

OS SEGMENTOS INDUSTRIAIS ENERGO-INTENSIVOS DE MAIORES POTENCIAIS TÉCNICOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL

Sergio Valdir Bajay¹

Filipe Debonzi Gorla²

Orlando Frederico José Godoy Bordoni³

RESUMO

O Brasil já possui uma experiência considerável na implantação de programas de conservação de energia, mais no que diz respeito à energia elétrica do que energia térmica. As iniciativas referentes ao setor industrial, no entanto, sobretudo as envolvendo os segmentos energo-intensivos, têm apresentado resultados bastante modestos, quando comparados com as experiências internacionais. Este artigo visa contribuir para avanços nesta área, apresentando resultados de cálculos de potenciais técnicos de conservação de energia efetuados pelo Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da Universidade Estadual de Campinas, para os segmentos energo-intensivos da indústria brasileira. Após comparações com potenciais de conservação encontrados na literatura técnica consultada, são destacados os segmentos industriais com maiores potenciais de conservação.

Palavras-chave: conservação de energia, eficiência energética, energia na indústria, potenciais de conservação.

1 Professor do Departamento de Energia, Faculdade de Engenharia Mecânica e pesquisador do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE), ambos na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, SP, bajay@fem.unicamp.br

2 Pesquisador do NIPE/Unicamp, Campinas, SP, filipegorla@yahoo.com.br

3 Pesquisador do NIPE/Unicamp, Campinas, SP, orlando.bordoni@uol.com.br



ABSTRACT

Brazil already has a considerable experience in setting up energy conservation programmes; this experience is larger with electric than with thermal energy. The initiatives concerning the industrial sector, however, particularly those involving the energy-intensive branches have shown meagre results, when compared to international experiences. This paper aims to contribute to advances in this area, presenting the results of calculations, carried out by the Interdisciplinary Centre for Energy Planning, from the State University of Campinas, about technical potentials for energy conservation in the energy-intensive branches of the Brazilian industry. After comparisons with conservation potentials found in the technical literature consulted, the industrial branches with the largest potentials are high lightened.

Key-words: energy conservation, energy efficiency, energy in industry, conservation potentials.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por energia é derivada da necessidade de se realizar atividades produtivas ou de lazer na sociedade; fontes de energia são essenciais para viabilizar estas atividades. Em cada setor da economia energia é requerida para diversas finalidades, que são denominadas seus "usos finais".

Há perdas na conversão da energia primária ou secundária nos diversos usos finais. A energia efetivamente utilizada em cada uso final, ou seja, a energia consumida menos as perdas, constitui o que se chama de "energia útil". Esta pode ser estimada através da multiplicação da energia consumida no uso final pelo rendimento da conversão.

Logo, o que se tem são demandas por "serviços de energia" nos vários usos finais, que usualmente podem ser satisfeitas por vários energéticos, com diferentes eficiências de conversão e diferentes custos.

Diminuir as demandas de energia útil sem sacrificar as necessidades produtivas, de conforto ou de lazer e, principalmente, aumentar as eficiências de conversão nos usos finais são os principais objetivos dos programas de conservação de energia. Tais programas são caracterizados por mecanismos de fomento à ações de conservação, que podem estar dire-



cionadas, por exemplo, para a troca de equipamentos obsoletos por outros mais eficientes, para mudanças de hábitos, ou, ainda, mudanças de uma fonte de energia por outra, com ganhos de eficiência.

Os termos “eficiência energética” e “conservação de energia”, muito utilizados na literatura técnica, possuem o mesmo significado, sendo, por conseguinte, empregados indistintamente ao longo deste artigo.

Os potenciais de conservação de energia podem ser classificados como potenciais técnicos, econômicos e de mercado. Os primeiros são definidos em relação a uma tecnologia de referência, que é, em geral, a melhor tecnologia disponível no mercado (*Best Available Technology* – BAT). Os potenciais econômicos são resultados de avaliações econômicas, além de comparações entre as tecnologias mais utilizadas e as mais eficientes. Finalmente, os potenciais de mercado refletem, além dos fatores já mencionados, também a influência de barreiras de vários tipos que limitam a utilização de tecnologias eficientes, do ponto de vista de consumo energético, mesmo quando elas são economicamente atrativas. Conseqüentemente, o potencial de mercado, em um dado setor industrial, é menor do que o potencial econômico e, este, é menor do que o potencial técnico, desde que as metodologias utilizadas em sua determinação sejam compatíveis.

As seções a seguir classificam os segmentos industriais no Brasil de acordo com sua importância em termos de consumo total de energia e consumo de energia elétrica, assim como em termos de sua participação no Produto Interno Bruto (PIB) do País e seu dinamismo econômico recente.

Na seqüência, são apresentados potenciais técnicos de conservação de energia nos principais segmentos energo-intensivos do País, conforme calculado recentemente por uma equipe do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE) da Universidade Estadual de Campinas, para a Confederação Nacional da Indústria, no contexto de um convênio que este possui com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, gerenciado pela Eletrobrás.

Estes potenciais de conservação são, então, comparados com valores correspondentes encontrados na literatura técnica. Por fim, são indicados os segmentos industriais de maior potencial técnico de conservação de energia, sobre os quais devem ser dirigidos os esforços do governo e das associações setoriais visando, em um primeiro momento, a realização de estimativas dos potenciais econômicos e de mercado associados a es-



tes segmentos. Em um segundo momento, novos programas de eficiência energética devem ser implantados, que possibilitem a materialização destes potenciais.

2. OS SEGMENTOS INDUSTRIAIS QUE MAIS CONSOMEM ENERGIA E ELETRICIDADE E OS PRODUTOS, FAMÍLIAS DE PRODUTOS OU SEGMENTOS INDUSTRIAIS QUE POSSUEM OS MAIORES CONSUMOS ESPECÍFICOS CORRESPONDENTES

Os segmentos industriais analisados neste artigo podem ser classificados segundo a sua contribuição para o consumo total de energia na indústria brasileira em 2007 (EPE/MME, 2008) conforme indicado a seguir:

- (i) Alimentos e bebidas (26,0%);
- (ii) Siderurgia (22,3%);
- (iii) Papel e celulose (10,4%);
- (iv) Química (9,4%);
- (v) Outras indústrias (8,0%);
- (vi) Metais não ferrosos (7,3%);
- (vii) Cerâmica (4,7%);
- (viii) Cimento (4,1%);
- (ix) Indústria extrativa mineral (4,1%);
- (x) Ferro-ligas (2,2%);
- (xi) Têxtil (1,6%);
- (xii) Outros minerais não metálicos (1,0%);
- (xiii) Vidro (0,8%); e
- (xiv) Fundições (0,7%)

Na realidade, o consumo energético das fundições está “embutido” nos consumos energéticos dos segmentos de siderurgia, metais não fer-



rosos e ferro-ligas e não dá para subtrair estas participações por falta de informações suficientes. Logo, a relação acima traz uma pequena dupla-contagem.

Estão relacionados, a seguir, os segmentos industriais maiores consumidores de energia elétrica em 2007 (EPE/MME, 2008):

- (i) Outras indústrias (20,3%);
- (ii) Metais não ferrosos (19,8%);
- (iii) Química (12,0%);
- (iv) Alimentos e bebidas (11,6%);
- (v) Siderurgia (9,5%);
- (vi) Papel e celulose (8,6%);
- (vii) Indústria extrativa mineral (5,6%);
- (viii) Ferro-ligas (4,5%);
- (ix) Têxtil (4,1%);
- (x) Cimento (2,2%);
- (xi) Cerâmica (1,7%);
- (xii) Fundições (1,6%);
- (xiii) Vidro (0,7%); e
- (xiv) Outros minerais não metálicos (0,5%)

Vale aqui também a observação feita anteriormente sobre a dupla contagem envolvendo o segmento de fundições.

Estão relacionados, a seguir, os dez produtos, famílias de produtos ou segmentos industriais que possuem os maiores consumos energéticos específicos totais, dentre os analisados neste trabalho (Bajay *et alii*, 2008b; Gorla e Bajay, 2008):

- Níquel: 9,3460 tep/t
- Ferro-ligas: 1,6377 tep/t



- Alumínio primário: 1,3172 tep/t
- Fibras acrílicas: 1,1964 tep/t
- Polibutadieno: 1,0100 tep/t
- Nylon-6: 0,9728 tep/t
- Anidrido maleico: 0,9544 tep/t
- Estireno: 0,9438 tep/t
- Fibras de polipropileno: 0,7830 tep/t
- Tereftato de polietileno (PET): 0,6742 tep/t

Salta aos olhos que nove destes produtos, ou famílias de produtos, pertencem à indústria de metais não ferrosos, ou à indústria química.

Os dez maiores consumos específicos de eletricidade com que se lidou neste trabalho estão indicados a seguir (Bajay *et alii*, 2008b; Gorla e Bajay, 2008):

- Níquel: 2,76 tep/t
- Alumínio primário: 1,2847 tep/t
- Ácido fosfórico para usos outros que como matéria-prima para fertilizantes: 0,8104 tep/t
- Ferro-ligas: 0,5247 tep/t
- Estanho: 0,46 tep/t
- Fiação e tecelagem: 0,4066 tep/t
- Fabricação de cloro através de células de mercúrio: 0,3083 tep/t
- Folhas de zinco: 0,2749 tep/t
- Anidrido maleico: 0,1812 tep/t
- Cobre primário: 0,1506 tep/t

Pode-se observar, na relação acima, uma forte concentração de produtos da indústria de metais não ferrosos, vindo, em segundo lugar, produtos da indústria química.



3. OS SEGMENTOS INDUSTRIAIS DE MAIOR PARTICIPAÇÃO NO PIB E OS MAIS DINÂMICOS, EM TERMOS DE DESEMPENHO ECONÔMICO, NOS ÚLTIMOS ANOS

Comparando-se os gráficos de participação, no Produto Interno Bruto (PIB), do Valor Adicionado (VA) de cada um dos segmentos industriais analisados neste artigo (Bajay *et alii*, 2008a) e focando no último ano para o qual o IBGE disponibiliza estes dados – 2005 obtém-se a seguinte classificação dos segmentos industriais que mais contribuíram para a formação do PIB naquele ano:

- (i) Outras indústrias (6,18%);
- (ii) Indústria de alimentos e bebidas (2,42%);
- (iii) Indústria química (1,82%);
- (iv) Indústria de papel e gráficas (1,15%);
- (v) Indústria têxtil (1,14%);
- (vi) Indústria siderúrgica, incluindo o segmento de ferro-ligas (0,95%);
- (vii) Indústria extrativa mineral (0,72%);
- (viii) Indústria de metais não ferrosos (0,30%);
- (ix) Outros fabricantes de minerais não metálicos (0,19%);
- (x) Fabricantes de cimento (0,13%);
- (xi) Indústria cerâmica (0,128%); e
- (xii) Fundições (0,106%);
- (xiii) Fabricantes de vidro (0,103%).

A fabricação de veículos automotores (montadoras e fabricantes de autopeças) e a fabricação de equipamentos elétricos e eletrônicos, que estão inseridas na categoria não energia-intensiva das “outras indústrias”, foram responsáveis, em 2005, por 1,17% e 1,12%, respectivamente, do PIB daquele ano.

Os segmentos energia-intensivos analisados neste projeto foram responsáveis, no seu conjunto, por 9,16% da formação do PIB em 2005.



Para se identificar os segmentos industriais mais dinâmicos, em termos de desempenho econômico, nos últimos anos, foram analisados os seguintes indicadores (Bajay *et alii*, 2008a):

- taxa média anual de crescimento do VA a partir de 1995 ou 1996;
- valores absolutos dos investimentos (INV) nos últimos anos;
- quociente (INV/VA) em 2005, valores mínimo e máximo do quociente nos períodos avaliados neste trabalho, e seu comportamento nos últimos anos; e
- intenções de investimentos futuros a que se teve acesso através da literatura técnica consultada.

O valor adicionado (VA) da indústria siderúrgica brasileira, incluindo o segmento de ferro-ligas, cresceu, em média, 11,05% a.a., comparado com um crescimento médio do PIB de 2,4% a.a. no mesmo período. O seu quociente (INV/VA) em 2005 foi de 0,22. Os valores mínimo e máximo deste quociente no período analisado foram 0,12 e 0,67 respectivamente. Este ramo industrial está em uma acentuada fase de expansão, com investimentos vultosos previstos tanto na expansão de unidades existentes como na instalação de novas unidades.

A indústria de metais não ferrosos está no início de uma nova fase de crescimento dos investimentos, com diversos novos projetos recém-implantados, ou programados para os próximos anos. O seu VA cresceu 11,55% a.a., em média, no horizonte analisado neste trabalho. O seu quociente (INV/VA) foi o mais alto da indústria neste horizonte: 0,568 em 2005; valor mínimo: 0,277; valor máximo: 0,991.

A indústria extrativa mineral, cujo VA cresceu, em média, 4,6% a.a. de 1995 a 2005, também está em fase de expansão. O quociente (INV/VA) foi de 0,022 em 2005. Os valores mínimo e máximo deste quociente foram 0,016 e 0,065.

O VA da indústria química teve um crescimento médio mais modesto no período 1995-2005, 3,57% a.a., e seu quociente (INV/VA) foi de 0,029 em 2005, com valores mínimo e máximo de 0,014 e 0,037, respectivamente. Esta indústria está em fase de expansão, com importantes re-estruturações patrimoniais e organizacionais, visando ganhos de escala e maior produtividade, e diversos novos projetos que devem aumentar substancialmente



a sua capacidade de produção, sobretudo de produtos petroquímicos básicos e materiais plásticos.

O VA da indústria de papel e gráficas cresceu, em média, 2,27% a.a. entre 1995 e 2005, abaixo do crescimento médio do PIB neste período – 2,4% a.a., e seu quociente (INV/VA) foi de 0,058 em 2005, com valores mínimo e máximo de 0,02 e 0,073, respectivamente. Apesar deste desempenho modesto, esta indústria está em fase de expansão, com exportações e investimentos crescentes.

O crescimento médio do VA da indústria de alimentos e bebidas foi mais modesto ainda: 2,01% a.a. no período 1995 – 2005. Seu quociente (INV/VA) foi de 0,056 em 2005, com valores mínimo e máximo de 0,038 e 0,07, respectivamente. Esta indústria, no entanto, também está em fase de expansão, com investimentos crescentes desde 2004.

O valor adicionado da categoria “outras indústrias” cresceu, em média, um pouco acima do PIB no horizonte de tempo analisado neste projeto: 2,59% a.a.. Seu quociente (INV/VA) foi de 0,117 em 2005, com valores mínimo e máximo de 0,040 e 0,123, respectivamente. O quociente (VA/PIB) tem sido ligeiramente crescente, mas esta categoria industrial pode passar por uma possível estagnação, ou, até mesmo, retração do seu crescimento, por conta dos investimentos fortemente decrescentes em 2006 e 2007.

O VA das fundições no Brasil teve um elevado crescimento médio no período 1996 – 2006 – 8,7% a.a., com um quociente (INV/VA) de 0,322 em 2005 (valor mínimo) e um valor máximo de 0,516. Valores decrescentes dos investimentos e do quociente (INV/VA), no entanto, indicam que este ramo industrial tem estado em uma fase de retração nos últimos anos.

O quociente (VA/PIB) da categoria “outras indústrias de minerais não metálicos” tem sido decrescente, sinalizando uma fase de ligeira retração. Não foram encontrados dados de investimentos deste ramo industrial.

O crescimento médio do valor adicionado da indústria de cimento no período 1996 – 2005 foi significativo – 3,8% a.a., mas valores decrescentes desta grandeza e do quociente (VA/PIB) indicam que esta indústria está em fase de retração. Esta situação pode se reverter com a recente retomada da construção civil no País. Não foram encontrados dados de investimentos da indústria cimenteira.

O VA da indústria de vidro cresceu, em média, abaixo do PIB entre



1996 e 2005 – 1,9% a.a. - e seu quociente (INV/VA) foi de 0,151 em 2005 (valor mínimo), com um valor máximo de 0,258. Valores decrescentes dos investimentos e do quociente (INV/VA) revelam que esta indústria está em fase de desaceleração.

Uma redução média de 0,5% a.a. do valor adicionado real da indústria cerâmica no Brasil no período 1996 – 2005 indica que esta indústria se encontra em uma fase de retração. Não foram encontrados dados de investimentos para este ramo industrial.

A redução média do VA da indústria têxtil foi mais acentuada ainda - 3,04% a.a.; o quociente (INV/VA) desta indústria foi de 0,064 em 2005 (valor mínimo), com um valor máximo de 0,069. Esta grande redução média do VA, mais quocientes (INV/VA) e (VA/PIB) decrescentes nos últimos anos revelam uma fase de forte retração da indústria têxtil no País.

4. POTENCIAIS TÉCNICOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA CALCULADOS PELO NIPE/UNICAMP

4.1 Metodologia empregada

Os segmentos industriais analisados neste artigo podem ser classificados em três categorias. Em segmentos heterogêneos, ou seja, aqueles cujos produtos são muito diferenciados entre si, como as indústrias química e de alimentos e bebidas, se trabalhou com dados de consumos energéticos para os principais produtos agregados em cadeias produtivas. Já em segmentos homogêneos, que fabricam produtos assemelhados, como cimento e ferroligas, os consumos energéticos foram agregados por etapas do processo produtivo. Finalmente, no caso dos segmentos com carência de informações, como as fundições, os dados disponíveis foram tratados de uma forma agregada. Para todas estas categorias, a metodologia de cálculo dos potenciais técnicos de conservação de energia foi a mesma, conforme descrito a seguir.

Os consumos, médio e mínimo, de energia térmica e energia elétrica de cada produto principal, ou de cada etapa produtiva, foram calculados multiplicando-se a produção física anual nacional pelos consumos energéticos específicos, médio e mínimo, de energia térmica e eletricidade.

O consumo específico médio representa a média nacional da energia consumida por unidade física de produto dentro de um processo indus-



trial. Por outro lado, o consumo específico mínimo representa a quantidade de energia que seria consumida pelas empresas industriais se todas elas adotassem tecnologias, equipamentos e práticas de gestão que correspondem ao estado da arte, em termos de eficiência energética (*BAT's*).

As diferenças entre os consumos, médio e mínimo, das energias térmica e elétrica fornecem os correspondentes potenciais técnicos de conservação de energia.

Tanto os consumos específicos, como os dados de produção física para cada produto ou etapa produtiva foram obtidos da literatura técnica, de anuários estatísticos e de visitas técnicas a algumas plantas industriais.

Os potenciais técnicos de conservação de energia, tanto térmica como elétrica, foram estimados por usos finais, com o auxílio de coeficientes de distribuição da energia consumida, tal qual feito no Balanço de Energia Útil – BEU (MME, 2005).

Os usos finais da energia considerados neste trabalho foram os mesmos do BEU:

- aquecimento direto: energia usada em fornos, fornalhas, radiação, aquecimento por indução, condução e micro-ondas;
- calor de processo, na forma de vapor gerado: energia usada em caldeiras e aquecedores de água ou circulação de fluidos térmicos;
- força motriz: energia usada em motores estacionários ou de veículos de transporte individual ou coletivo, de carga, tratores, etc;
- refrigeração: energia usada em geladeiras, freezers, equipamentos de refrigeração e ar condicionado tanto de ciclo de compressão ou de absorção;
- processos eletroquímicos: energia usada em células eletrolíticas, processos de galvanoplastia, eletroforese e eletrodeposição;
- iluminação: energia utilizada em iluminação de interiores e externa; e
- outros usos finais: energia utilizada em computadores, telecomunicações, máquinas de escritório, xerografia e equipamentos eletrônicos de controle.

Diferente do BEU, no entanto, o uso final aquecimento direto foi desagregado, graças à existência de dados em muitos dos segmentos analisados, em aquecimento direto em fornos, ou reatores químicos, e aquecimento direto em secadores.

4.2 Resultados obtidos

A Tabela 1 (Gorla e Bajay, 2008) apresenta os potenciais técnicos, absolutos e relativos, de conservação de energia térmica, eletricidade e consumo total de energia dos segmentos industriais energo-intensivos analisados neste trabalho. Na segunda coluna está indicado o ano para o qual foi realizada a estimativa do potencial de conservação de cada segmento.

Tabela 1 - Potenciais técnicos, absolutos, em tep, e relativos, em %, de conservação de energia térmica, eletricidade e consumo total de energia dos segmentos industriais energo-intensivos no Brasil.

Segmentos industriais	Ano	Energia térmica		Energia elétrica		Total	
		Pot. abs. (tep)	Pot. rel. (%)	Pot. abs. (tep)	Pot. rel. (%)	Pot. abs. (tep)	Pot. rel. (%)
Indústria siderúrgica	2007	5.774.921	34,7	1.048.073	66,4	6.822.994	37,4
Indústria cerâmica	2007	1.464.345	41,0	28.427	10,0	1.492.772	38,9
Indústria química	2006	1.268.900	23,0	185.600	10,0	1.454.507	20,0
Papel e celulose	2006	1.273.035	19,0	160.259	12,0	1.433.294	17,9
Indústria cimenteira	2007	912.958	30,4	144.147	38,8	1.057.105	31,3
Metais não ferrosos	2006	415.132	16,5	398.981	12,6	814.113	14,3
Alimentos e bebidas	2004	260.404	8,0	257.113	15,1	517.517	11,0
Indústria vidreira	2007	222.831	46,3	0	0	222.831	44,5
Fabricantes de cal	2007	172.191	23,0	50.105	64,6	222.296	27,0
Ind. extrativa mineral	2007	0	0	212.921	22,9	212.921	6,4
Indústria têxtil	2005	129.990	24,0	62.219	9,4	192.209	16,0
Fundições	2007	57.328	22,2	65.881	24,1	123.208	23,1
Ind. de ferro-ligas	2007	0	0	87.725	11,8	87.725	4,9

Pode-se constatar, na Tabela 1, que a indústria siderúrgica é a que possui os maiores potenciais absolutos de conservação e, também, o maior potencial relativo de conservação de energia elétrica.

A indústria cerâmica, por conta de seu segmento de cerâmica vermelha, é o que possui o segundo maior potencial, tanto em termos absolutos como relativos, de conservação de energia térmica e de consumo total de energia. Boa parte dos fabricantes de cerâmica vermelha são empresas

de pequeno e médio porte, que ainda utilizam fornos e processos ineficientes, em termos de consumo energético, sobretudo de energia térmica.

O terceiro maior potencial técnico de conservação, em termos absolutos, tanto de energia térmica como de consumo total de energia é o da indústria química.

A indústria de papel e celulose possui o quarto maior potencial de conservação, em termos absolutos, de energia térmica e de consumo total de energia.

A indústria cimenteira ocupa a quinta posição na classificação dos maiores potenciais técnicos de conservação, em termos absolutos, tanto de energia térmica como de consumo total de energia.

A sexta posição nesta classificação pertence aos eletro-intensivos fabricantes de metais não ferrosos, que possuem o segundo maior potencial, em termos absolutos, de conservação de energia elétrica.

A indústria de alimentos e bebidas possui o sétimo maior potencial, em termos absolutos, de conservação de energia térmica e de consumo total de energia e o terceiro maior potencial, em termos absolutos, de conservação de eletricidade.

À guisa de ilustração dos cálculos efetuados por uso final das energias térmica e elétrica, a Tabela 2 ilustra a distribuição obtida para a indústria química, desagregada em suas principais cadeias e produtos energo-intensivos.

4.3 Confiabilidade dos dados utilizados nos cálculos

A confiabilidade dos dados empregados nos cálculos dos potenciais técnicos de conservação de energia apresentados na Tabela 1 varia conforme os segmentos industriais energo-intensivos analisados.

Para quantificar o grau de confiabilidade destes dados, foi adotado um índice definido por uma escala de números inteiros variando de 1 a 6, com o limite inferior representando um baixo grau de confiabilidade e o limite superior o grau máximo encontrado, correspondendo a estatísticas altamente confiáveis de produção e consumos energéticos específicos obtidos a partir de balanços energéticos de plantas representativas do parque industrial nacional e de fontes conceituadas de dados, no que diz respeito ao consumo das melhores tecnologias disponíveis no mercado (*BAT's*).



A Tabela 3 (Gorla, 2009) classifica os segmentos industriais energointensivos analisados neste trabalho de acordo com a confiabilidade dos dados empregados nos cálculos de seus potenciais técnicos de conservação de energia, segundo a escala supracitada.

5. POTENCIAIS ENCONTRADOS NA LITERATURA TÉCNICA

Nesta seção, os segmentos industriais são classificados segundo o seu potencial de conservação de energia no Brasil, segundo a literatura técnica consultada.

Tabela 2 - Potenciais técnicos de conservação de energia na indústria química no Brasil, em 2006

Cadeias	Produtos	Potenciais técnicos de conservação de energia (tep)							Total
		Energia térmica				Energia elétrica			
		Aquecimento direto		Calor de processo	Força Motriz	Força motriz	Refrigeração	Eletrólise	
		Fornos / reatores	Secadores						
Etileno	Etileno	344.098	0	1.496	28.425	28.216	0	0	402.235
	Polietileno	0	0	16.908	0	54.282	0	0	71.190
	Dicloreto de etileno e cloreto de vinila	7.858	0	0	0	0	0	0	7.858
	Policloreto de vinila (PVC)	0	0	4.058	0	0	0	0	4.058
	Óxido de etileno	0	0	5.128	0	2.144	0	0	7.272
	Etilenoglicol	787	0	3.660	0	1.754	0	0	6.201
	Tereftato de Polietileno (PET)	10.620	2.491	0	0	1.355	0	0	14.466
	Fibras de poliéster	50	12	0	0	0	0	0	62
	Etilbenzeno	0	0	2.588	0	0	0	0	2.588
	Estireno	0	0	64.607	0	0	0	0	64.607
	Poliestireno	38.297	0	0	0	1.119	0	0	39.416

continua na próxima página

continuação da Tabela 2

Propileno	Propileno	7.154	0	0	0	0	0	0	7.154
	Polipropileno	0	0	743	0	743	0	0	1.485
	Óxido de propileno	0	0	2.524	0	0	0	0	2.524
	Acrlonitrila	15.817	0	0	0	0	0	0	15.817
	Fibras acrílicas	38	1.694	391	0	879	0	0	3.002
	Fenol e acetona	34	0	6.740	0	3.875	0	0	10.649
BTX	Benzeno, tolueno e xileno	20.363	0	0	0	1.837	0	0	22.200
	Ácido tereftálico (TPA)	5.012	0	0	0	247	0	0	5.259
	Ciclohexano	0	0	571	0	0	0	0	571
	Caprolactama	9.906	0	0	0	777	0	0	10.683
	Nylon-6	0	125	2.373	0	0	0	0	2.498
	Nylon-6,6	0	0	16.099	0	3.771	0	0	19.870
	Anidrido maleico	1.455	0	0	0	0	0	0	1.455
Fertilizantes	Amônia	155.603	0	22.678	46.254	25.978	8.659	0	259.172
	Uréia	0	0	28.242	0	5.677	0	0	33.919
	Ácido nítrico	25.087	0	0	0	2.106	0	0	27.193
	Sulfato de amônio	0	0	4.753	0	0	0	0	4.753
	Ácido sulfúrico	79.358	0	0	0	0	0	0	79.358
	Ácido fosfórico para fertilizantes	0	0	63.890	0	6.765	0	0	70.655
Cloro	Célula de diafragma	0	0	106.810	0	316	274	20.456	127.855
	Célula de mercúrio	0	0	32.657	0	89	74	7.235	40.055
	Célula de membrana	0	0	7.105	0	28	26	2.134	9.295
Outros produtos	Metanol	9.937	0	0	0	0	0	0	9.937
	Butadieno	0	0	54.896	0	0	0	0	54.896
	Óxido de zinco	9.465	0	0	0	4.834	0	0	14.299
Total		740.939	4.322	448.917	74.679	146.792	9.033	29.825	1.454.507



Tabela 3 - Classificação dos segmentos industriais energo-intensivos no Brasil, de acordo com a confiabilidade dos dados empregados no cálculo de seus potenciais técnicos de conservação de energia.

Segmentos industriais	Índice de confiabilidade dos dados
Alimentos e bebidas	4
Siderurgia	
Usinas integradas	6
Usinas semi-integradas	3
Produtores independentes de ferro-gusa	2
Papel e celulose	5
Indústria química	
Fertilizantes	5
Restante da indústria química	4
Metais não-ferrosos	5
Indústria cerâmica	
Revestimentos cerâmicos	4
Cerâmica vermelha	3
Cimento	5
Indústria extrativa mineral	3
Ferro-ligas	3
Indústria têxtil	2
Fabricantes de cal	3
Vidro	3
Fundições	2

Para esta classificação, foram levados em conta tanto os potenciais relativos, na forma de percentagens dos consumos setoriais, como os potenciais absolutos, obtidos multiplicando-se os potenciais relativos pelos consumos energéticos setoriais em 2007, segundo consta no Balanço Energético Nacional de 2008 (EPE/MME, 2008).

Apesar de se dispor de estimativas de potenciais de conservação de eletricidade para alguns segmentos industriais, elas não foram consideradas nesta classificação por não se dispor desta informação para vários dos segmentos aqui considerados.

As estimativas mais encontradas na literatura técnica consultada foram de potenciais técnicos setoriais de conservação de energia – em comparação com potenciais econômicos, ou de mercado, sendo, por con-

seguinte, os adotados para se definir esta classificação; também por se dispor de mais informações, as estimativas escolhidas foram as que refletem potenciais de realização a médio e longo prazos.

A Tabela 4 (Bajay *et alii*, 2008c), apresenta os potenciais, relativos e absolutos, adotados nesta seção para efeito de se classificar os segmentos industriais no Brasil, segundo seu potencial técnico de conservação de energia. Os potenciais relativos resultam todos de estimativas feitas para o Brasil. Quando estas estimativas encontram-se na forma de faixas de variação, foram utilizadas as informações disponíveis sobre os potenciais correspondentes no mundo como um todo, ou em outros países, para se chegar aos valores indicados na tabela.

Tabela 4 - Potenciais técnicos relativos, como % do seu consumo energético total, e absolutos, em 10^3 tep do seu consumo energético em 2007, de conservação de energia nos segmentos industriais analisados neste trabalho, no Brasil, segundo a literatura técnica consultada.

Segmentos industriais	Potenciais relativos (%)	Potenciais absolutos em 2007 (10^3 tep)
Alimentos e bebidas	10	2.126,20
Siderurgia	20	3.648,20
Celulose e papel	9	769,95
Indústria química	21	1.620,15
Outras indústrias	8	522,00
Metais não-ferrosos	11	658,02
Indústria cerâmica	18	691,38
Cimento	19	640,87
Indústria extrativa mineral	6,5	217,23
Ferro-ligas	8,5	153,25
Indústria têxtil	6	76,50

Como se pode constatar na Tabela 4, os segmentos com maiores potenciais relativos são, nesta ordem, os seguintes: indústria química – 21%, siderurgia – 20%, cimento – 19%, indústria cerâmica – 18%, metais não-ferrosos – 11%, alimentos e bebidas – 10% e celulose e papel – 9%. Os mesmos sete segmentos industriais são os que possuíam os maiores potenciais absolutos em 2007, só que em uma seqüência diferente, que é a seguinte: (i) siderurgia; (ii) alimentos e bebidas; (iii) indústria química; (iv) celulose e papel; (v) indústria cerâmica; (vi) metais não-ferrosos; e (v) cimento.



6. OS SEGMENTOS INDUSTRIAIS DE MAIORES POTENCIAIS TÉCNICOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Tanto os potenciais técnicos de conservação de energia calculados pelo NIPE/Unicamp como os encontrados na literatura técnica consultada indicaram os mesmos sete segmentos industriais - indústria siderúrgica, de cerâmica, química, de papel e celulose, de cimento, de metais não ferrosos, e de alimentos e bebidas - como sendo os de maiores potenciais na indústria brasileira.

Analisando os indicadores energéticos e econômicos apresentados nas seções 2 e 3 deste artigo, observa-se que o segmento denominado "outras indústrias" poderia, eventualmente, estar entre os sete segmentos industriais selecionados. Infelizmente, no entanto, este segmento, não energo-intensivo em sua maioria, é muito heterogêneo e carece de informações que possibilitem estimativas sobre seu potencial técnico de conservação de energia. Houve uma tentativa, sem sucesso, de se obter tais informações através de visitas técnicas e reunião em associação setorial para um dos mais importantes e dinâmicos sub-setores deste segmento, que é a indústria automobilística.

Os sete segmentos industriais, junto com a categoria "outras indústrias", são as que mais consomem energia no setor industrial brasileiro. As indústrias de metais não ferrosos, química, alimentos e bebidas, siderúrgica e de papel e celulose são também grandes consumidores de energia elétrica. O segmento de metais não ferrosos e a indústria química é que possuem os maiores consumos específicos tanto de energia térmica como energia elétrica.

Dentre os sete segmentos industriais selecionados, as indústrias de alimentos e bebidas, química, papel e celulose, e siderúrgica são as que mais contribuem para o PIB do Brasil. As indústrias siderúrgica, de metais não ferrosos, e química são as que têm tido, recentemente, um comportamento econômico mais dinâmico, com boas perspectivas de manterem altas taxas de crescimento no futuro.

REFERÊNCIAS

Bajay, S. V., Beissmann, A., Simões, A. F., Rocha, C. R., Dorileo, I. L., Modesto, M., Berni, M. D. e Sant Ana, P. H. M., *Relatório da Etapa II.f: Caracterização econômica dos setores industriais*, Projeto: Análise e Desenvolvimento de Metodologia Visando a Implementação de Projetos de Eficiência Energé-

tica na Indústria, contrato CNI/Funcamp/Unicamp, Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético – NIPE, Universidade Estadual de Campinas, junho de 2008a, 113p.

Bajay, S. V., Beissmann, A., Simões, A. F., Rocha C. R., Dorileo, I. L., Modesto, M., Berni, M. D. E Sant Ana, P. H. M., *Caracterização Energética dos Setores Industriais*, relatório técnico do projeto versando sobre “Análise e desenvolvimento de metodologia visando a implementação de projetos de eficiência energética na indústria”, financiado pela Confederação Nacional da Indústria, Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético, Universidade Estadual de Campinas, setembro de 2008b, 125 p.

Bajay, S. V., Beissmann, A., Simões, A. F., Rocha, C. R., Dorileo, I. L., Modesto, M., Berni, M. D. e Sant Ana, P. H. M., *Relatório da Etapa II.h: Potenciais de conservação de energia na indústria encontrados na literatura técnica*, Projeto: Análise e Desenvolvimento de Metodologia Visando a Implementação de Projetos de Eficiência Energética na Indústria, contrato CNI/Funcamp/Unicamp, Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético – NIPE, Universidade Estadual de Campinas, outubro de 2008c, 12p.

EPE/MME, *Balanço Energético Nacional 2008*, Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), Ministério de Minas e Energia (MME), Rio de Janeiro, RJ, 2008.

Gorla, F. D., *Potencial técnico de conservação de energia na indústria brasileira*, dissertação de mestrado em planejamento de sistemas energéticos, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, SP, julho de 2009.

Gorla, F. D. e Bajay, S. V., *Relatório da Etapa II.i: Simulação dos potenciais de conservação de energia na indústria*. Projeto: Análise e Desenvolvimento de Metodologia Visando a Implementação de Projetos de Eficiência Energética na Indústria, contrato CNI/Funcamp/Unicamp, Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético – NIPE, Universidade Estadual de Campinas, dezembro de 2008, 65p.

MME, *Balanço de Energia Útil*, Ministério de Minas e Energia (MME), Brasília, DF, 2005. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em Março de 2009.