



ORGANIZAÇÃO DE BANCO DE DADOS SOBRE PROCESSOS INDUSTRIAIS PARA FINS DE COGERAÇÃO

JOSÉ ANTONIO PERRELLA BALESTIERI
DAGOBERTO JOSÉ GIANOTTI
LUIZ AUGUSTO HORTA NOGUEIRA
AFONSO HENRIQUES MOREIRA SANTOS

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ
C.P.: 50 - CEP: 37500 - ITAJUBÁ (MG)



RESUMO

A necessidade de dados para fins de projeto na área de cogeração industrial e a sua apresentação esparsa motivaram este trabalho, que procura caracterizar um parâmetro adimensional para relacionar as quantidades de energias eletromecânica e térmica demandadas por diversos setores industriais, e variáveis segundo características tecnológicas, matérias-primas empregadas, fatores regionais e ambientais. São apresentados valores para o Brasil, analisados face à conjuntura atual; discute-se a oportunidade de organização de um Banco de Dados, acerca das necessidades energéticas dos setores.

INTRODUÇÃO

A caracterização dos setores industriais por meio de um parâmetro adimensional que relacione as quantidades demandadas de energia elétrica e térmica é de grande utilidade na determinação do potencial destes setores: a partir de valores que representem resultados característicos de um certo setor, variável numa certa faixa em função de diferenças tecnológicas, matérias-primas empregadas tanto na manufatura dos equipamentos de processo quanto na linha de produção, e fatores regionais, é possível não apenas avaliar-se a viabilidade na utilização de diferentes sistemas de cogeração para o caso de empresas que já possuam processos consolidados, como também projetar, a partir do conhecimento da tecnologia empregada, a provável demanda com a qual uma nova empresa irá operar, de modo a bem dimensionar o equipamento gerador.

Diversos modelos se utilizam deste parâmetro para estudos de viabilidade e projeto de sistemas de cogeração. A necessidade da organização de um Banco de Dados confiável, que contenha informações precisas sobre as necessidades energéticas de diferentes setores industriais, é o escopo deste trabalho, procurando não apenas oferecer valores já disponíveis mas também ficando aberto para novas contribuições.

MODELO PARA CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES INDUSTRIAIS

Considerando-se que os setores em análise necessitam de vapor em algumas etapas do processo, em atividades de secagem, evaporação, cozimento e aquecimento, e de energia eletromecânica para transporte de materiais, bombeamento, acionamento de motores, compressores, bombas, correias e guindastes, entre outras atividades, pode-se configurar tais necessidades de uma forma genérica por meio de um parâmetro adimensional que os relacione. A Figura 1 ilustra esquematicamente um processo industrial, retratando os insumos energéticos necessários para obtenção do produto final.

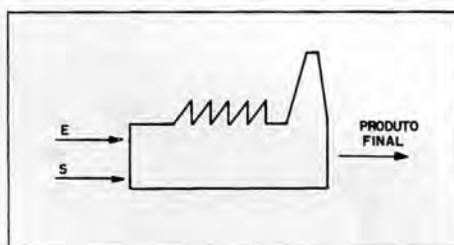


Figura 1. Esquema genérico de um processo industrial.

Sendo E o consumo demandado pelo processo de potência eletromecânica [kJ/h] e S o consumo demandado pelo processo de potência térmica [kJ/h], a relação que se obtém do quociente entre tais variáveis é um valor adimensional, a qual se denomina parâmetro ALFA,

$$ALFA = \frac{E}{S} \quad (1)$$

cujo valor é característico para cada processo e setor, variável dentro de certa faixa em função de diferenças tecnológicas e/ou fatores regionais, e muitas vezes variável na escala temporal.

Outra relação, de grande interesse para o cálculo do excedente de vapor disponível para geração de energia firme para venda às concessionárias, é a que expressa o fluxo mássico (\dot{m}) de vapor em função da demanda de energia térmica disponível. Conhecida a condição do processo, isto é, a faixa de temperatura e pressão do vapor necessário, e o fluido térmico empregado, tal relação é dada por

$$\dot{m} = \frac{S}{e} \quad [\text{kg/h}] \quad (2)$$

onde e representa a energia específica. O estabelecimento de condições típicas para diferentes processos permite a avaliação da energia específica (usualmente aproximada à entalpia de condensação) e, por conseguinte, da vazão mássica não apenas para vapor d'água mas para qualquer fluido térmico industrial. Ademais, na situação em que se associa ao processo um sistema de cogeração, passível de operar em diferentes cenários típicos para o setor, é possível simular as condições de geração do excedente de vapor.

Com respeito à questão das faixas usuais de temperatura do vapor utilizáveis nos processos em questão, a Engenharia de Processos os especifica em intervalos, em que as variações dentro destes limites pode representar a utilização de novas tecnologias ou uma certa variedade de produtos finais para cada processo. Estudos do perfil de utilização do calor de processo distribuído por faixas de temperaturas [1, 2] permitem identificar os setores que atuam nas faixas de alta, média e baixa temperaturas, e assim organizá-los de tal modo que sejam supridos por adequados sistemas de geração térmica.

Os valores apresentados a seguir [3] ilustram alguns setores/processos e respectivas faixas de utilização do vapor.

Tabela 1. Faixas de utilização de temperaturas de processos.

Faixa de Temperatura (C)	Discriminação dos processos
T < 80	-aquecimento de residências e escritórios;
80 < T < 200	-aquecimento, secagem, cocção em indústrias alimentares, sanitárias, têxteis, etc;
200 < T < 600	-maior parte dos reatores químicos, desidratação e evaporação de água de produtos;
600 < T < 900	-reatores petroquímicos;
900 < T < 1200	-descarbonatação e pré-aquecimento de materiais, fornos de evapocraqueamento;
1200 < T < 1700	-cocção de produtos argilosos (refratários);
T > 1700	-tratamentos metalúrgicos, fusão de materiais.

MODELOS QUE UTILIZAM A PARAMETRIZAÇÃO

A necessidade dessa parametrização se evidencia, em diferentes aspectos, pelo seu uso consolidado em estudos de viabilidade e projetos de sistemas térmicos para fins industriais.

Na pesquisa que realizaram para levantamento das necessidades energéticas das indústrias têxteis italianas, Carnevale e de Lúcia [4] utilizaram a relação ETR, que corresponde à razão entre a potência térmica média pela potência eletromecânica média, como parâmetro fundamental na análise dos processos industriais. Para esta relação, correspondente à forma inversa do parâmetro ALFA, são encontrados na Itália indústrias têxteis com valores ETR variando entre 2,5 e 15, dependendo do processo empregado, estando os valores mais baixos vinculados às empresas onde processos de acabamento ou o ciclo têxtil completo é realizado; altos valores de ETR são característicos das empresas que realizam apenas tingimento ou acabamento dos tecidos.

Babus Haq, Probert e Callaghan [5] se utilizam do parâmetro ALFA em algoritmo de simulação teórica em sistemas de cogeração de pequena escala, explorando diferentes cenários de acordo com a carga térmica ambiente ao longo do dia, permitindo desse modo uma decisão otimizada acerca da conveniência ou não de se investir na instalação destes sistemas.

Dentre outros, Hu [6] cita um parâmetro análogo à ALFA como um dos valores iniciais para se efetuar a estimativa das necessidades energéticas e de área plana para a implantação de processos industriais dotados de sistemas de cogeração. Uma tabela, contendo a relação entre as demandas de pico eletromecânica e térmica, é apresentada por este autor, em associação com o número de unidades industriais que se apresentam dentro de cada faixa (valores de ALFA entre 0,01 e 1,6 com intervalos de 0,1), revelando distribuição log-normal ao longo de 16 categorias de processos; tais valores são empregados em Simulações por Métodos de Monte-Carlo para aproximar, estocasticamente, as necessidades energéticas de pico esperadas.

Existem também diversos pacotes computacionais disponíveis para avaliação de sistemas de cogeração e que se utilizam do parâmetro ALFA. O modelo computacional DEUS (Dual Energy Use Systems) [7] foi desenvolvido para simular, por comparação, plantas industriais com e sem sistemas de cogeração para valores especificados com respeito ao consumo de vapor para processo e para geração eletromecânica, bem como taxas de retorno para o investimento no sistema. Os valores do consumo de vapor para processo e geração eletromecânica podem ser fornecidos não apenas como índices médios unitários para cada setor ou processo, mas em termos de perfil de variação do parâmetro no tempo.

ORGANIZAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS

A intenção de se organizar um banco de dados que contenha valores representativos e atuais para uma parametrização dos processos ou setores industriais encontra forte barreira não apenas na falta de estatísticas sérias, confiáveis e regulares, mas também, em certas ocasiões, na multiplicidade de informações realizadas por órgãos distintos, com grande disparidade. Persiste ainda, como agravante, o receio de muitas empresas em fornecer informações sobre sua situação, por julgar que possa haver quebra no sigilo industrial, ou ainda, temendo medidas de contenção no consumo por parte dos órgãos competentes.

Em face à diversidade de fontes para o levantamento, foram utilizados os Balanços Energéticos Nacional [8] e dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro para se obter índices globais em dez setores industriais, a saber: Cimento, Ferro Gusa, Ferro Liga, Outros Metais, Mineração e Pelotização, Papel e Celulose, Cerâmica, Têxtil, Alimentos e Bebidas, e Química.

Os índices a seguir apresentados (Tabela 2) [9] foram obtidos a partir de análise temporal e espacial, sendo que constam apenas os valores mínimo, médio e máximo verificados por setor; a base temporal utilizada difere ligeiramente de um Estado para outro, em função da disponibilidade das informações existentes. Para efeito de rateio da parcela de utilização da energia contido nos combustíveis destinado a calor de processo e aquecimento direto, foram utilizados os índices fornecidos pela Comissão Nacional de Energia, Balanço de Energia Util [10], que geraram constantes K_i específicas de cada setor, para serem multiplicados pelo consumo de vapor para processo, S, para compor o parâmetro ALFA:

$$K_i = \frac{E_{CP} + E_{AD}}{E_U}$$

onde: E_{CP} - energia para calor de processo (vapor, fluido térmico, etc.)

E_{AD} - energia para aquecimento direto (fornos, secadores diretos, etc.)

E_U - energia útil total no setor.

CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Uma análise temporal dos valores de ALFA revela uma tendência de crescimento do parâmetro com o passar dos anos, para a maioria dos setores, a nível nacional, como se observa nas Figuras 2 e 3; pode-se explicar as flutuações ocorridas em alguns setores como decorrência do comportamento do mercado consumidor para estes produtos.

O crescimento temporal de ALFA pode ser interpretado como um maior aumento na demanda de energia elétrica comparativamente ao aumento na demanda de energia térmica; tal afirmativa é compartilhada por Berman [11], que o atribui à necessidade de um aumento da proteção ao ambiente pelo uso de uma energia mais limpa e como função da necessidade, por parte das empresas, de uma maior confiabilidade através da interligação com a concessionária, quando praticam a cogeração. Em muitos casos, processos térmicos de separação e concentração tem evoluído incorporando processos mecânicos e consequentemente elevando a participação relativa da energia elétrica.

Devido à falta de informações mais detalhadas junto aos setores produtivos, não foi possível um levantamento, para o Brasil, sobre quantitativos energéticos demandados de energia eletromecânica e vapor para processo nos moldes do trabalho desenvolvido por Brown et alii [12], que fornecem não apenas estes valores como também a temperatura e a vazão mássica de vapor típicas em cada etapa do processo produtivo de diversos setores representativos da economia norte-americana. Espera-se que, a partir de informações obtidas por empresas públicas, como a Agência para Aplicação de Energia [2] e a

Tabela 2. Valores obtidos para o parâmetro ALFA em diferentes setores industriais.

LOCALIDADE		MINAS GERAIS			SÃO PAULO			RIO DE JANEIRO			BRASIL		
Setor Industrial	Eficiência (%)	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.
Cimento	80,8	0,098	0,122	0,150	*	*	*	0,2898	0,2923	0,2957	0,084	0,105	0,137
Ferro Gusa	99,7	0,107	0,117	0,125	0,2731	0,4569	0,6817	0,3367	0,3464	0,3578	0,052	0,081	0,101
Ferro Liga	92,1	0,768	0,838	0,940	-	-	-	-	-	-	0,650	1,032	1,627
Outros Metais ⁺	48,1	-	-	-	0,3650	0,6036	0,8501	0,4465	0,4577	0,4635	2,758	2,701	5,004
Mineração/Pelotização	61,1	0,682	1,072	1,349	-	-	-	-	-	-	0,166	0,320	0,816
Papel Celulose	73,8	0,046	0,128	0,158	0,1869	0,3245	0,5674	0,4646	0,4732	0,4830	0,230	0,364	0,582
Cerâmica	77,1	0,027	0,036	0,041	0,1145	0,1455	0,1897	0,5210	0,6509	0,7435	0,045	0,113	0,271
Têxtil	65,3	0,594	0,743	0,897	0,2318	0,4119	0,6151	0,4042	0,4200	0,4313	0,436	0,696	1,306
Alimentos/Bebidas	98,6	0,063	0,092	0,136	0,2418	0,5288	0,8899	0,3293	0,3870	0,4231	0,033	0,070	0,140
Química	75,9	0,924	1,088	1,264	0,1932	0,2322	0,3019	0,3795	0,4161	0,4639	0,234	0,331	0,500

+ inclui Alumínio, Cobre, ...
* 100% uso de eletricidade.

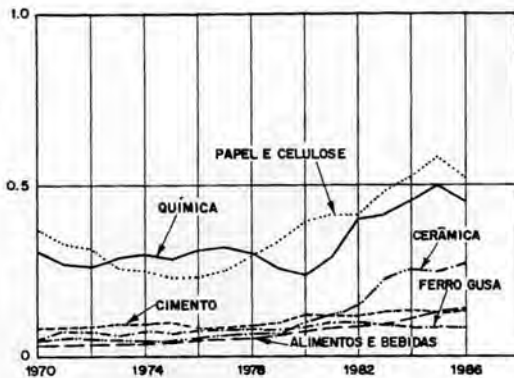


Figura 2. Variação temporal do parâmetro ALFA - (Brasil) 6 setores industriais.

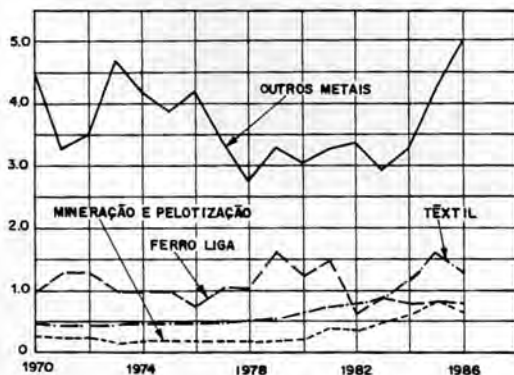


Figura 3. Variação temporal do parâmetro ALFA - (Brasil) 4 setores industriais.

Companhia Energética de Minas Gerais SA - CEMIG [13] através de seus Diagnósticos Energéticos, e de uma maior proximidade Empresa-Universidade, se possa dispor de valores característicos que retratem a realidade de cada processo, permitindo mesmo comparar processos semelhantes para diferentes setores.

Os autores colocam este Banco de Dados à disposição dos interessados em estudos e avaliações de sistemas de cogeração.

REFERÊNCIAS

- [1] Trevisan, O.V. e Macedo, I.C., Estudo da Estrutura de Uso Industrial da Energia Térmica no Estado de São Paulo. V Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Campinas, SP, 1979. Anais do COBEN 79, pp. 86-95 (1979).
- [2] Agência para Aplicação de Energia, Consumo de Energia nas Indústrias do Estado de São Paulo - Relatório Preliminar, São Paulo, 1987.
- [3] Le Goff, P. Energetique Industrielle. Technique et Documentation, Paris, 1979, Tomo 1.
- [4] Carnevale, E. & de Lucia, M., Gas Turbine Cogeneration: Range of Convenience in Textile Plant. International Symposium on Turbomachinery, Combined Cycle Technology and Cogeneration, 1987. Proceedings IGTI - Vol. 1, ASME, N. York, pp. 317-321.
- [5] Babus'Haq, R.F., Probert, S.D. & Callaghan, P.W., Assessing the Prospects and Commercial Viabilities of Small-Scale CHP Schemes. Applied Energy 31 (1988), Elsevier Science, England, pp.19-30.
- [6] Hu, S.D., Cogeneration, Reston Publishing Company, Reston, 1985.
- [7] Apling, J.L. & Priestley, R.R., Overview of the DEUS Screening and Evaluation Model. EPRI Cogeneration Seminar, Oakland (CA), 1982.
- [8] Ministério das Minas e Energia, Balanço Energético Nacional, Brasília, 1988.
- [9] Balestieri, J.A.P., Estudo de Sistemas de Cogeração por Aplicação de Métodos de Monte-Carlo, dissertação de Mestrado (em preparação), Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá (MG).
- [10] Comissão Nacional de Energia, GT-1415 - Planejamento - Subgrupo de referências básicas - Relatório Final, Brasília, 1988, pp. 15-17.
- [11] Berman, I.M., Cogeneration, Combined Cycles and Synthetic Fuelsian Overview, Power Engineering, Nov./1983, pp. 42-50.
- [12] Brown, H.L. et alli, Energy Analysis of 108

Industrial Processes, The Fairmont Press, Atlanta, 1st edition, 1985.

- [13] Burgva, J.A., A Política de Conservação de Energia da CEMIG para o Estado de Minas Gerais e a Política Nacional de Conservação de Energia Elétrica, In: Seminário Informática, Uma Ferramenta para a Análise Energética de Indústrias, Sociedade Mineira de Engenheiros, Belo Horizonte, 1985, pp. 60-86.

ABSTRACT

This article is derived from the need of data to the industrial cogeneration design; a non-dimensional parameter is presented to relate the electric-mechanical and thermal energy demanded by the industrial process, that varies according to the technology employed, environmental and regional factors, and others. It's presented some values to Brazil and its States, and the opportunity of a Data File reliable and accessible about the processes industrial needs is discussed.