



Diagnóstico energético

Yves B. S. Gerschkovitch*

Volnei R. Hilbert*

Vitor Klein*

Carlos A. D. Lueska*

INDEXADO

1. Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma metodologia desenvolvida pela Jaakko Pöyry, para análise da situação energética de indústrias, propondo soluções técnicas (melhorias) e avaliando o resultado econômico destas melhorias.

O diagnóstico energético contempla a análise de todo o processo produtivo sob o ponto de vista de produção/consumo de energéticos. Ele é responsável pela otimização do processo tendo como figura de mérito a energia.

O diagnóstico energético envolve o pessoal de todas as áreas da fábrica e obriga a rediscussão do processo sob o ponto de vista energético.

Mostra-se, ainda, a importância de se elaborar uma análise global da fábrica, sob o ponto de vista energético, como o primeiro passo na implantação de um sistema de gerenciamento energético, uma vez que tal trabalho irá fornecer tanto as "bases" como as identificações dos ganhos possíveis de serem obtidos com a implantação de tal sistema.

2. Oportunidade do investimento em conservação de energia

A oportunidade de investir-se em conservação de energia, em uma fábrica de

celulose, resulta do alto consumo deste insumo no processo produtivo (calor-energia elétrica). Os seguintes aspectos dão uma idéia da viabilidade de tais investimentos.

- Uma redução de consumo de energia elétrica de 1%, em uma fábrica com produção de 1.000 ADTB/d, consumo específico de 800 kWh/ADTB, diminui em, aproximadamente, 330 kWh/h o consumo de energia elétrica externa, o que resulta em uma economia anual aproximada de 183.000 US\$/ano (tarifa futura de US\$ 67/MW e ano produtivo de 345 dias). Reduções desta ordem de grandeza são possíveis de serem obtidas através de simples mudanças de postura, praticamente não envolvendo custos.

A análise de resultados de dois trabalhos de conservação de energia, realizados pela JPE para a indústria de celulose no período 91-92, permite concluir que a

maior parte destes investimentos são de pequeno e médio portes. Quanto aos tempos de retorno, verifica-se uma forte concentração na faixa de 0 a 3 anos.

Deve-se observar que as faixas de investimento se referem a indústrias de grande porte, vindo a se reduzir nas de menor porte.

- A otimização energética pode, ainda, significar a oportunidade de aumento da produção pelo "desgargalamento" da caldeira auxiliar e/ou turbogerador.

- Artigo publicado na *Pulp and Paper* (1986) indica que "o custo de energia pode alcançar até 25% do custo operacional total de uma fábrica de celulose nos EUA". Este mesmo artigo apresenta como resultado da implementação de medidas/modificações para a conservação de energia, uma redução da influência do custo de energia para até 10% do custo operacional total.

Classificação quanto ao investimento US\$	% das modificações	
	Fábrica A	Fábrica B
0 - 100.000	31	37
100.000 - 700.000	46	37
> 700.000	23	26

Classificação quanto ao pay-back time (anos)	% das modificações	
	Fábrica A	Fábrica B
0 - 1	46	25
1 - 3	39	37,5
3 - 5	7,5	12,5
> 5	7,5	25

* Yves B. S. Gerschkovitch, Volnei R. Hilbert, Vitor Klein, Carlos A. D. Lueska, da Jaakko Pöyry Engenharia Ltda. Trabalho apresentado na 26ª Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo-SP - Brasil, de 22 a 26 de novembro de 1993.

Classificação quanto ao investimento US\$	% das medidas/modificações
0 - 100.000	54
100.000 - 700.000	33
> 700.000	13

Com relação às alterações mencionadas no referido artigo, temos o quadro acima, que apresenta a distribuição de tais medidas por faixas de investimento.

3. Diagnóstico energético

O diagnóstico é um estudo que abrange todos os aspectos energéticos de um processo industrial. A abordagem é feita no nível global da fábrica (macroabordagem) e para as áreas, individualmente (microabordagem).

3.1 Aspectos abordados no diagnóstico energético

Entre as principais funções de um estudo de diagnóstico energético destacam-se:

- indicar medidas para a conservação de energia (calor e energia elétrica), quer por alterações em nível de *hardware* ou em nível operacional;
- quantificar os investimentos necessários para a redução de consumo, bem como os ganhos advindos de tais implantações, permitindo assim a priorização de investimentos;
- sugerir adequações ao sistema de controle, eliminando suas deficiências e determinando estratégias de controle;
- identificar falhas de medição que impossibilitem a execução de balanços de vapor e energia;
- avaliar a operação da fábrica, sob o

ponto de vista energético, para diferentes cenários produtivos (diferentes balanços de vapor e energia);

- estabelecer parâmetros de comparação de geração e consumo de energia (vapor-energia elétrica), tornando possível a rápida identificação da ocorrência de distúrbios.

A aplicabilidade do diagnóstico energético é válida para qualquer processo produtivo onde exista a utilização de vapor e energia elétrica de forma intensiva. O retorno de capital de tal tipo de estudo tem-se mostrado quase que imediato, já que algumas mudanças operacionais, com investimentos praticamente nulos, trazem um retorno bastante acentuado.

3.2 Metodologia

O diagnóstico, em sua macroabordagem, tem por base a comparação de consumos específicos de calor (vapor) e energia elétrica entre valores reais, de projeto e de garantia, bem como médias nacionais e internacionais.

Esta comparação permite a identificação das áreas com desvios, ou seja, áreas com consumos excessivos de energia, bem como uma avaliação do potencial de conservação, como se pode verificar na tabela abaixo.

Na microabordagem, são executados balanços das diferentes áreas e a compa-

ração dos parâmetros operacionais que tenham influência no consumo dos insumos energéticos.

O desenvolvimento do trabalho tem início com a verificação das informações disponíveis na fábrica, tais como:

- fluxogramas;
- boletins operacionais;
- boletins de análises;
- diagramas unifilares;
- relatórios correlacionados;
- telas de tendência etc.

A documentação com tais informações é coletada e procede-se, então, a uma verificação e ao cruzamento de dados, objetivando a identificação de inconsistências e o levantamento de variáveis importantes, tais como:

- levantamento dos consumidores de energias térmica e elétrica, e das medições existentes;
- anotações ou digitações erradas;
- falhas de instrumentação;
- disponibilidades operacionais;
- rejeição de produção;
- nomenclatura e conceitos de variáveis típicos da fábrica etc.

Esta pré-avaliação da documentação disponível é de importância vital para se assegurar a qualidade do trabalho, pois permitirá a adoção de um período de avaliação (conjunto de dias) para a elaboração do estudo, elaboração de lista da instrumentação a ser verificada (visa a obtenção de fatores de correção), boletins complementares a serem preenchidos durante um certo período e a listagem das informações complementares necessárias (testes, análises, telas de tendência).

Dentre estes itens destacam-se:

- período de avaliação

A escolha do mesmo deve levar em conta aspectos distintos, a fim de se caracterizar a normalidade operacional da fábrica. Entre os pontos que devem ser considerados na escolha deste período tem-se:

- fábrica operando em regime: o ideal é que o período não se encontre muito próximo a uma parada programada, antes ou após;
- o período deverá abranger uma quantidade mínima de dias capaz de eliminar as variações de níveis em estocagens intermediárias;
- o período deve ser caracterizado por uma produção média típica;
- uma vez que o diagnóstico compara gerações e consumos específicos, é im-

Tabela comparativa de consumo de energia térmica Mcal/ADTB

Departamento	Nacional	Intern.	Real
Caldeira de recuperação	230	-	235
Caldeira de força	-	-	72
Caustificação/forno	75	17	72
Evaporação	997	860	1.249
Cozimento	1.006	789	1.010
Branqueamento	248	-	212
Secagem	760	765	1.188
Planta química	153	-	510
Perdas e outros	-	-	491
Total da fábrica	4.350	2.617	5.176

portante eliminarem-se erros que possam ser causados por rejeitos de produção. Neste caso, poderia citar-se, como exemplo, o rejeito repolpado em uma máquina secadora, implicando em consumos específicos menores que os reais

para as áreas que se localizam à montante da máquina (incluindo a própria), no processo produtivo;

- falhas de instrumentação

Na execução de tais trabalhos, a instrumentação tem-se mostrado como um dos

itens mais críticos. Tipicamente, os seguintes problemas são os mais observados:

- erros de leituras, nos instrumentos de medição de vapor e condensado de áreas, não diretamente ligadas à área de utilidades, pela pequena importância que

Oportunidade de melhoria	Quantificação	Economia (US\$/a)	Implantação necessária	Custo (US\$)	Pay back
Planta química	Retorno de 23 t/h de condensado p/ trat. d'água e conseqüente redução de vapor p/ o desaerador, aumentando a ger. E. E. no TG em 0,260 MWh	130.000	Passar informação da instrumentação de detecção de contaminação de cond. para o SDCD. Compra de nova instrumentação	75.000	0,6
Cozimento (Aq. de LWH)	Retorno de 10 t/h de condensado p/ trat. d'água e conseqüente redução de vapor p/ o desaerador, aumentando a ger. E. E. no TG em 0,170 MWh	86.000	Troca do atual aquecedor de LB por um novo e passar a informação da instr. de detecção de contaminação de cond. para o SDCD	250.000	2,9
Evaporação (Cond. refluxo)	Retorno de 8 t/h de condensado p/ trat. d'água e conseqüente redução de vapor para o desaerador, aumentando a ger. E. E. no TG em 0,090 MWh	45.000	Colocação de uma válvula on/off motorizada para isolar o condensado limpo	50.000	1,1
Caldeira auxiliar	Aumento da geração de vapor com biomassa, das atuais 57,8 t/h para 78,8 t/h, com conseqüente redução do consumo de óleo comb. em 1,75 t/h	1.740.000	Modificação do atual sistema de alimentação de casca da caldeira auxiliar	70.000	0,4
Redução do consumo de vapor de baixa pressão na secagem	Economia de 30 t/h de vapor direto, com diminuição do consumo de mad. nativa p/ energia em 73.000 t/a. Redução de geração de E. E. própria de 3.450 kw	1.241.000	Não é necessário investimentos expressivos; somente testes na máquina	0	0,0
Aproveitamento calor residual da saída da secadora flakt	Economia de 8 t/h de vapor de baixa com diminuição do consumo de mad. nativa para energia em 2.200 t/a. Redução de geração de E. E. própria de 1.050 kw	374.000	Inclusão de sistema para uso de água desmineralizada no condensador cascata do cozimento. Reativação do sistema original de recup. de calor da secadora flakt	700.000	2,3
Diminuição da relação licor/ madeira nos digestores	Economia de 16 t/h de vapor de média pressão para aquecimento dos digestores, diminuindo o consumo de madeira nativa para energia em 39.900 t/a. Redução de geração de E. E. própria de 1.300 kw	678.300	Alteração das peneiras e sistema interno de circulação do digestor	724.000	1,3
Reutilização da água de resfriamento do condensador da evaporação para alimentar a desmineralização	Economia de 4 t/h de vapor de baixa pressão p/ aquecimento da água alimentação das caldeiras, diminuindo o consumo de madeira nativa para energia em 9.000 t/a. Redução do consumo de água tratada em 200 m ³ /h. Redução de geração de E. E. própria de 400 kw	219.096	Sistema de controle, segurança contra contaminação e desvio de tubulação	152.000	0,8
Reutilização da água de resfriamento do condensador da evaporação	Economia de 800 m ³ /h de água tratada, com diminuição de 100 kw no consumo de energia bombeamento	264.384	Inclusão linha de retorno de água tratada da evaporação para ETA	296.000	1,1

o pessoal de operação dá aos mesmos;

- problemas típicos com dessuperaquecedores de vapor, que permitem a passagem de água com válvulas fechadas;

- escassez de instrumentos para a medição de vazões de vapor/condensado. Muitas vezes, em pacotes típicos de um fornecedor, estes instrumentos não têm sido contemplados;

- falta de correção das leituras de vazão quando da variação de parâmetros do vapor (temperatura e pressão) para grandes geradores ou consumidores de vapor (rotinas facilmente implantáveis nos sistemas digitais de controle);

- fatores de cálculo inadequados em totalizadores;

- posições de localização de instrumentos conflitantes com aquelas indicadas nos fluxogramas.

Ainda nesta fase de campo, são realizadas as seguintes atividades:

- acompanhamento da operação, a fim de se verificar modificações que possam ter sido implantadas sem alteração da documentação, procedimentos operacionais, falhas de operação e conceitos que possam acarretar em maiores consumos de energia etc.;

- verificação de outros pontos de consumo, não previstos no projeto original;

- acompanhamento de linhas, a fim de se verificar perdas de vapor, falta de isolamento térmico, instalação errada ou em pontos não previstos da instrumentação etc.

Terminado este primeiro levantamento, inicia-se a fase onde se elaboram as tabelas comparativas de consumos específicos, tabelas com os principais parâmetros que influenciam no consumo e balanços de vapor/energia.

Segue-se, então, uma série de discussões entre as pessoas envolvidas no diagnóstico e especialistas da JPE de outras áreas, a fim de detectar razões para consumos excessivos e coletar sugestões para alterações. Tais discussões são suportadas pela documentação colhida na fábrica e pré-analisada.

Retorna-se ao campo para se discutir as sugestões levantadas na JPE, ou outras possíveis idéias do pessoal da fábrica, com os operadores, engenheiros de área e demais membros do corpo técnico.

Na fase de finalização, são refeitas tabelas, balanços etc., corrigindo-se eventuais erros que possam ter sido cometi-

dos. Elaboram-se fluxogramas simplificados com as sugestões de modificações, gráficos comparativos de consumos, tabelas contendo os custos de investimento para implantação das modificações e quantificações de retornos previstos.

O diagnóstico, como produto final, adequa-se às necessidades de cada fábrica, podendo gerar ainda relatórios mais específicos, abordando determinados assuntos com maior profundidade, por exemplo:

- relatório para o equacionamento do problema energético de determinada indústria, comparando diferentes formas para complementação da geração de energia (caldeira e turbina a vapor, turbina a gás com caldeira de recuperação etc.);

- relatório visando a adequação do sistema de controle para a implantação de um sistema de gerenciamento energético.

4. Gerenciamento de energia

4.1 Objetivo de um sistema de gerenciamento

O objetivo básico, a ser atingido com a implantação de um sistema de gerenciamento energético, é o de permitir um melhor controle da geração de vapor e energia elétrica e do consumo destes insumos, de forma a se diminuir a influência dos mesmos no custo do produto final. Os ganhos possíveis de ser obtidos, com um sistema deste tipo, estão diretamente relacionados ao grau de complexidade do sistema a ser implantado. Este poderá constituir-se da simples aquisição de dados, em áreas específicas, associados a rotinas de cálculo que informem parâmetros ótimos, ou até em um sistema de gerenciamento total, onde as variáveis controladas são alimentadas aos controladores via *software*.

Os benefícios advindos com tal implantação são:

- coordenação do consumo de energia de forma global;

- amplo conhecimento dos custos da energia e de sua influência na estrutura de custos das várias áreas da fábrica;

- maior rapidez para a tomada de decisões;

- aproveitamento eficiente da capacidade dos vários equipamentos através da utilização de rotinas de otimização (por exemplo, alocação de cargas elétricas em turbinas mais eficientes, programas para

controle da sopragem de fuligem etc.).

5. Diagnóstico energético como primeiro passo na implantação de um sistema de gerenciamento energético

Como citado anteriormente, o diagnóstico é quase que uma premissa para a implantação do gerenciamento energético, uma vez que ele:

- identifica uma condição inicial otimizada da fábrica;

- identifica rotinas em nível de *software* que reduzam o consumo de energia ou aumentem a sua geração;

- sugere estratégias de controle adequado;

- propicia um conhecimento do processo produtivo sob o ponto de vista energético, identificando os principais parâmetros que alteram o consumo de energia;

- identifica a instrumentação faltante para a confecção de balanços *on-line* de vapor e energia.

Desta forma, pode-se perceber que existe uma área em comum entre o diagnóstico energético e um sistema de gerenciamento. Sendo que o enfoque do gerenciamento é voltado para o sistema de controle ao passo que o diagnóstico é menos específico.

6. Conclusões

O diagnóstico energético, ou qualquer outra metodologia que objetive um estudo profundo visando a conservação e a otimização energética, mostra-se como uma tendência a ser seguida.

O diagnóstico energético tem-se mostrado como uma ferramenta extremamente útil e barata na otimização dos custos operacionais decorrentes dos consumos de insumos energéticos, o que é amplamente buscado pela maioria dos empresários para se obter a propalada Competitividade Internacional de seus Produtos.

O baixo custo dos insumos energéticos, em anos anteriores, não incentivou o investimento em eficiência energética, o que torna grande o número de oportunidades, em muitas empresas, para a conservação de energia.

As tendências de elevação dos custos de combustíveis e da energia elétrica, bem como a evolução de sistemas digitais de controle, programas de otimização etc., aliados à redução de seus custos, deve acentuar as tendências em estudos para otimização energética.