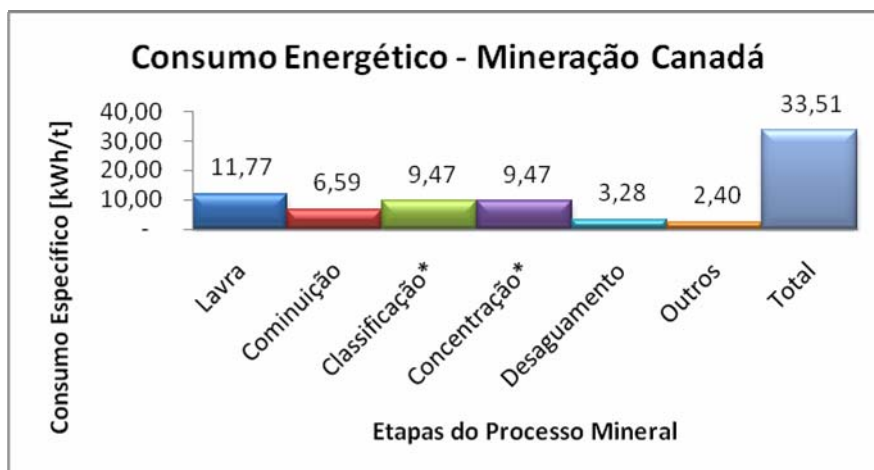
Figura 1 – Consumo específico por etapa do tratamento de minério de ferro nos EUA 1982.

Tabela 2 - Consumo específico por etapa do tratamento de minério de ferro e ouro no Canadá 2005.

Etapas do Tratamento de Minério	Consumo Total (kWh/t)
Lavra	11,77
Cominuição	6,59
Classificação*	9,47
Concentração*	9,47
Desaguamento	3,28
Outros	2,40
Total	33,51

Fonte: Natural Resources Canada

(*) Não houve separação entre as etapas de classificação e concentração sendo considerado o valor de consumo uma única vez.



Fonte: Natural Resources Canada

Figura 2 – Consumo específico por etapa do tratamento de minério de ferro e ouro no Canadá

As figuras acima demonstram uma maneira simples de realizar a comparação do consumo de energia entre minas. As diferenças entre instalações e características geológicas foram desconsideradas na análise.

O tratamento de minério permite o agrupamento e comparação das minas de forma a identificar as melhores práticas para gestão e uso racional de energia e realização de *benchmarking* entre as instalações para exploração mineral.

Devido às grandes variações observadas no controle e operação cotidiana das minas, torna-se necessária uma ferramenta para acompanhamento e tomada de decisão em tempo real.

O conceito de RtPM (*Realtime Performance Monitor*) tem como objetivo o acompanhamento e gestão em tempo real de indicadores de uma planta de processo. Uma ferramenta de RtPM deve reunir funcionalidades básicas para suprir seu objetivo, como:

- Facilidade para conexão com bases de dados;
 - Disponibilidade de Conectores Nativos;
- Cache de dados, evitando replicação;
- Potencial para cálculo de Indicadores de Performance (KPIs);
- Camada de apresentação de dados de fácil acesso e configuração, preferencialmente web;
- Potencial para desenvolvimento de *dashboards* e *drill-down*;
- Segurança de acesso;

Definida a ferramenta de RtPM, o seguinte passo é a definição dos indicadores de performance. Os indicadores devem traduzir de forma racional e rápida a situação da planta, com foco nos diferentes usuários do sistema, de forma a permitir a tomada de decisão em tempo real com acesso às informações necessárias e de maneira assertiva. A metodologia para definição dos indicadores é apresentada no item 3.3.

Os principais problemas para realizar uma gestão energética eficiente estão relacionados com a falta de informação do consumo energético, a falta de parâmetros de comparação e a tomada tardia de decisão. Abaixo são listados alguns destes problemas:

- Inexistência de análises pormenorizadas dos consumos de energia, dificultando a identificação de problemas e de pontos de melhoria;
 - Inadequação tarifária, causando aumento do custo de energia;
 - Dificuldade na definição do consumo nas etapas e áreas do processo;
- Inexistência ou má utilização de ferramentas de gestão de demanda;
 - Inadequação do planejamento energético de modo a se adequar às etapas e áreas do processo;
 - Não utilização ou má utilização de controle de demanda, resultando em multas, inadequação tarifária e aumento desnecessário de custos;
- Tomadas de decisão baseadas nas contas de luz, multas e relatórios tardios;
 - Inexistência de informação em tempo real para identificação dos pontos de melhoria e tomadas de decisão rápidas;

A gestão energética eficiente consiste no gerenciamento do consumo e custos de energia baseados em informações corretas que facilitam a identificação de pontos de melhoria à tempo para uma tomada de decisão assertiva. Neste cenário o uso de uma ferramenta de RtPM torna-se fundamental para melhorar a eficiência energética do processo de mineração.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os passos para o desenvolvimento da solução consistem em:

1. Definir o objetivo da gestão em tempo real. Neste caso, gestão do consumo energético;
2. Definir uma ferramenta de RtPM aderente aos objetivos;

3. Definir a estrutura de dados baseada nos dados disponíveis e necessidade de informação;
4. Definir os indicadores de acordo com a estrutura de dados definida;
5. Construir as telas de acordo com a estrutura de dados definida.

Cada etapa deve ser cuidadosamente avaliada de maneira à buscar a melhor aderência às necessidades do processo, evitando problemas com falta de disponibilidade de dados, falta de funcionalidade da ferramenta escolhida e definição fraca dos indicadores de performance, dificultando a tomada de decisão.

2.1 Eficiência Energética

O uso racional da energia orienta o objetivo principal do trabalho. Atingir o ponto ótimo em eficiência energética exige definir o conceito de eficiência energética que consiste em uma atividade técnico-econômica que objetiva:

- Otimizar o consumo energético e de utilidades, reduzindo custos operacionais e de manutenção relacionados;
- Reduzir contingenciamentos na oferta dos insumos, permitindo o crescimento orgânico e novos investimentos;
- Adequar o gerenciamento energético e de utilidades às ferramentas, equipamentos, melhores práticas e tecnologias necessários para a diminuição do consumo específico e melhoria da qualidade energética.

Resumindo, a eficiência energética de um processo consiste na otimização do processo visando maior produtividade com menor consumo energético sendo obtida pela adequação e gerenciamento da planta de processo.

O potencial de economia com uso racional da energia é citado pelo *US Department of Energy* dos EUA:⁽⁴⁾

- A implantação de melhores práticas nos processos de carvão, metais e mineração possuem um potencial de economia de 75 bilhões de kWh/ano;
- Pesquisa e Desenvolvimento de tecnologias com foco em eficiência energética podem economizar 120 bilhões de kWh/ano;
- Combinando economia energética utilizando melhores práticas do uso racional de energia e investimentos em P&D é possível economizar 195 bilhões de kWh/ano, cerca de 54% do consumo energético total da indústria de mineração;
- A redução estimada de CO₂ que pode ser alcançada pelas práticas de eficiência energética é estimada em 40,6 milhões de toneladas;
- A maior oportunidade em economia energética (70%) está relacionada com a melhora da eficiência energética dos dois processos com maior consumo: Moagem e transporte de materiais, principalmente na indústria de metais e mineração de carvão.

2.2 XHQ

A metodologia utilizada nesta solução é baseada na ferramenta SIMATIC IT XHQ da Siemens. A ferramenta atende às necessidades citadas no item 1 INTRODUÇÃO, sendo utilizada por diferentes indústrias de processo líderes de mercado.

A metodologia se baseia em seis passos. Estes passos são citados e sua utilização neste trabalho descrita a seguir:

- **Passo 1: Elaborar um esboço do modelo de informação;**
O modelo de informações foi baseado em uma série de informações definidas de acordo com o objetivo de gestão energética em tempo real. O público alvo varia de gestores responsáveis pela planta como um todo, até gestores de áreas e responsáveis pelos ativos. Desta maneira, o modelo se baseia em informações da planta, dos principais processos (Lavra, Cominuição, Classificação, Concentração, Desaguamento, etc), dos processos de maneira detalhada (Britagem, Moagem, Peneiramento, Separação Magnética, Flotação, Centrifugação, Espessamento, etc) e do consumo e eficiência energética dos principais equipamentos (correias, britadores, espessadores, células e colunas de flotação, etc).
- **Passo 2: Elaborar componentes de informação reutilizáveis;**
Os componentes utilizados na solução proposta são detalhados no item 3.1.
- **Passo 3: Construir o modelo ou solução hierárquica;**
Baseado nos quatro níveis do modelo de informação citados no Passo 1, esta etapa prevê a utilização dos componentes criados formando a solução.
- **Passo 4: Configurar a solução, incluindo cada instância dos componentes utilizados;**
Esta etapa prevê a conexão dos componentes com as fontes de dados referentes baseado no mapeamento de informações de cada componente em cada visão.
- **Passo 5: Elaborar as visões (dashboards) com informações dos componentes;**
Após a construção das informações a serem mostradas em tempo real, é necessária a definição das visões de acordo com os usuários e suas necessidades. A informação, por definição, deve refletir em aumento do conhecimento da pessoa que a recebe, se não atender a este preceito as telas apresentarão nada mais que dados. A solução proposta se baseou em quatro níveis de usuários, conforme os passos acima.
- **Passo 6: Implementar e utilizar o cliente para acessar à solução via web browser.**
O último passo da metodologia é implementar e disponibilizar a solução para acesso aos usuários, conforme seus perfis, via web browser.

2.3 Medição e Disponibilização de Dados

A disponibilidade de dados relacionados à energia e utilidades é cada vez maior devido à grande quantidade de sensores nos equipamentos, à maior robustez e capacidade de integração de sistemas SCADA e MES (PIMS e EMS incluídos) e à grande demanda de informações objetivando a melhor gestão dos ativos e da produção. Abaixo é apresentado um resumo das principais fontes de dados indicadas para implementação da metodologia proposta:

Tabela 3 – Sistemas de Informação para registro e gestão de consumo energético 2008.

Sistema	Descrição	Informações
Medidores de Energia	Dispositivos de medição e monitoramento de energia para área industrial	Podem ser medidas: correntes e tensões de fase, potência ativa, saída de energia, potência reativa, potência aparente, fator de simetria, conteúdo harmônico (tensão e corrente), entre outras informações.
Transdutores	Dispositivos de medição de energia para redes elétricas permitindo medição em um ponto único.	Podem ser medidas: tensões, tensões de fase, corrente, frequência, potência ativa e reativa, potência disponível e consumida, entre outras informações.
Registradores de Perturbação e Qualidade de Energia	Dispositivos registradores que informam a ocorrência de falhas, monitoram energia e frequência, registram a qualidade da energia e armazenam logs de eventos.	Auxiliam na detecção de dips de tensão, falhas de energia, overshoot de tensão, harmônicas, flicker e outras variáveis associadas.
EMS (Energy Management System)	Sistema para monitoramento, controle, análise e otimização de geração, transmissão e uso de energia.	Disponibiliza e trata as informações dos equipamentos de medição para operação e gestão da planta de processo.
PIMS (Plant Information Management System)	Sistema para armazenamento histórico e análise de informações do processo.	Basicamente, qualquer informação disponibilizada ao sistema PIMS pode ser armazenada. É importante garantir a adequação da taxa de armazenagem às necessidades da gestão energética.

Fonte: Siemens

2.4 Financiamento de Projetos

O PROESCO é uma linha de financiamento do BNDES que objetiva apoiar projetos de Eficiência Energética, ESCOS (Energy Saving Companies) e usuários finais. A base da obtenção do financiamento é a proposição de um projeto tecnicamente e economicamente viável. O projeto deverá basear seu retorno no consumo atual da planta (linha de base) objetivando o monitoramento e medição dos ganhos obtidos. As informações disponibilizadas em tempo real, permitem a melhor realização do monitoramento, comparando os indicadores com os índices objetivados e permitindo a atuação frente a variações indesejadas. Desta maneira, a obtenção de novos financiamentos baseados na viabilidade das implantações anteriores é facilitada.

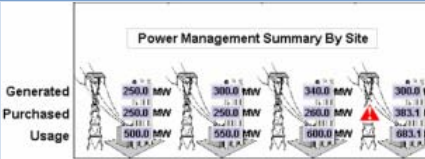


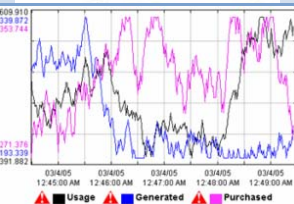
3 RESULTADOS

A construção da solução de gestão energética em tempo real baseada na metodologia apresentada determinou parâmetros aplicáveis de forma geral para indústria de processo mineral. É importante salientar que os resultados são mostrados de forma ampla e sua completa implantação depende da infra-estrutura disponível em cada planta.

3.1 Componentes

Os componentes utilizados para visualização dos indicadores são descritos na tabela abaixo:

Tabela 4 - Componentes para visualização de indicadores 2008

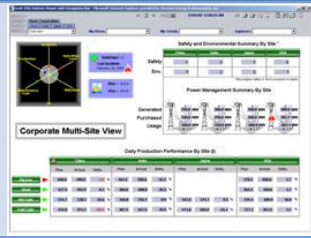

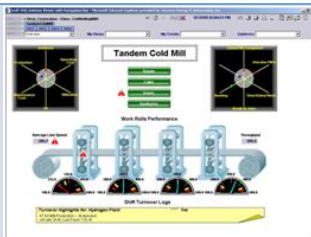
Indicador	Descrição	Visualização
TAGs	Indicadores de valores que podem ser posicionados de em dashboards operacionais, seus fluxogramas e animações.	
Relógio Comparador	Componentes que indicam o valor atual, valor desejado e intervalos permitidos.	
Operação	Componentes que identificam se a operação segue conforme objetivos ou apresenta problemas	
Gráficos de Tendência	Componentes que permitem uma análise de tendência de variáveis em um dado intervalo de tempo.	

Fonte: Siemens e CHEMTECH

3.2 Drill-Down

Entende-se por drill-down a funcionalidade de navegar através dos níveis hierárquicos da solução. Nesta metodologia são propostos quatro níveis para gestão energética, sendo descritos na tabela abaixo:

Tabela 5 - Níveis hierárquicos da solução proposta 2008

Nível	Descrição	Visualização
Corporativo	Visualização das informações de diversas plantas em tempo real, permitindo realização de benchmarking, monitoramento do uso de energia e identificação de problemas nas plantas.	
Plantas de Processo	Visualização das informações de uma planta específica, indicando as diversas áreas, etapas e permitindo a identificação de problemas.	
Etapas de Processo	Visualização de uma etapa do processo, como por exemplo uma bateria de hidrociclones. Permite acompanhar o uso da energia de cada equipamento permitindo a localização e atuação em problemas.	

Equipamentos

Visualização de um equipamento específico, suas informações de utilização e uso energético e sua adequação frente aos padrões de eficiência esperados. Permite a identificação da variável causadora do problema e planejar as ações mitigatórias.



Fonte: Siemens e CHEMTECH

3.3 Indicadores de Performance

Devido à vasta quantidade de dados disponíveis, torna-se necessário tratá-los e transformá-los em indicadores com informações úteis aos usuários da ferramenta de RtPM. Na tabela abaixo são apresentados indicadores e sua definição. A maneira de calcular os indicadores pode variar de acordo com os dados disponíveis, práticas de gestão e necessidades dos usuários, ou seja, podem variar caso a caso.

Tabela 6 – Indicadores de desempenho energético 2008

Indicador	Definição	Análise
Consumo Energético [kWh]	Energia consumida. Seja eletricidade, combustível, utilidades, e outras.	Informação puntual indicando consumo momentâneo ou tendência de consumo de energia.
Consumo Específico [kWh/t]	Total de energia consumida para completo processamento do produto final.	Relaciona o consumo de energia com a produção da planta. Deve ser analisado juntamente com as metas de produtividade, garantindo a economia de energia sem impacto na produção.
Adequação Tarifária	Indica a adequação ao modelo tarifário contratado para fornecimento de energia.	Mostra se a faixa tarifária está adequada ou pode ser modificada de maneira a reduzir o custo da energia. Varia de acordo com o contrato de fornecimento, consumo, demanda e outros fatores.
Fator de Carga	Índice cujo valor varia entre 0 e 1 e aponta a relação entre o consumo de energia e a demanda de potência máxima em determinado espaço de tempo.	Importante para a gestão de demanda de energia. Um melhor fator de carga implica em redução do preço médio da energia, evita multas por ultrapassagem de demanda e conduz a um melhor aproveitamento das instalações elétricas.
Fator de Potência	Índice de um sistema elétrico operando em corrente alternada definido pela razão da potência real ou potência ativa pela potência total ou potência aparente.	Consiste em um índice de eficiência energética. A redução deste valor indica a perda de energia, perda na sua qualidade e má utilização das instalações. A lei brasileira permite um valor mínimo de 0,92 para o fator de potência. Este indicador pode ser comparado com os índices ideais objetivados.
Eficiência Nominal [%]	Eficiência nominal dos equipamentos e instalações. Corresponde à eficiência máxima definida pelos fabricantes.	Índice teórico que indica o ponto ideal de operação dos equipamentos e da planta. Este índice deve ser o objetivo frente à gestão energética e pode ser revisado de acordo com a disponibilidade de novas tecnologias e ativos nas plantas.
Eficiência Real [%]	Eficiência real dos equipamentos e instalações. Corresponde à razão entre a energia fornecida e o trabalho realizado.	Permite acompanhar a eficiência dos equipamentos e das etapas do processo ao longo das diversas variações previstas na indústria. Quanto mais próximo estiver da eficiência nominal, melhor a operação energética da planta.
Custo [R\$]	Custo monetário com energia.	Valor pago pelo fornecimento de energia. Pode ser definido para todos os níveis hierárquicos da solução proposta e permite a visualização das etapas e áreas mais caras da produção.

Custo Específico [R\$/t]	Custo da energia por unidade produzida.	Indica qual o foi o custo com energia para cada unidade produzida, no caso, toneladas de minério. Permite a visualização dos principais responsáveis pelo aumento do custo do produto final devido ao consumo energético.
Demanda Nominal [W]	Corresponde à demanda energética da planta e seus equipamentos de acordo com o período de seu funcionamento.	Este valor deve ser definido de acordo com o planejamento energético da planta. Uma boa gestão pelo lado da demanda permite a redução dos gastos com energia e aumenta a vida útil das instalações.
Demanda Consumida [W]	Corresponde à demanda de energia consumida pelo processo.	Pode ser medido nos diversos níveis hierárquicos da solução proposta, permitindo identificar grandes consumidores de energia, causas de ultrapassagem de demanda e principalmente, atuar antes de uma ultrapassagem que implique em multas e penalizações.
Economia Potencial [R\$]	Define o ganho financeiro proveniente da potencial redução do consumo de energia.	Indica um valor monetário de economia potencial de maneira a priorizar e viabilizar investimentos. Este indicador pode se basear nas informações teóricas ideais do processo (plantas) ou mesmo do Ideal teórico do mercado (novos ativos), relacionando estes valores com o consumo e custo da planta. A definição envolve o uso racional e eficiente da energia, adequação tarifária e gerenciamento da demanda.
Redução Potencial de Impacto Ambiental	Define a potencial redução do impacto ambiental causado pela geração de energia utilizada.	Pode ser definido de acordo com a redução do impacto ambiental de um dado mecanismo de geração de energia frente à melhoria da eficiência energética da planta. Por exemplo, redução da emissões nocivas, redução de área alagada e redução de poluição de maneira geral (atmosférica, térmica, sonora, etc).

4 DISCUSSÃO

Existem diversas ferramentas para gestão energética disponíveis no mercado e diversas combinações de sistemas que permitem aumentar a amplitude do gerenciamento do uso da energia e utilidades.

O uso de uma ferramenta de RtPM aliada à metodologias de gestão e uso racional de energia supre a necessidade do acompanhamento deste importante insumo na indústria de mineração e principalmente, permite a tomada de decisão visando ações com foco na redução de custos com consumo, manutenção e desperdício.

A solução de RtPM envolve diversas áreas produtivas, sendo a gestão energética uma de suas aplicações, desta maneira, os dashboards e indicadores aqui apresentados devem ser aliados com indicadores de produção, qualidade, materiais e outras áreas do processo produtivo, formando uma solução completa visando a tomada de decisão rápida baseada em informações claras e objetivas.

As diferentes disciplinas que compõe a solução devem ser detalhadas de modo a garantir a aderência às necessidades dos usuários, tornando a ferramenta de RtPM um meio para disponibilizar uma metodologia complexa de cálculos e disposição de informações.

5 CONCLUSÃO

O potencial de redução do consumo de energia elétrica é notoriamente alto na indústria de mineração. Os projetos de eficiência energética se baseiam em levantamentos e adequação das instalações com foco em retorno de investimento,

apesar do rápido retorno de algumas ações, o maior ganho deve-se a manutenção da gestão energética eficiente através do monitoramento e melhoria contínua do processo.

A metodologia apresentada visa suprir as diferentes etapas do processo de gestão energética eficiente com informações claras e importantes para tomadas de decisão, desde o levantamento e priorização de ações até a gestão cotidiana eficiente.

Agradecimentos

Ao suporte da CHEMTECH na disponibilização de informações e apoio à realização deste trabalho investindo em tecnologias novas e eficientes.

REFERÊNCIAS

- 1 POOLE, Alan Douglas., MEYER, Anke Sofia., DE LIMA E SILVA, Oscar., STAROSTA, Jose., AMARAL, Maria Cecília., MELLO, Eduardo Bandeira de., MURASAWA, Linda., LEVIN, Jeremy., JOHNSON, Todd. Desenvolvendo Mecanismos De Intermediação Financeira Para Projetos De Eficiência Energética No Brasil, China E Índia - Relatório Do Brasil, ago. 2006. Disponível em: http://www.abesco.com.br/datarobot/_arqs/downloads/Relatório%20Brasil_3CEE_Final.doc Acesso em: 10 mai. 2008.
- 2 U.S. Department of Energy - Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Energy And Environmental Profile Of The U.S. Mining Industry, dec. 2002. Disponível em: <http://www1.eere.energy.gov/industry/mining/analysis.html> Acesso em: 10 mai. 2008.
- 3 Mining Association Of Canada And Natural Resources Canada. Benchmarking The Energy Consumption Of Canadian Open-Pit Mines, 2005. Disponível em: http://oee1.rncan.gc.ca/industrial/technical-info/benchmarking/benchmarking_guides.cfm?attr=24#k Acesso em: 10 mai. 2008.
- 4 US Department of Energy – Industrial Technologies Program. U.S. Mining Industry Energy Bandwidth, jun. 2007. Disponível em: http://www1.eere.energy.gov/industry/mining/pdfs/mining_bandwidth.pdf Acesso em: 11 mai. 2008.
- 5 Ministério das Minas e Energia – Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Balanço Energético Nacional 2007 | Ano Base 2006, 2007. Disponível em: http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=14131 Acesso em 5 jan. 2008.
- 6 PRADO JR, Fernando Amaral de Almeida Prado., Banco Mundial. Diretrizes orientativas para concepção de Projetos de Eficiência Energética, ago. 2007. Disponível em: <http://www.3countryee.org/public/DiretrizesProesco.pdf> Acesso em: 15 mai. 2008.
- 7 SIEMENS. Power Quality Cathalog, 2008. Disponível em: http://www.powerquality.de/pq_da/devices/_GENERAL/SIP-2008_13_Power_Quality_en.pdf Acesso em: 12 mai. 2008.
- 8 SIEMENS. XHQ Content Developer's Guide - Revision 3.7, ago. 2005.
- 9 ROCHA, Leonardo Resende Rivetti, MONTEIRO, Marco Aurélio G. Guia Técnico PROCEL – Gestão Energética. Rio de Janeiro: Eletrobás 2005.