



**POR MAURO DONIZETI BERNI,**

PESQUISADOR DAS ÁREAS DE MEIO AMBIENTE E ENERGIA DO NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO (NIPE), DA UNIVERSIDADE DE CAMPINAS (UNICAMP-SP).  
E-MAIL: MAURO\_BERNI@YAHOO.COM.BR

## CONSUMO ENERGÉTICO MAIS EFICAZ PELA REDUÇÃO DE DESPÉRDÍCIOS

"Uma boa oportunidade para um outro salto qualitativo é a transformação da fábrica de papel e celulose tradicional em uma biorrefinaria de base florestal"

**N**a coluna deste mês, vamos fazer uma passagem pela planta de celulose e papel para elencar os pontos de desperdício de energia e entender como podemos eliminá-los, para reduzir o consumo energético. A redução de desperdícios, pode-se dizer, é uma alternativa simples e menos onerosa, ao lado da inovação e do uso das melhores tecnologias disponíveis, para conseguir bons resultados à empresa em eficiência energética.

Em uma planta do setor, encontramos pontos de desperdício em locais/equipamentos comentados a seguir.

- (i) A potência motriz é o principal uso final da energia elétrica em fábricas de papel e celulose, e a existência de motores elétricos superdimensionados e motores antigos, de baixa eficiência, é a principal causa de desperdício energético nessas empresas. Logo, a troca de motores por outros de elevada eficiência e capacidade adequada pode reduzir bastante este desperdício.
- (ii) O vapor d'água é o principal fluido térmico utilizado em fábricas de papel e celulose nos seguintes usos finais: aquecimento de processos, secagem e produção de potência mecânica em turbinas a vapor. Nas fábricas mais antigas e/ou onde não há manutenção apropriada, há perdas substanciais de vapor através de vazamentos, sobretudo nos purgadores utilizados na rede de distribuição. Um monitoramento e uma manutenção adequados desses purgadores podem minimizar seu bloqueio e diminuir substancialmente as perdas a um custo bastante reduzido.
- (iii) Outro componente do sistema de utilidades de uma fábrica de papel e celulose que costuma

apresentar vazamentos é a rede de distribuição de ar comprimido. Neste caso, um bom monitoramento e uma manutenção também podem sanar o problema a baixo custo. Há várias outras medidas de baixo e médio custos que permitem otimizar, do ponto de vista de consumo energético, sistemas de ar comprimido, incluindo a recuperação de calor dos compressores.

- (iv) Em fábricas de papel e celulose mais antigas, frequentemente a taxa de recuperação de condensado é baixa. Incrementar essa taxa aumenta a eficiência total do sistema de vapor das fábricas, além de propiciar economias no consumo e no tratamento da água de reposição das caldeiras.
- (v) Adotar uma "espessura ótima" dos isolamentos térmicos de tanques e linhas de vapor e água quente, como aquele que minimiza o custo de investimento, incluindo a instalação mais custo de manutenção e o custo do calor perdido através dos isolamentos, pode diminuir as faturas de compra de combustível ou aumentar a disponibilidade de vapor para a geração de potência, com períodos de retorno atrativos para os empresários da indústria de papel e celulose.
- (vi) Mais uma maneira de se diminuir perdas – neste caso, "perdas de carga" no escoamento de fluidos – é adotar o "diâmetro ótimo" para tubulações de redes de líquidos e gases. Diâmetro ótimo é aquele que minimiza o custo de investimento, incluindo a instalação mais o custo de recalque do fluido.

Worrell *et alii* (2008) apresentam um valor de 11,1 GJ/t como o consumo energético específico das me-

lhores práticas industriais na produção de celulose de mercado no processo kraft. O consumo específico de energia elétrica correspondente é de 610 kWh/t. Trata-se de fábricas que geram mais eletricidade do que necessitam consumir, produzindo excedentes entre 15 e 20 kWh/t. Mundialmente, o processo sulfito de produção de celulose é bem menos utilizado do que o kraft, mas encontra aplicações para a produção de papéis especiais. O consumo energético específico das melhores práticas industriais para esse processo, segundo o mesmo autor, é de 18,5 GJ/t; o menor consumo específico de eletricidade é de 700 kWh/t.

Worrell *et alii* (2008) apontam o processo termomecânico com recuperação de calor na forma de vapor e água quente como o que propicia as melhores práticas industriais na produção de Pastas de Alto Rendimento (PAR). Seus consumos específicos de energia (total) e eletricidade são 6,6 GJ/t e 2.190 kWh/t, respectivamente, e a recuperação de calor pode atingir 1,3 GJ/t. As melhores práticas industriais para produção de celulose a partir de papel reciclado requerem consumo energético específico de 1,5 GJ/t e consumo específico de eletricidade de 330 kWh/t.

O consumo energético específico da produção de papel a partir de celulose depende do tipo de papel. Worrell *et alii* (2008) apresentam os seguintes valores de consumo energético específico (total) e consumo específico de eletricidade para as melhores práticas industriais: (i) papel jornal – 7,2 GJ/t e 570 kWh/t; (ii) papelcartão – 9,6 GJ/t e 800 kWh/t; (iii) papéis kraft para embalagens – 7,8 GJ/t e 535 kWh/t; e (iv) papéis para fins sanitários – 10,5 GJ/t e 1000 kWh/t.

Os consumos energéticos específicos e consumos específicos de energia elétrica das melhores práticas industriais em fábricas integradas de papel e celulose, segundo uma compilação de Worrell *et alii* (2008), estão indicadas a seguir:

- (i) papel de imprimir e escrever branco, sem revestimento e manufaturado pelo processo kraft, a partir de celulose virgem – 18,3 GJ/t e 1200 kWh/t;
- (ii) papelcartão e papel de embalagem manufaturados pelo processo kraft, sem operação de branqueamento, a partir de celulose virgem – 17,6 GJ/t e 1000 kWh/t;
- (iii) papel de imprimir e escrever branco, revestido e manufaturado pelo processo sulfito, a partir de celulose virgem – 22,4 GJ/t e 1500 kWh/t;
- (iv) papel de imprimir e escrever branco, sem revestimento e manufaturado pelo processo sulfito, a partir de celulose virgem – 22,3 GJ/t e 1200 kWh/t;
- (v) papel jornal manufaturado pelo processo termomecânico, a partir de celulose virgem – 6,6 GJ/t e 2200 kWh/t;
- (vi) papel para revistas manufaturado pelo processo termomecânico, a partir de celulose virgem – 7,3 GJ/t e 2100 kWh/t;
- (vii) papel cartão manufaturado 50% pelo processo termomecânico, a partir de celulose virgem – 11,8 GJ/t e 2300 kWh/t;

- (viii) papelcartão manufaturado a partir de papel reciclado, sem operação de destintamento – 11,2 GJ/t e 900 kWh/t;
- (ix) papel jornal manufaturado a partir de papel reciclado, com operação de destintamento – 7,6 GJ/t e 1000 kWh/t; e
- (x) papéis para fins sanitários manufaturados a partir de papéis reciclados, com operação de destintamento – 11,3 GJ/t e 1200 kWh/t.

É fato que esses valores devem ser observados como metas a serem paulatinamente buscadas, sobretudo no contexto do Brasil, onde a eficiência energética não tem sido uma prioridade na maior parte das fábricas de papel e celulose, com exceção de algumas unidades exportadoras de celulose de mercado. Na verdade, ganhos de eficiência energética têm sido obtidos em algumas fábricas como resultado indireto de ações para melhorias da produtividade industrial e minimização de impactos ambientais negativos.

A maior parte do progresso técnico neste ramo industrial – particularmente no que diz respeito à eficiência energética – tem ocorrido de forma gradual, com pequenos avanços e poucos saltos qualitativos, como, por exemplo, o processo kraft de fabricação de celulose.

Uma boa oportunidade para um outro salto qualitativo é a transformação da fábrica de papel e celulose tradicional em uma biorrefinaria de base florestal. Para fins ilustrativos, deve-se mencionar o programa sueco de pesquisas intitulado “Ecocyclic Pulp Mill – KAM”, que estudou a localização, em um mesmo sítio, de uma fábrica de celulose e uma destilaria de etanol.

A fábrica de celulose utilizava um processo kraft em “estado da arte” e produzia excedentes consideráveis de combustíveis na forma de cascas de árvores e lignina. Uma das principais áreas de pesquisa voltava-se à forma mais eficiente e econômica de usar tal excedente.

No caso de referência, todo o combustível excedente era usado para produzir vapor empregado na geração de eletricidade. Uma das alternativas analisadas foi a utilização desses excedentes na produção de etanol a partir da celulose.

Um estudo similar aplicado às condições brasileiras envolvendo a produção de “etanol de primeira geração”, através da rota tradicional de fermentação; “etanol de segunda geração”, a partir de bagaço da cana-de-açúcar, palha da cana e resíduos da fábrica de celulose; e geração de eletricidade excedente a partir dos resíduos disponíveis em ambos os tipos de instalações industriais poderia ser mais compensador para o Brasil do que para a Suécia. ■

#### Referência:

Worrell, E., Price, L., Neelis, M., Galitsky, C. and Nan, Z., *World best practice energy intensity values for selected industrial sectors*, LBNL-62806, Rev.2, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA, February 2008.