

Série
ESTUDOS DA DEMANDA

NOTA TÉCNICA DEA 14/10

Avaliação da

**Eficiência energética
na indústria e nas residências**
no horizonte decenal (2010-2019)

Rio de Janeiro
Julho de 2010

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)



Ministério de Minas e Energia

Ministro

Márcio Pereira Zimmermann

Secretário Executivo

José Antonio Corrêa Coimbra

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento

Energético

Altino Ventura Filho



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Mauricio Tiomno Tolmasquim

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Amílcar Guerreiro

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

José Carlos de Miranda Farias

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Elson Ronaldo Nunes

Diretor de Gestão Corporativa

Ibanês César Cássel

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede

SAN – Quadra 1 – Bloco B – Sala 100-A
70041-903 - Brasília – DF

Escritório Central

Av. Rio Branco, n.º 01 – 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

Série ESTUDOS DA DEMANDA

NOTA TÉCNICA DEA 14/10 *Análise da* **Eficiência energética** **na indústria e nas residências** *no horizonte decenal (2010-2019)*

Coordenação Geral

Mauricio Tiomno Tolmasquim
Amílcar Guerreiro

Coordenação Executiva

Ricardo Gorini de Oliveira

Coordenação Técnica

Raymundo Aragão
Carla Achão
Jeferson Soares

Equipe Técnica

Ana Cristina Maia
Arnaldo dos Santos Junior
Flávio Rosa
Jose Manuel David
Marcos Conde
Monique Riscado
Rogério Matos

Rio de Janeiro
Julho de 2010

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

Série
ESTUDOS DA DEMANDA

NOTA TÉCNICA DEA 14/10
Análise da
Eficiência energética na indústria e nas residências
no horizonte decenal (2010-2019)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	CONSIDERAÇÕES GERAIS	4
2.1	CONCEITOS E DEFINIÇÕES	4
2.2	INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	5
2.3	ENERGIA ÚTIL	8
2.4	PROGRESSOS AUTÔNOMO E INDUZIDO	8
2.5	CONTEXTO ECONÔMICO E DEMOGRÁFICO	9
2.6	OUTRAS CONSIDERAÇÕES GERAIS	10
3	POTENCIAIS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	11
3.1	GERAL	11
3.2	ENERGIA ELÉTRICA	12
3.3	COMBUSTÍVEIS	14
4	SETOR RESIDENCIAL	15
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
4.2	TAXA DE ATENDIMENTO DO SERVIÇO DE ELETRICIDADE	16
4.3	POSSE DE EQUIPAMENTOS ELETRODOMÉSTICOS	17
4.4	CONSUMO ESPECÍFICO DE EQUIPAMENTOS ELETRODOMÉSTICOS	18
4.5	CALOR DE PROCESSO (AQUECIMENTO DE ÁGUA)	20
4.6	AQUECIMENTO DIRETO (COZINHA)	21
4.7	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DA ENERGIA ELÉTRICA	22
5	SETOR INDUSTRIAL	25
5.1	PARÂMETROS BÁSICOS	25

5.2	ENERGIA ELÉTRICA	27
5.3	COMBUSTÍVEIS	30
6	SOBRE A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM OUTROS SETORES	34
6.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	34
6.2	SETOR DE TRANSPORTES	34
6.3	SETOR AGROPECUÁRIO	36
6.4	SETOR COMERCIAL	37
7	REFERÊNCIAS	38

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Consumo de energia (total)	3
Tabela 2. Indicadores energéticos selecionados	6
Tabela 3. Indicadores energéticos globais de países selecionados (2006)	7
Tabela 4. Cenário socioeconômico referencial	9
Tabela 5. Potencial de conservação de energia - BEU (10^3 tep/ano)	11
Tabela 6. Potenciais de conservação de energia elétrica	12
Tabela 7. Potencial de conservação em eletricidade em setores industriais selecionados	13
Tabela 8. Potencial de conservação em combustíveis em setores industriais selecionados (CNI)	14
Tabela 9. Consumo final energético no setor residencial brasileiro em 2008	15
Tabela 10. Vida útil e posse média de equipamentos eletrodomésticos	17
Tabela 11. Evolução do consumo unitário do estoque de equipamentos nos domicílios	19
Tabela 12. Eficiência energética no setor residencial. Energia elétrica	23
Tabela 13. Consumo final energético no setor industrial brasileiro em 2008	25

ÍNDICE DE FIGURAS E GRÁFICOS

Gráfico 1. Brasil: Projeção de evolução do percentual de domicílios com energia elétrica	16
Gráfico 2. Ganho de eficiência de equipamentos eletrodomésticos no horizonte decenal (2019)	20
Gráfico 3. Consumo específico de energia em setores industriais selecionados ($\text{tep}/10^3\text{ton}$)	27
Gráfico 4. Intensidade elétrica e energética na indústria	27
Gráfico 5. Ganhos de eficiência energética na indústria: energia elétrica (*)	28
Gráfico 6. Participação dos subsetores no total da energia elétrica conservada na indústria	29
Gráfico 7. Avanço relativo da eficiência energética (eletricidade) por setor da indústria	30
Gráfico 8. Ganhos de eficiência energética na indústria: combustíveis (*)	31
Gráfico 9. Participação dos subsetores no total do combustível conservado na indústria	32
Gráfico 10. Avanço relativo da eficiência energética (combustíveis) por setor da indústria	33
Gráfico 12. Distribuição do transporte carga (t-km) no Brasil segundo o modal de transporte	36

1 INTRODUÇÃO

A eficiência no uso da energia entrou na agenda mundial a partir dos choques no preço do petróleo dos anos 1970, quando ficou claro que o uso das reservas de recursos fósseis teria custos crescentes, seja do ponto de vista econômico, seja do ponto de vista ambiental. Logo se reconheceu que um mesmo serviço poderia ser obtido com menor gasto de energia e, consequentemente com menores impactos econômicos, ambientais, sociais e culturais. Equipamentos e hábitos de consumo passaram a ser analisados em termos da conservação da energia tendo sido demonstrado que, de fato, muitas iniciativas que resultam em maior eficiência energética são economicamente viáveis, ou seja, o custo de sua implantação é menor do que o custo de produzir ou adquirir a energia cujo consumo é evitado.

Mais recentemente, a busca pela eficiência energética ganhou nova motivação. Em adição à perspectiva de custos mais elevados da energia de origem fóssil, a preocupação com a questão das mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global do planeta, aquecimento este atribuído, em grande medida, à produção e ao consumo de energia, trouxe argumentos novos e definitivos que justificam destacar a eficiência energética quando se analisa em perspectiva a oferta e o consumo de energia. Essa preocupação se justifica mesmo em um país como o Brasil, em que o custo de produção de energia é, de uma forma geral, economicamente competitivo e que apresenta uma matriz energética em que quase metade está associada a energias renováveis.

No Brasil, diversas iniciativas sistematizadas vêm sendo empreendidas há mais de 20 anos. Destacam-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cuja coordenação executiva está a cargo das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), cuja coordenação executiva é de responsabilidade da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras)¹. Mais recentemente, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) criou uma linha de financiamento específica para apoio a projetos de eficiência energética, o PROESCO.

A experiência acumulada ao longo desses anos evidencia que é possível, de fato, “retirar” uma parcela do consumo de energia por meio de iniciativas na área de eficiência energética. O consumo final energético no Brasil atingiu 211,7 milhões de tep no ano de 2008. Com base no Balanço de Energia Útil (BEU), é possível estimar que, considerando as tecnologias disponíveis no mercado, há um potencial de eficiência energética que corresponde a 8,6%.

¹ O PBE é vinculado ao ministério do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio Exterior (MME). PROCEL e CONPET são vinculados o Ministério de Minas e Energia (MME).

Assim, nos estudos da demanda de energia que a EPE desenvolve, em especial aqueles que se aplicam aos planos de expansão de energia, tanto os de horizonte decenal quanto os de mais longo prazo, é inevitável que a questão da eficiência energética seja tratada com destaque e da forma mais explícita possível.

É claro que a projeção da demanda considera, intrinsecamente, eficiência energética no uso da energia. Ocorre que há limitações metodológicas e de dados primários que restringem uma abordagem mais abrangente e detalhada da questão. Tem-se, então, que definir critérios e prioridades.

Mais da metade do potencial de eficiência energética no Brasil, conforme as estimativas realizadas a partir do BEU, encontra-se no consumo das famílias (setor residencial) e das indústrias, que, em 2008, representaram juntos quase 60% do consumo final energético do país (exclusive setor energético). Esses setores são naturalmente elegíveis para uma abordagem mais detalhada da eficiência energética implícita na projeção da demanda de energia.

Outra parcela importante do consumo final energético (33%) encontra-se no setor de transportes. Nesse setor, em especial no caso brasileiro, a questão mais central é a política setorial adotada quanto à matriz de transportes (uso dos diferentes modais para o atendimento de um dado nível de atividade), cuja discussão foge ao escopo deste trabalho. Deve-se reconhecer, contudo, que essa questão traz repercussões significativas sobre a demanda de energia e, por consequência, sobre a avaliação das oportunidades de ganhos de eficiência energética neste setor. Além disso, há que se notar a precariedade de dados e informações sobre os parâmetros que conduziriam a uma análise mais pormenorizada da eficiência nos transportes. A despeito desta limitação, a EPE está envidando esforços no sentido de aprimorar a metodologia empregada nas projeções de demanda de energia no setor de transportes, a partir dos dados disponíveis, o que permitirá tratar mais convenientemente, e de forma mais explícita, a eficiência energética neste setor nos próximos planos de expansão de energia.

Da mesma forma, não se fez o detalhamento da eficiência energética intrinsecamente considerada na projeção de energia dos demais setores (agropecuário, comercial e público). Não obstante, uma abordagem geral é apresentada em uma seção desta nota técnica especialmente dedicada ao setor de transportes e aos demais setores.

Os montantes de energia final total conservada no horizonte do PDE 2010-2019 são resumidos na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Consumo de energia (total)

Consumo ¹	2010	2014	2019
Consumo - sem conservação [10 ³ tep]	184.110	235.628	309.229
Energia conservada [10 ³ tep]	1.467	5.481	13.325
Energia conservada [%]	0,8	2,3	4,3
Consumo - com conservação [10 ³ tep]	182.644	230.148	295.904

⁽¹⁾ Corresponde ao consumo total de eletricidade em todos os setores somado ao consumo de combustíveis somente nos setores industrial e de transportes. Não inclui, portanto, o consumo de combustíveis dos demais setores: agropecuário, residencial, comercial/público e energético.

Fonte: EPE

2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1 Conceitos e definições

O termo “eficiência” descreve, segundo Hordeski (2005), a capacidade de equipamentos que operam em ciclos ou processos produzirem os resultados esperados. Em uma visão física, o conceito de “eficiência” estaria limitado aos processos em que há conversão de energia e em que as formas inicial e final são visíveis ou perceptíveis - energia cinética, potencial, elétrica.

O conceito apresentado pela *International Energy Agency* (IEA, 2007) - de que eficiência energética é a obtenção de serviços energéticos, como produção, transporte e calor, por unidade de energia utilizada, como gás natural, carvão ou eletricidade - é análogo ao apresentado por Raskin *et al.* (2002), que utiliza o termo “atividade” para relacionar o uso de energia, ou melhor, a necessidade de sua redução.

Aqui, será adotado uma definição geral que resume esses conceitos: ***eficiência energética é a relação entre e a quantidade de energia final utilizada e de um bem produzido ou serviço realizado.***

Dentro dessa conceituação, eficiência está associada à quantidade efetiva de energia utilizada e não à quantidade mínima teoricamente necessária para realizar um serviço, conceito que se aproximaria do potencial de eficiência. Além disso, observe-se que o conceito adotado é aplicável tanto à manufatura, em que há um bem físico cujo conteúdo energético pode ser delimitado, quanto para serviços, em que o conteúdo energético não é por vezes tão claramente definido, embora neste caso seja mais pertinente considerar a energia requerida para prestação do serviço.

A despeito do questionamento sobre sua conveniência ou atualização, serão utilizadas neste trabalho expressões como “energia conservada” ou “conservação de energia” como sinônimos de consumo evitado ou reduzido. Embora não se trate aqui da conservação de energia (no sentido físico da expressão), mas sim a redução efetiva do consumo, tendo em vista sua larga aplicação na literatura expressões como “conservação de energia” e “energia conservada” serão utilizadas para indicar o processo (conservação) ou resultados de redução no consumo final de energia.

Patterson (1996) destaca o entendimento de “eficiência energética” como um processo associado a um menor uso de energia por cada unidade de produção. Assim, mais relevante é a apuração de indicadores que expressem a variação na eficiência energética. Esses indicadores são em geral agrupados em quatro categorias principais, a saber:

- **Termodinâmicos:** baseados inteiramente na ciência da termodinâmica, indicam a relação entre o processo real e o ideal quanto à necessidade de uso de energia;
- **Físicos-termodinâmicos:** consideram a quantidade de energia requerida em unidades termodinâmicas, mas as saídas (produtos) são expressas em unidades físicas;
- **Econômicos-termodinâmicos:** têm como referência a energia requerida em unidades termodinâmicas, mas os produtos são expressos em unidades econômicas (valores monetários);
- **Econômicos:** tanto a energia requerida como os produtos são expressos em grandezas econômicas.

Ao longo deste trabalho, a eficiência energética estará referida tanto a indicadores específicos de consumo de energia por produto (termodinâmicos), quanto ao processo de redução deste consumo para uma mesma quantidade de produto (físico-termodinâmicos). Adicionalmente, a eficiência energética será expressa com utilização de indicadores sócio-econômicos, como o consumo por residência ou habitante.

Os valores de eficiência energética no horizonte decenal (2010-2019) aqui apresentados indicam a diferença entre a projeção do consumo final de energia², que incorpora esses ganhos de eficiência, e a projeção desse consumo na hipótese de serem os padrões tecnológicos e de uso da energia observados para o ano base. Esta é uma premissa relevante para a correta compreensão e contextualização dos resultados aqui apresentados e significam que:

- A quantificação apresentada considera um mesmo volume de saídas - produção física de bens industriais, prestação de serviços e conforto - sendo variável apenas a quantidade de energia necessária à sua produção ou realização;
- Não são consideradas mudanças de hábitos ou regime de operação de equipamentos, mas apenas ganhos associados ao consumo específico de cada equipamento ou processo avaliado.

2.2 Indicadores de eficiência energética

Seguindo-se a estruturação proposta por Patterson (1996), os critérios possíveis para expressão da eficiência energética se associam aos setores ou atividades econômicas. Para Schipper *et al.* (2001), indicadores energéticos descrevem as relações entre o uso de energia e atividade econômica de forma desagregada, representando medições do consumo de

² Conforme definição do Balanço Energético Nacional (EPE, 2009), consumo final de energia é a “energia primária e secundária que se encontra disponível para ser usada por todos os setores de consumo final do país”.

energia e permitindo identificar os fatores que o afetam. Tolmasquim *et al.* (1998) destacam, ainda, que os indicadores globais prestam-se a avaliar a eficiência energética de um país como um todo, possibilitando a comparação com outros países e o acompanhamento da evolução da eficiência ao longo do tempo.

Uma extensa lista de indicadores é apresentada em IAEA (2005), dentre os quais foram selecionados como mais relevantes os apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Indicadores energéticos selecionados

Tema	Indicador	Componentes
Uso total	Uso de energia por habitante	Uso de energia (oferta total, consumo final total) População total
Produtividade total	Uso de energia por unidade de produto interno bruto	Uso de energia (oferta total, consumo final total) Produto interno bruto
Eficiência do suprimento	Eficiência na conversão e distribuição	Perdas nos centros de transformação Perdas nos sistemas de transmissão e distribuição
Uso final	Intensidade energética - setor industrial	Uso de energia por setor industrial Valor adicionado por setor
	Intensidade energética - setor agropecuário	Uso de energia no setor agropecuário Valor adicionado para o setor
	Intensidade energética - setor serviços	Uso de energia no setor de serviços Valor adicionado para o setor
	Intensidade energética - setor residencial	Uso de energia no setor residencial e para os principais usos finais Número de domicílios, área construída, habitantes por domicílio, posse de eletrodomésticos
	Intensidade energética - setor transportes	Uso de energia para transporte de cargas e passageiros e por modal Passageiro-km e tonelada-km por modal

Fonte: IAEA (2005).

A título ilustrativo são apresentados na Tabela 3 indicadores globais divulgados pela IEA (2008) e relacionados ao uso de energia no ano de 2006. Observe-se que, para o grupo de países e regiões selecionados, a relação entre oferta interna de energia (OIE) e produto interno bruto (PIB) do Brasil é das mais baixas e que o consumo de eletricidade per capita brasileiro é igual ao da China, ligeiramente superior ao do México e inferior aos de Argentina (-27%) e Chile (-55%).

Tabela 3. Indicadores energéticos globais de países selecionados (2006)

País/Região	População (10 ⁶ hab)	PIB ¹ (10 ⁹ US\$)	Consumo de energia		Indicadores	
			OIE ² (10 ⁶ tep)	Elettricidade (TWh)	(tep/10 ³ US\$)	(kWh/hab)
OECD	1.178	31.158	5.537	9.872	0,18	8.381
Ásia	2.120	7.661	1.330	1.414	0,17	667
América Latina	455	3.425	531	808	0,15	1.777
África	937	2.207	614	522	0,28	557
África do Sul	47	489	129	227	0,26	4.810
Argentina	39	534	69	102	0,13	2.620
Chile	16	180	29	52	0,17	3.207
China	1.319	8.916	1.897	2.716	0,21	2.060
Estados Unidos	299	11.265	2.320	4.052	0,21	13.515
Índia	1.109	3.671	565	557	0,15	503
México	104	1.030	177	208	0,17	1.993
Rússia	142	1.473	676	872	0,46	6.122
Brasil	189	1.476	224	389	0,15	2.060
Mundo	6.536	57.564	11.740	17.377	0,20	2.659

Notas: (1) PIB expresso segundo conceito de “paridade de poder de compra”.

(2) OIE: Oferta Interna de Energia

Fonte: IEA (2008).

A terminologia utilizada neste trabalho para os indicadores globais que se aplicam na análise das projeções de demanda realizadas no âmbito do planejamento da expansão da oferta de energia no Brasil é, em geral:

<u>Indicador</u>	<u>Expressão</u>	<u>Unidade (*)</u>
<i>Consumo final per capita</i>	Consumo final de eletricidade por habitante	kWh/hab
<i>Consumo final por domicílio</i>	Consumo final de eletricidade por domicílio	kWh/dom
<i>Intensidade energética</i>	Consumo final de energia por unidade de valor adicionado	MWh/R\$ tep/R\$
<i>Consumo específico</i>	Consumo final de energia por unidade física de produto	MWh/ton tep/ton

(*) Em função dos valores expressos, as unidades poderão ser revistas para múltiplos ou submúltiplos das indicadas.

2.3 Energia útil

Outro conceito utilizado é o de energia útil. Conforme Marques *et al.* (2006), energia útil “significa a forma energética última, efetivamente demandada pelo usuário, devendo ser algum fluxo energético simples, como calor de alta e baixa temperatura, iluminação, potência mecânica”.

A estimação dos valores de energia útil no Brasil é apresentada no Balanço de Energia Útil (BEU), publicado em intervalos de 10 anos, e cuja edição mais recente tem como ano base 2004 (MME/FDTE, 2005). De acordo com esse documento, a energia útil é a parcela da energia final efetivamente utilizada em um dado uso, ou seja, a energia final menos as perdas. Expresso de outra forma, corresponderia ao produto da energia final por um rendimento energético.

Com relação ao conceito de rendimento energético, o adotado na formulação do BEU “se refere apenas à primeira transformação de energia do processo produtivo”, tratando-se de uma simplificação e reduzindo o potencial de economia calculado por não considerar perdas (e consequentes oportunidades de aumento da eficiência) para todo o sistema energético: as perdas reais serão sempre maiores do que as estimadas.

O BEU apresenta, para efeitos de análise do potencial de economia de energia, dois valores para os rendimentos energéticos:

- Rendimento “real” ou “efetivo”, associado às instalações em atividade no Brasil;
- Rendimento de referência, que corresponde a um valor [máximo] disponível no mercado para determinada tecnologia³.

O potencial de conservação de energia calculado a partir dos parâmetros apresentados no BEU se aproxima, portanto, do potencial técnico conforme descrito em EPRI (2009)⁴ - economias resultantes da adoção das tecnologias mais eficientes disponíveis, sem levar em conta a viabilidade econômica destas tecnologias.

2.4 Progressos autônomo e induzido

A avaliação da eficiência energética aqui realizada considerou a existência de dois movimentos. O primeiro, denominado **tendencial**, corresponde ao aumento da eficiência em uma trajetória do tipo “*business as usual*” e inclui a reposição tecnológica pelo término da

³ Como indicado no BEU, “os rendimentos de referência não devem ser considerados como o estado da arte disponível na literatura técnica, mas como o estado da arte disponível entre os equipamentos comercializados normalmente”.

⁴ Além do técnico, seriam ainda considerados os seguintes potenciais: econômico e máximo viável.

vida útil de equipamentos e os efeitos de programas e ações de conservação já em prática no país. O segundo, denominado **progresso induzido**, refere-se à instituição de programas e ações adicionais orientados para determinados setores, eventualmente ainda não implantados no país, refletindo políticas públicas⁵.

Neste trabalho, os montantes de conservação indicados são decorrentes dos efeitos combinados dos progressos tendencial e induzido, com predominância do progresso tendencial - haja vista que no horizonte em análise (2010-2019), em razão do tempo demandado para preparo, aplicação e absorção de novos programas e políticas a serem introduzidos, o impacto de novas medidas seria naturalmente reduzido.

2.5 Contexto econômico e demográfico

A avaliação da eficiência energética nos próximos dez anos insere-se em um conjunto de estudos da demanda de energia que têm como base um cenário referencial condicionado por fatores externos e internos à economia brasileira. A discussão e a descrição desse cenário fogem ao escopo desta nota técnica. Para o propósito deste trabalho é suficiente que tal cenário seja caracterizado em termos quantitativos, especificamente pelo crescimento demográfico e do número de domicílios e pelo crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), desagregado pelos grandes setores da economia.

O cenário referencial em que se circunscreve a avaliação da eficiência energética aqui apresentada é caracterizado, em termos quantitativos, na Tabela 4.

Tabela 4. Cenário socioeconômico referencial

Indicador	2010	2014	2019
Demografia			
População total [10 ³ hab]	194.090	200.186	206.556
Nº de domicílios [x1000]	60.844	66.662	73.992
Economia [R\$ milhões, valores constantes de 2008]			
PIB total	3.201.100	3.890.957	4.965.956
Indústria	546.812	683.366	882.320
Agricultura	158.741	196.652	257.016
Serviços	1.851.246	2.219.903	2.799.895
Setor energético	163.223	206.282	280.415

⁵ No Plano Nacional de Energia 2030 - PNE 2030 (EPE, 2007) o movimento tendencial era denominado *progresso autônomo*. Decidiu-se não adotar essa nomenclatura neste trabalho, embora mantendo-se o mesmo conceito, na busca de um termo que expressasse com maior clareza o significado desse movimento.

2.6 Outras considerações gerais

É importante ressaltar que não se considerou neste trabalho o estabelecimento apriorístico de metas para redução de emissões de gases de efeito estufa o que poderia implicar em definir limites para o consumo de energia.

Nessas condições, é premissa básica do trabalho o entendimento de que o uso da energia no Brasil não se faz, no horizonte do estudo (2010-2019), no “estado da arte”. Ou seja, o incremento na eficiência energética decorre de duas razões básicas:

- (a) da motivação própria dos consumidores, preocupados com a redução de custos e a atualização tecnológica; e
- (b) do incentivo oferecido por programas e iniciativas coordenados por agentes governamentais.

3 POTENCIAIS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

3.1 Geral

O BEU (MME, 2005) disponibiliza uma ferramenta que permite o cálculo de potenciais de conservação de energia a partir de coeficientes técnicos, comparando a eficiência verificada nos processos energéticos com valores referenciais que corresponderiam, conforme já assinalado, às melhores tecnologias disponíveis comercialmente.

Utilizando-se os valores apurados no Balanço Energético Nacional (BEN) para o ano base 2008 (EPE, 2009) e os parâmetros técnicos do BEU, válidos para 2004, pode-se calcular o potencial de conservação para todas as formas de energia. Os valores assim obtidos são indicados na Tabela 5.

Tabela 5. Potencial de conservação de energia - BEU (10^3 tep/ano)

Uso final	Setor					TOTAL
	Residencial	Transporte	Industrial	Energético	Outros ¹	
Força motriz	22,6	4.817,0	591,6	641,3	289,2	6.361,7
Calor de processo	49,2	0,0	1.962,6	1.347,7	87,4	3.446,9
Aquec. direto	1.819,2	0,0	3.085,7	50,6	177,6	5.133,2
Refrigeração	357,3	0,0	111,5	0,0	194,5	663,3
Iluminação	894,3	0,0	76,6	36,8	567,7	1.575,4
Eletroquímica	0,0	0,0	150,5	0,0	0,0	150,5
TOTAL	3.142,6	4.817,0	5.978,6	2.076,4	1.316,4	17.330,9

¹ Inclui os setores comercial, público e agropecuário

Em termos de quantidade de energia conservada, o maior potencial encontra-se no setor industrial, embora também mereçam destaque os valores calculados para os setores de transporte e residencial. Em termos proporcionais, o setor residencial é o que apresenta maior potencial uma vez que o valor de 3,1 milhões de tep representou 13,8% do total da energia consumida nesse setor em 2008. Nesses termos, as residências são seguidas pelo setor energético (8,5%) e pelo setor de transporte (7,7%). Em média, o potencial de conservação seria de 8,6% do consumo final energético de todos os setores.

Visto de outra forma, o potencial de conservação no setor residencial, por exemplo, em que a forma de energia predominante é a energia elétrica, equivaleria a uma usina hidrelétrica com 7.500 MW de potência instalada. No setor de transportes, em que os principais energéticos consumidos são óleo diesel, gasolina e etanol, o potencial de conservação calculado equivaleria a 92,6 mil barris por dia, ou seja, cerca de 5% da produção nacional de petróleo em 2008.

3.2 Energia elétrica

Diversos estudos se referem ao potencial de conservação de energia elétrica, distribuindo esse potencial segundo setores de consumo e muitas vezes classificando conforme a natureza, se potencial técnico, econômico ou de mercado⁶. Na Tabela 6 é apresentada uma compilação das estimativas de potencial de conservação de energia elétrica elaborada com base na revisão bibliográfica realizada para o PNE 2030 (EPE, 2007).

Tabela 6. Potenciais de conservação de energia elétrica

Autor	Setor / Segmento	Potencial (%)	Observações
Schaeffer <i>et al</i> (1998) ⁷	Residencial	28	Potencial técnico
		14	Potencial econômico
		12	Potencial de mercado
	Hotéis (4-5 estrelas)	26	Potencial técnico
		25	Potencial econômico
		18	Potencial de mercado
	Shopping Centers	58	Potencial técnico
		57	Potencial econômico
		37	Potencial de mercado
	Industrial - Cimento	38	Potencial técnico/econômico
		21	Potencial de mercado
	Industrial - Ferro Gusa e Aço	51	Potencial técnico
		36	Potencial de mercado
Leonelli (2006)	Iluminação Pública	14	-
	Saneamento	20	-
	Brasil	7	-
IAEA (2006)	Brasil	20 - 30	-
WWF (2006)	Brasil	25	-
MME/SPE (2006)	Edificações	10	-
	Iluminação Pública	51	-
	Saneamento	9	-

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) desenvolveu extensa pesquisa do mercado de eficiência energética no Brasil (Eletrobrás, 2009). Para o ano de

⁶ O potencial de mercado compreende o resultado de medidas que podem ser introduzidas “por si mesmas”, ou seja, aquelas cuja adoção traria redução de custos ao usuário; o potencial econômico compreende o conjunto de medidas que têm viabilidade econômica, porém exigem condições de contorno que induzam à sua efetiva implantação; o potencial técnico estabelece um limite teórico para penetração das medidas de eficiência energética, dado pela substituição de todos os usos da energia considerados por equivalentes com a tecnologia mais eficiente disponível.

⁷ Os potenciais apresentados de conservação de energia elétrica são para o ano de 2020.

2015, um horizonte de aproximadamente 10 anos após o ano base da pesquisa, são estimados potenciais de conservação de eletricidade no setor residencial de 46,0%, 21,5% e 10,3%, correspondendo respectivamente aos potenciais técnico, econômico e de mercado.

A Confederação Nacional da Indústria (CNI), como resultado de convênio estabelecido com o PROCEL, realizou avaliação de 13 setores industriais com expressivo consumo de energia (CNI, 2009). Os resultados agregados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Potencial de conservação em eletricidade em setores industriais selecionados

Uso da energia	Potencial (por ano)		Subsetores com maior potencial de conservação
	10 ³ tep	GWh	
Força motriz	2.032,4	23.640	Siderurgia Extrativa mineral Alimentos e bebidas
Refrigeração	46,6	540	Alimentos e bebidas Químico Têxtil
Fornos elétricos	370,9	4.310	Siderurgia Minerais não ferrosos Ferroligas
Eletrólise	191,4	2.230	Metais não ferrosos Química Papel e celulose
Iluminação	60,2	700	Alimentos e bebidas Têxtil Extrativa mineral Papel e celulose
Outros usos	2,4	30	Extrativa mineral
TOTAL	2.703,9	31.450	

Fonte: CNI (2009)

O potencial de conservação de energia elétrica na indústria avaliado pela CNI equivale a uma usina hidrelétrica com 6.500 MW de potência instalada. Isto é equivalente a todo o consumo de energia elétrica dos grandes consumidores industriais da rede interligada do subsistema Sudeste/Centro-Oeste previsto para o ano de 2009⁸.

⁸ Como grandes consumidores industriais relacionam-se os seguintes subsectores: bauxita, alumina, alumínio, siderurgia, ferroligas, pelletização, cobre, soda-cloro, petroquímica, celulose, papel e pasta mecânica e cimento. A previsão do consumo para 2009 é feita regularmente no âmbito da EPE. Para efeito dessa comparação, a previsão do consumo exclui a autoprodução.

3.3 Combustíveis

O estudo da CNI citado na subseção precedente compreendeu também avaliação do potencial de conservação de combustíveis nos setores selecionados. A indicação deste estudo é que o aquecimento direto (fornos) é o uso em que há maior potencial para a conservação de combustíveis na indústria, conforme revelado na Tabela 8.

Tabela 8. Potencial de conservação em combustíveis em setores industriais selecionados (CNI)

Uso da energia	Potencial		Subsetores com maior potencial de conservação
	10 ³ tep	bbl/dia	
Aquecimento direto (fornos)	9.103,7	175.600	Siderurgia Cerâmica Cimento
Aquecimento direto (secadores)	415,5	8.010	Alimentos e bebidas Cerâmica Têxtil
Vapor de processo (caldeiras)	2.358,2	45.500	Papel e celulose Têxtil Alimentos e bebidas Siderurgia
Outros usos	74,7	1.440	Química
TOTAL	11.952,0	230.550	

Fonte: CNI (2009)

É digno de nota que, de acordo com o estudo da CNI, há, na indústria, um potencial quase quatro vezes e meia maior para a conservação de energia em combustíveis do que em energia elétrica.

4 SETOR RESIDENCIAL

4.1 Considerações iniciais

Conforme dados do BEN destacam-se, no setor residencial brasileiro, o consumo de eletricidade, lenha e gás liquefeito de petróleo - GLP (ver Tabela 9).

Tabela 9. Consumo final energético no setor residencial brasileiro em 2008

Fonte	Consumo (10 ³ tep)	%
Eletricidade	8.220	36,2
Lenha	7.706	33,9
GLP	6.043	26,6
Carvão vegetal	531	2,3
Gás natural	229	1,0
Querosene	9	0,0
Total	22.738	100,0

Fonte: EPE (2009)

Nesse setor, variáveis como o número de domicílios e o perfil de posse de equipamentos têm importante impacto na determinação do consumo de energia. Enquanto o consumo de eletricidade é significativo para o uso de eletrodomésticos e outros equipamentos de uso em residências, como chuveiros elétricos e lâmpadas, o consumo da lenha e do GLP tem uma aplicação importante no atendimento da demanda por cocção e aquecimento de água.

No caso da energia elétrica, a fim de calibrar os modelos de cálculo utilizados, foram aplicadas duas abordagens metodológicas na projeção da demanda. Uma do tipo “*top-down*”, que se baseou na cenarização da evolução de dois indicadores básicos, a saber: (a) relação entre o número de consumidores residenciais e a população, que permite obter a projeção do número de consumidores a partir da projeção da população; e (b) o consumo médio por consumidor residencial. A outra é do tipo “*bottom-up*”, por uso final, em que se considera o número de domicílios, a posse média de equipamentos e seu consumo específico - variável que internaliza possíveis ganhos de eficiência.

Uma vez calibrados os modelos e os parâmetros básicos de projeção, aplicou-se a metodologia “*bottom-up*” em uma situação que considera e outra que desconsidera modificações no rendimento energético dos principais equipamentos. A energia conservada foi então calculada como a diferença entre as duas projeções. Desta forma:

- O cálculo da energia conservada teve por referência uma mesma base de número de domicílios e atendimento pela rede elétrica;

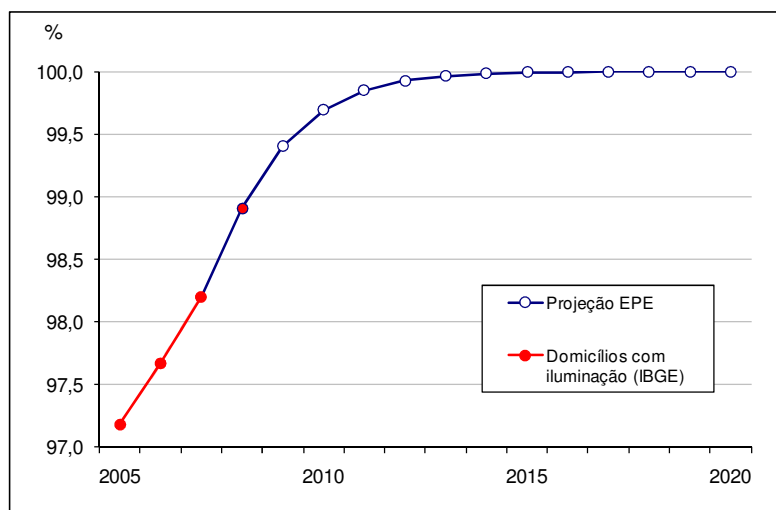
- Para efeito de cálculo, não foram consideradas diferenças de posse e uso de equipamentos;
- A energia conservada assim calculada refere-se, exclusivamente, ao aumento da eficiência dos novos equipamentos consumidores.

Observe-se que a metodologia permite que seja considerada - e assim se fez - eventual substituição entre fontes. Por exemplo, a substituição da eletricidade por gás ou por aquecimento solar direto no caso do aquecimento de água. Contudo, pela abordagem adotada tal redução não foi contabilizada ou apropriada como energia conservada, embora muitos autores defendam que assim devesse ser considerado.

4.2 Taxa de atendimento do serviço de eletricidade

Uma das questões básicas é determinar a parcela dos domicílios que serão atendidos pelo serviço de energia elétrica ao longo do horizonte de análise (taxa de atendimento). Para tanto, admitiu-se que a meta inicial do programa Luz para Todos, inclusão de 10 milhões de pessoas ou 2 milhões de famílias, será atingida em 2010 e que as novas demandas surgidas após o início do programa serão atendidas na sequência. Essa hipótese leva a considerar a evolução da taxa de atendimento (percentual de domicílios com energia elétrica) conforme ilustrado no Gráfico 1. Com isto, o número de domicílios particulares permanentes⁹ com energia elétrica cresce de 57 milhões de unidades no ano de 2008 para cerca de 74 milhões de unidades em 2019.

Gráfico 1. Brasil: Projeção de evolução do percentual de domicílios com energia elétrica



Nota: Domicílios particulares permanentes.

⁹ A terminologia adotada aqui segue aquela empregada pelo IBGE, que define domicílio particular como moradia de uma pessoa ou de um grupo de pessoas, onde o relacionamento é ditado por laços de parentesco, dependência doméstica ou normas de convivência. O domicílio particular é classificado como permanente quando localizado em unidade que se destina a servir de moradia (casa, apartamento e cômodo) (IBGE, 2009).

4.3 Posse de equipamentos eletrodomésticos

No que tange ao consumo de eletricidade, a evolução da posse de equipamentos por domicílio é determinante do ritmo de crescimento dessa demanda. Na metodologia empregada para a projeção da demanda residencial de energia elétrica por uso final nos estudos da EPE, a evolução da posse média resulta de estimativa sobre a evolução do estoque dos principais eletrodomésticos presentes nos domicílios. Por sua vez, a projeção do estoque é realizada a partir da diferença entre a estimativa de evolução das vendas e o sucateamento dos equipamentos considerados.

Para efeito de cálculo, tomou-se por base o perfil de idade dos equipamentos levantado na “Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - ano base 2005” realizada pelo PROCEL (Eletrobrás, 2007). Em adição, admitiu-se que, ao final da vida útil, os equipamentos domésticos são substituídos por novos mais eficientes. Além da renovação da parcela do estoque que é sucateada, considera-se que o ritmo de crescimento das vendas de eletrodomésticos é função do incremento no número de novas ligações à rede e também do aumento da renda das famílias e, em um plano mais agregado, de sua melhor repartição. Essas considerações são determinantes na composição da trajetória da posse média de equipamentos domésticos. Na Tabela 10 a seguir são apresentados os dados básicos considerados neste trabalho, a saber: a vida útil dos equipamentos domésticos e a posse média desses equipamentos pelas famílias no horizonte deste estudo (2010-2019).

Tabela 10. Vida útil e posse média de equipamentos eletrodomésticos

Equipamento	Vida útil anos	Posse média (equipamentos por 100 domicílios)		
		2010	2014	2019
Ar condicionado	15	20	23	24
Refrigerador	15	96	100	100
Congelador	15	19	17	16
Chuveiro elétrico	15	84	85	86
Máquina de lavar roupas	15	63	67	72
Televisão	14	138	155	177
Lâmpadas (*)	1,5	7,55	7,59	7,63

(*) número médio de lâmpadas por domicílio.

O congelador (“freezer”) é o único eletrodoméstico para o qual se supõe decréscimo na posse média ao longo do período de análise. Essa hipótese se apoia no histórico recente em que, diante de uma economia em que a inflação dos preços de alimentação e bebidas está sob controle, reduz a necessidade de estoque doméstico. No cenário referencial essa condição de contorno não se altera. Assim, nesse caso, trabalhou-se com a premissa de que não haverá expansão do estoque de 12 milhões de equipamentos.

4.4 Consumo específico de equipamentos eletrodomésticos

A premissa geral adotada é de que a oferta de equipamentos no mercado evolui na direção de sempre disponibilizar dispositivos mais modernos e eficientes. Assim, por hipótese, a eficiência média do estoque de equipamentos em poder das famílias aumenta progressivamente seja devido à reposição do equipamento ao final de sua vida útil, seja devido à expansão do estoque, associado ao movimento de equipar os novos domicílios. Nesse sentido, considerou-se que a eficiência dos novos equipamentos adquiridos pelas famílias cresce a uma taxa média de 0,5% ao ano até o horizonte de 2019.

Em todos os casos, admitiu-se que o equipamento de referência seria o mesmo ao longo do horizonte de estudo. Por exemplo, o condicionador de ar de referência foi sempre, para efeito de cálculo, um equipamento com potência nominal de 1.000 W. Apenas no caso do chuveiro elétrico, considerando a busca por maior conforto, admitiu-se que as famílias tenderiam a adquirir equipamentos com maior potência elétrica, que demandariam, conseqüentemente, mais energia elétrica.

Para o cálculo do consumo específico por equipamento existente no ano de 2005, tomou-se como referência inicial os valores determinados a partir de informações contidas na “Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso” do PROCEL (Eletrobrás, 2007), nas tabelas de eficiência do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia - INMETRO (INMETRO, 2009), além de dados de potência e tempo de uso, disponibilizados pelas concessionárias de energia elétrica.

As principais hipóteses utilizadas para a estimativa do consumo específico destes equipamentos¹⁰ no ano base consideradas constantes ao longo do horizonte de análise foram:

- **Refrigerador:** foi considerado, para efeito de cálculo da média de consumo de energia elétrica, um funcionamento durante 10 horas por dia¹¹, 365 dias por ano, constante em todo o horizonte de análise.
- **Congelador:** o consumo específico deste equipamento foi calculado de forma semelhante ao da geladeira. Assumiu-se um uso de 9 horas por dia¹² e 365 dias por ano, constante em todo o horizonte de análise.
- **Ar condicionado:** considerou-se um tempo médio de uso de 8 horas por dia¹³, durante quatro meses por ano¹⁴.

¹⁰ Considera-se que durante o horizonte decenal 2010-2019 ocorrerá uma redução de 5% no consumo dos novos equipamentos no final do período em relação aos novos equipamentos considerados na atualidade.

¹¹ Já considerado o período em que o compressor permanece desligado.

¹² Descontando-se o período que o compressor permanece desligado.

¹³ Considerando que o compressor funciona 50% do tempo.

¹⁴ Correspondendo aos meses com maiores temperaturas médias.

- **Chuveiro elétrico:** admitiu-se um tempo médio de banho de 10 minutos por habitante na posição “inverno” durante quatro meses e na posição “verão” durante o restante do ano.
- **Máquina de lavar roupas:** considerou-se um funcionamento médio de 12 horas por mês (3 horas por semana).
- **Televisão:** o consumo específico deste equipamento foi calculado admitindo um tempo médio de utilização de 4 horas por dia e 365 dias por ano, ponderado pela posse média de aparelhos de 14, 20, 21 e 29 polegadas nos domicílios no ano de 2005.¹⁵
- **Lâmpadas:** o tempo médio de utilização foi estimado a partir da média de utilização de lâmpadas de uso habitual (considerada 5 horas por dia) e de uso eventual (considerada de 1 hora por dia), ponderada pela posse média de cada um dos dois tipos.

Nessas condições, o consumo médio do estoque de equipamentos nas residências foi estimado conforme se apresenta na Tabela 11. Os ganhos de eficiência considerados em cada caso são, portanto, os apresentados no Gráfico 2.

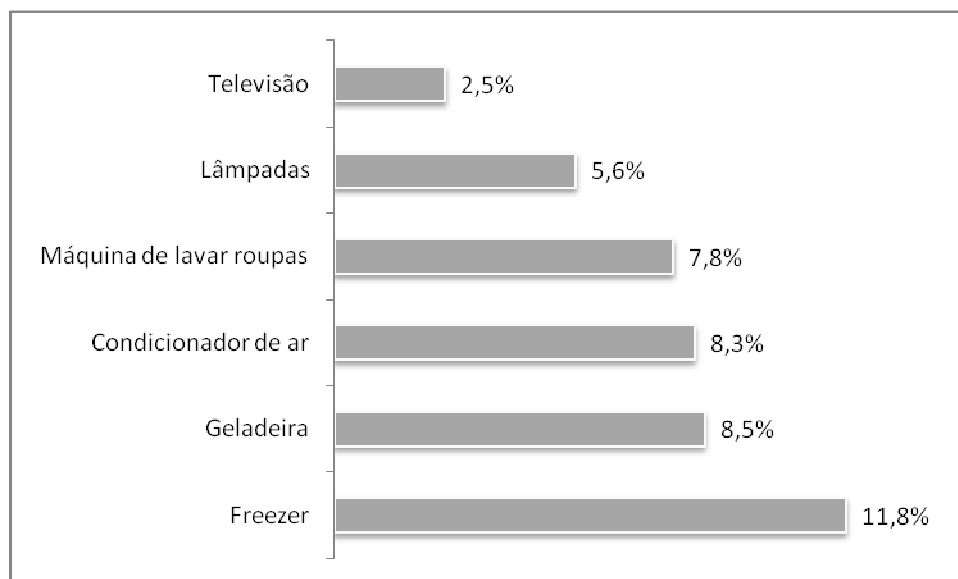
Tabela 11. Evolução do consumo unitário do estoque de equipamentos nos domicílios

Equipamento	kWh/equipamento/ano		
	2010	2014	2019
Ar condicionado	456	441	419
Refrigerador	349	338	320
Congelador	519	499	458
Lâmpadas	39	38	37
Chuveiro elétrico	483	498	511
Máquina de lavar roupas	68	66	63
Televisão	149	147	145

Cabe destacar que a análise se restringiu a esse grupo de equipamentos em razão de esses equipamentos representarem 85% do consumo de uma residência brasileira típica ou média. Todavia, em uma visão perspectiva, a crescente importância que tendem a assumir outros eletrodomésticos no uso da energia residencial autoriza admitir que a proporção de “outros usos” no consumo de eletricidade em uma residência brasileira, que hoje (2009) se estima em 15%, tenda a aumentar¹⁶.

¹⁵ Para mais detalhes ver Duarte *et al.* (2007).

¹⁶ Para se ter uma idéia do potencial de elevação do consumo de energia elétrica em decorrência do aumento da posse e do uso de outros equipamentos, isto é, não relacionados nesta seção, considere que, de acordo com a pesquisa do PROCEL (Eletrobrás, 2007) em cada 100 domicílios, não há mais do que 74 aparelhos de som, 50 ventiladores de teto, 32 aparelhos de vídeo-cassete, 25 aparelhos de DVD, 23 computadores pessoais (PC), 14 impressoras, e 9 aparelhos de vídeo-games.

Gráfico 2. Ganho de eficiência de equipamentos eletrodomésticos no horizonte decenal (2019)

Como referência considere-se que já no ano de 2001 a categoria “outros usos” representava 45% do consumo de energia elétrica dos lares norte-americanos (EIA, 2009). A premissa considerada neste trabalho foi de atingir essa proporção no horizonte de mais longo prazo, pelo que, no ano horizonte deste trabalho (2019) atingir-se-ia o percentual de 29%.

Essa observação é relevante porque, em razão da abordagem metodológica adotada, em que a avaliação da eficiência é feita pela diferença entre a projeção da demanda de energia considerando e não a evolução do consumo específico de equipamentos, a mudança da estrutura de consumo nas residências, como, por exemplo, ganho de participação de outros equipamentos, pode mascarar os ganhos de eficiência obtidos.

4.5 Calor de processo (aquecimento de água)

O calor de processo no setor residencial se destina basicamente ao aquecimento de água, sobretudo para banho. De acordo com a já referida pesquisa do PROCEL, a energia elétrica é a forma preferencial de energia para o aquecimento de água para banho na maioria absoluta (73,5%) dos domicílios brasileiros. O uso de outros energéticos para este fim é ainda residual. Muito mais expressiva (17,5%) ainda é a parcela de domicílios que não possui equipamento para aquecer a água. Há, portanto, um grande potencial para a substituição da energia elétrica pelo gás ou pelo aquecimento solar direto neste uso. Destaque-se que entre os domicílios que já usam o gás para o aquecimento de água para banho, quase 60% o faz por meio de gás canalizado (o restante utiliza o GLP).

Se a energia elétrica o principal energético nesse uso, o equipamento principal é o chuveiro elétrico (o uso de *boilers* elétricos é marginal). No caso do chuveiro elétrico, o parâmetro importante a considerar é o número de domicílios dotados deste equipamento. Grosso modo,

essa estimativa resulta da diferença entre os domicílios que aquecem água para banho e aqueles que utilizam algum energético (gás natural, GLP, aquecimento solar direto ou lenha) que não a eletricidade para este fim. Para tanto, foram adotadas as seguintes hipóteses:

- O percentual de domicílios em que se aquece água para banho evoluiria de 81% em 2005 (Eletrobrás, 2007) para 86% em 2019. Nessa projeção admitiu-se, para efeito de cálculo, que todos os domicílios do país seriam capazes de aquecer água para banho em 2035, com exceção daqueles situados na região Norte¹⁷, exceção justificada pelos hábitos e costumes regionais associados às condições climáticas.
- O percentual de domicílios em que se aquece água para banho utilizando gás natural evoluiria de 1,7% (Eletrobrás, 2007) para 4,4%¹⁸ em 2019. Nessa projeção admitiu-se um consumo específico de 17 m³/domicílio/mês e que 80% dos domicílios conectados à rede de gás possuiriam aquecedores a gás.

O percentual de domicílios dotados de aquecimento solar direto evoluiria de 0,4% em 2005 (Eletrobrás, 2007) para 0,63% em 2019. Nessa projeção, admitiu-se que as vendas de coletores solares no horizonte de análise no mesmo ritmo verificado entre 1983 e 2000, ou seja, 10% ao ano. Em adição, considerou-se como referência um sistema de aquecimento solar composto de coletor, reservatório e chuveiro e que durante a maior parte do tempo não haveria necessidade de uso de energia elétrica (Fraidenraich, 2008).

O percentual de domicílios em que se aquece água para banho utilizando outro energético que não os citados anteriormente nem a energia elétrica (GLP ou outros) manter-se-ia, por simplificação, no patamar de 5% ao longo do horizonte da análise.

A partir das hipóteses explicitadas, estima-se que o percentual de domicílios com pelo menos um chuveiro elétrico evoluiria de 73,4% em 2005 (Eletrobrás, 2007) para 75,8% em 2019, numa taxa média de 0,2% ao ano.

4.6 Aquecimento direto (cocção)

De acordo com o BEU (MME, 2005), o aquecimento direto (energia térmica) é o mais importante uso final da energia nas residências. Neste setor, a finalidade principal do aquecimento direto é o processamento de alimentos (cocção), sendo complementares usos como secagem de alimentos e roupas, ferros de passar roupa e aquecimento ambiental (estufas e lareiras). O equipamento típico do aquecimento direto residencial é o fogão e os principais energéticos são a lenha e o GLP.

¹⁷ De acordo com os estudos de projeção da demanda de energia da EPE, trabalha-se com o cenário em que, em 2035, 7% dos domicílios brasileiros se situariam na região Norte.

¹⁸ Valor em fase de revisão.

Dentro de uma perspectiva de longo prazo, em um cenário de crescimento da renda, favorecendo o desenvolvimento tecnológico e a expansão do emprego, a tendência deverá ser substituição continuada da lenha pelo GLP. Essa substituição é claramente vantajosa do ponto de vista energético. Contudo, conforme já salientado, não foi contabilizada neste trabalho como ganho de eficiência energética.

Fogões foram incluídos na lista de produtos abrangida pelo PBE, coordenado pelo INMETRO¹⁹, que assim estabeleceu critérios e normas de desempenho, o que resultou em estímulo ao aumento da eficiência energética. Atualmente, 626 modelos de fogões e fornos comercializados no país são alcançados pelo PBE (modelos etiquetados). Hoje, cerca de 61% dos fogões (mesa de cocção) fabricados no país apresentam rendimento igual ou superior a 62% (INMETRO, 2009), evidenciando o potencial de melhoria do índice de rendimento médio do estoque de fogões nas residências, parâmetro básico para avaliação dos ganhos de eficiência energética neste uso. Importa salientar em complemento que esses ganhos podem ser eventualmente mascarados em face do aumento do tamanho (número de bocas) dos fogões nas residências.

4.7 Eficiência energética no uso da energia elétrica

Com base nos critérios, premissas e parâmetros apresentados nas subseções precedentes pode-se calcular o ganho de eficiência energética no uso da energia elétrica nas residências no horizonte decenal (2010-2019), inclusive explicitando a influência do efeito renda, aqui visualizado no aumento da posse de equipamentos.

Importa notar que esse cálculo estará restrito aos equipamentos relacionados anteriormente pelas razões já expostas. Por exemplo, na parcela do consumo atribuída a “outros usos” não se explicitou a conservação que está embutida no uso dos equipamentos que se inscrevem nessa rubrica, a despeito da evolução importante do consumo agregado dos mesmos. Assim, todo o aumento de consumo associado a esses equipamentos estará associado ao aumento da posse e, portanto, da renda.

Outra observação relevante é que não estará contabilizado como ganho de eficiência o deslocamento do aquecimento elétrico (chuveiro e *boilers*) por outros energéticos (gás, aquecimento solar direto etc.), ainda que esse cálculo possa ser explicitado. Com relação a chuveiros elétricos deve-se ressaltar ainda que, por hipótese, supôs-se aumento da potência dos chuveiros elétricos ao longo do horizonte.

¹⁹ A etiquetagem de aparelhos a gás foi instituída por um acordo de cooperação técnico-institucional de firmado entre o MDIC, o MME, o INMETRO, o CONPET, a Petrobras, a ANP, a ABINEE e a Eletros em 24 de outubro de 2002. O programa de etiquetagem de aparelhos domésticos a gás, por meio da utilização de fogões, fornos e aquecedores mais eficientes, visa a estimular a racionalização do consumo de gás em geral, em especial do GLP.

Isso significa que essa estimativa da conservação de energia contida intrinsecamente na projeção da demanda pode estar subavaliada.

Nessas condições, a Tabela 12 resume a decomposição do aumento do consumo de energia elétrica no setor residencial no período compreendido entre 2010 e 2019.

Tabela 12. Eficiência energética no setor residencial. Energia elétrica

Equipamento	Aumento do consumo em GWh devido		Aumento do consumo	
	Aumento posse equipto. (A)	Aumento potência equipto. (B)	Conservação (C)	A + B - C
Ar condicionado	2.971		735	2.236
Geladeira	6.100		2.370	3.730
Freezer	0		725	- 725
Lâmpadas	4.661		1.303	3.358
Máquina de lavar roupas	1.105		317	787
Televisão	7.581		535	7.046
Subtotal	22.418		5.985	16.432
Chuveiro elétrico	6.724	1.916		8.640
Outros usos	33.177			33.177
TOTAL	62.319	1.916	5.985	58.249

Perceba-se que a energia conservada para este setor, calculada em 5.985 GWh, corresponde a:

- 11,7% do acréscimo do consumo residencial no horizonte de estudo (2010-2019)
- 3,7% do consumo residencial de energia elétrica projetado para 2019, de acordo com estudos da EPE.

Além desse montante conservado, há que se considerar também a energia elétrica deslocada pela penetração do gás e do aquecimento solar no aquecimento de água para banho. Com base nos parâmetros apresentados anteriormente, calcula-se em 4.490 GWh o montante de energia elétrica deslocada em 2019, por outras fontes para aquecimento de água.

A energia elétrica conservada equivale à geração de uma usina hidrelétrica com 1.200 MW de capacidade instalada, comparável à potência da usina de Machadinho, em operação no rio Pelotas, Santa Catarina, ou da usina Emborcação, no rio Paranaíba, Minas Gerais.

A energia elétrica deslocada no aquecimento de água para banho equivale à geração de uma usina hidrelétrica com 900 MW de capacidade instalada, comparável à potência a ser instalada na usina de Campos Novos, no rio Canoas, em Santa Catarina.

Tomadas em conjunto, é possível afirmar que a energia elétrica evitada equivale à geração de uma usina do porte de Itumbiara (2.124 MW), no rio Paranaíba, em Goiás, a sexta maior usina hidrelétrica brasileira em operação.

5 SETOR INDUSTRIAL

5.1 Parâmetros básicos

Conforme dados do BEN o consumo de energia no setor industrial brasileiro é bastante diversificado, conforme apresentado na Tabela 13. A principal fonte de energia, eletricidade, representa apenas 20% do consumo total de energia no uso final. São ainda relevantes, como fonte de energia para a indústria, o bagaço de cana, a lenha e o carvão mineral e derivados.

Tabela 13. Consumo final energético no setor industrial brasileiro em 2008

Fonte	Consumo (10 ³ tep)	%
Eletricidade	16.961	20,6
Bagaço de cana	15.390	18,7
Lenha e carvão vegetal	12.131	14,7
Carvão mineral, coque de carvão mineral e gás de coqueria	11.255	13,7
Gás natural e GLP	9.237	11,2
Óleo combustível e óleo diesel	4.731	5,8
Outras fontes primárias ¹	5.633	6,8
Outras fontes secundárias ²	6.991	8,5
Total	82.327	100,0

¹Inclui carvão vapor e outras fontes primárias.

²Inclui querosene, outras secundárias de petróleo e alcatrão.

Fonte: EPE (2009)

Uma avaliação acurada da eficiência energética na indústria demandaria, por certo, o exame dos processos empregados em cada subsetor, incluindo as possibilidades de atualização tecnológica. Uma abordagem mais geral, contudo, pode levar a resultados aceitáveis, principalmente quando se tem em conta os objetivos a que se destina a avaliação, quais sejam, no caso, os estudos de planejamento energético.

Nessas condições, a avaliação da eficiência energética na indústria foi realizada tomando por base a cenarização de indicadores selecionados, a saber:

- Consumo específico, no caso de setores considerados mais homogêneos (cimento, ferro gusa e aço, ferro-ligas, não-ferrosos e papel e celulose);
- Intensidade energética, no caso de setores considerados mais heterogêneos (alimentos e bebidas, têxtil, cerâmica, mineração, química e outras indústrias).

A energia conservada em cada segmento industrial resultou da diferença entre o consumo de energia estimado considerando inalterados os rendimentos energéticos dos equipamentos,

processos e usos finais (*baseline*, ano base 2008) e o consumo de energia calculado admitindo-se evolução em tais rendimentos.

A projeção desses indicadores foi realizada tomando como base referencial as informações das séries históricas do BEN (EPE, 2009) e o potencial de conservação de energia (ver seção 3 desta nota técnica). Como procedimento geral, levou-se em conta os ganhos energéticos apurados com base nas duas últimas edições do BEU (anos bases: 1994 e 2004), admitindo-se a manutenção da dinâmica histórica destes ganhos no horizonte deste trabalho (2010-2019).

Em complemento, analisou-se a estrutura do consumo energético de cada segmento industrial, considerando os dados históricos, as tendências tecnológicas em curso e, quando relevante, cenários possíveis de substituição entre energéticos, tudo em conformidade com as hipóteses de trabalho adotadas, que foram:

- Expansão de capacidade instalada formulada em acordo ao cenário macroeconômico adotado e a partir de consultas feitas a associações de classe, empresas de alguns dos setores em estudo e outros órgãos governamentais²⁰;
- Preço relativo do gás natural inferior ao do óleo combustível, entre 2009 e 2013, atingindo a igualdade entre 2014 e 2019;
- Aumento da disponibilidade de gás natural no curto prazo em razão da crise internacional de 2008-2009 e da redução do despacho de termelétricas a gás natural em função da retração do consumo industrial de eletricidade;
- Aproveitamento parcial do potencial de eficiência energética indicado pelo BEU 2005.

Nessas condições, os consumos específicos e as intensidades energéticas considerados neste trabalho são os apresentados no Gráfico 3 e no Gráfico 4.

²⁰ Mais detalhes sobre o cenário adotado para a expansão da capacidade instalada industrial serão apresentados na nota técnica que documenta a projeção da demanda de energia elétrica (PDE 2010-2019), disponível no site da EPE.

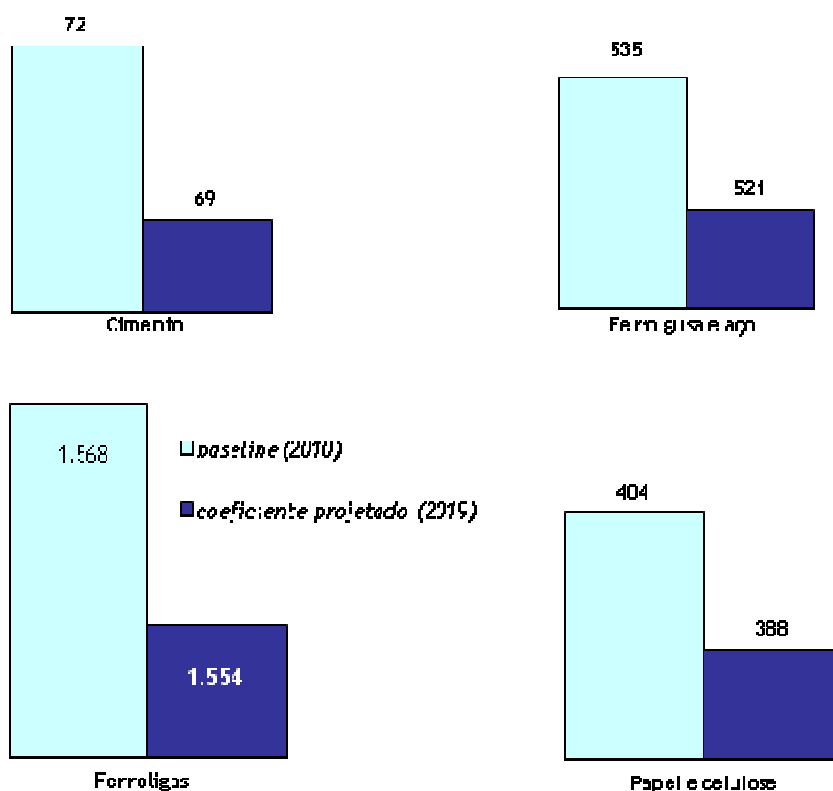
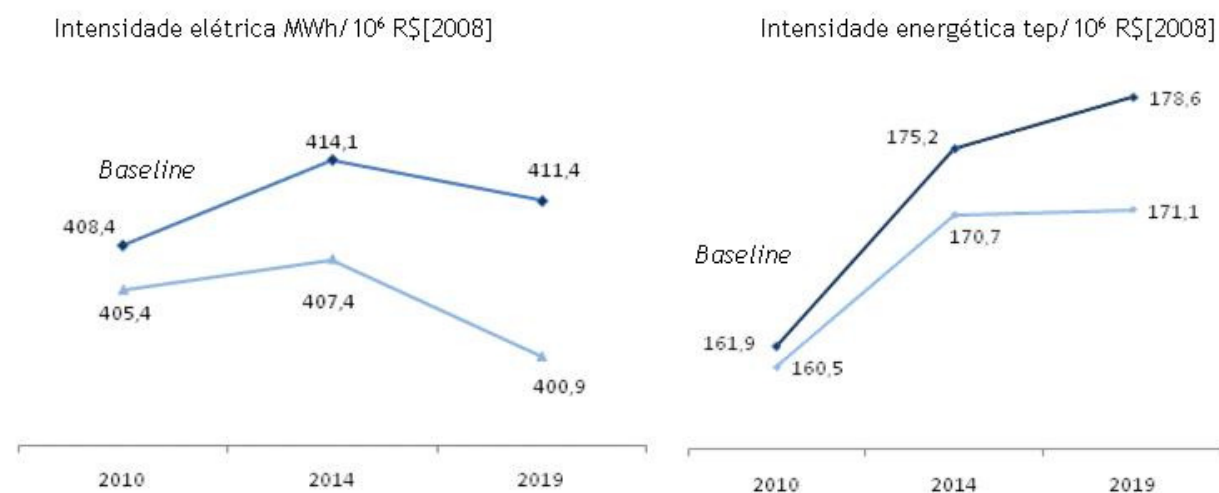
Gráfico 3. Consumo específico de energia em setores industriais selecionados (tep/10³ton)

Gráfico 4. Intensidade elétrica e energética na indústria

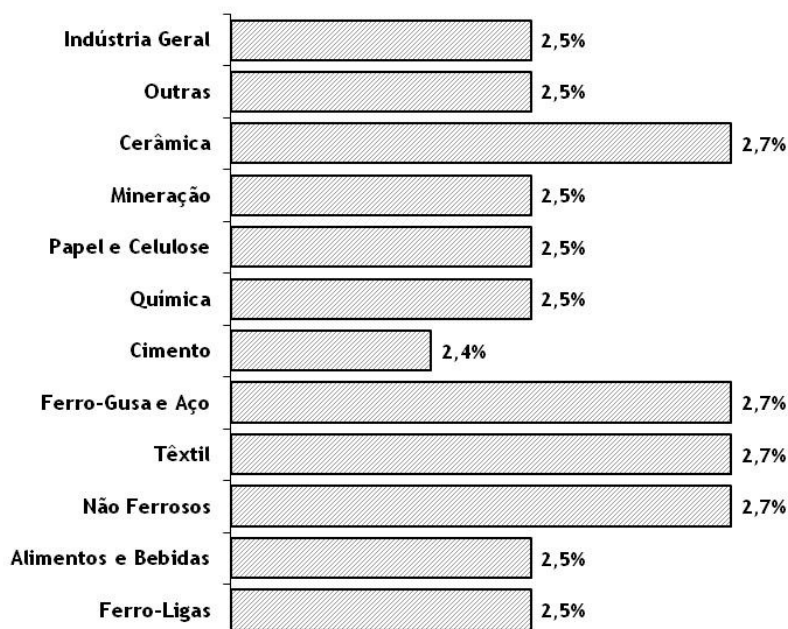


5.2 Energia elétrica

O Gráfico 5 apresenta os ganhos em energia elétrica estimados para cada subsetor da indústria de acordo com a abordagem metodológica e os parâmetros básicos acima resumidos.

As indústrias para as quais se avalia maior ganho de eficiência energética no uso da eletricidade se caracterizam por um consumo energético mais intensivo, a saber papel e celulose, siderurgia, ferroligas e cimento.

Gráfico 5. Ganhos de eficiência energética na indústria: energia elétrica (*)



(*) como percentual do consumo projetado para 2019

Entre as eletrointensivas, também merece destaque, apesar de proporcionalmente menor, o ganho de eficiência visualizado na indústria de não ferrosos, dominada, em termos da quantidade de energia consumida, pela produção do alumínio. Pela própria natureza dessa indústria, a preocupação com a eficiência energética, especialmente quando se trata de energia elétrica, é relevante e, no Brasil, em razão da atualização tecnológica do segmento, o setor é reconhecidamente eficiente. Ainda assim, vislumbram-se ganhos setoriais adicionais ao longo do horizonte, permitindo que o consumo específico médio do segmento evolua de 14,9 MWh/t para 14,5 MWh/t no horizonte deste trabalho.

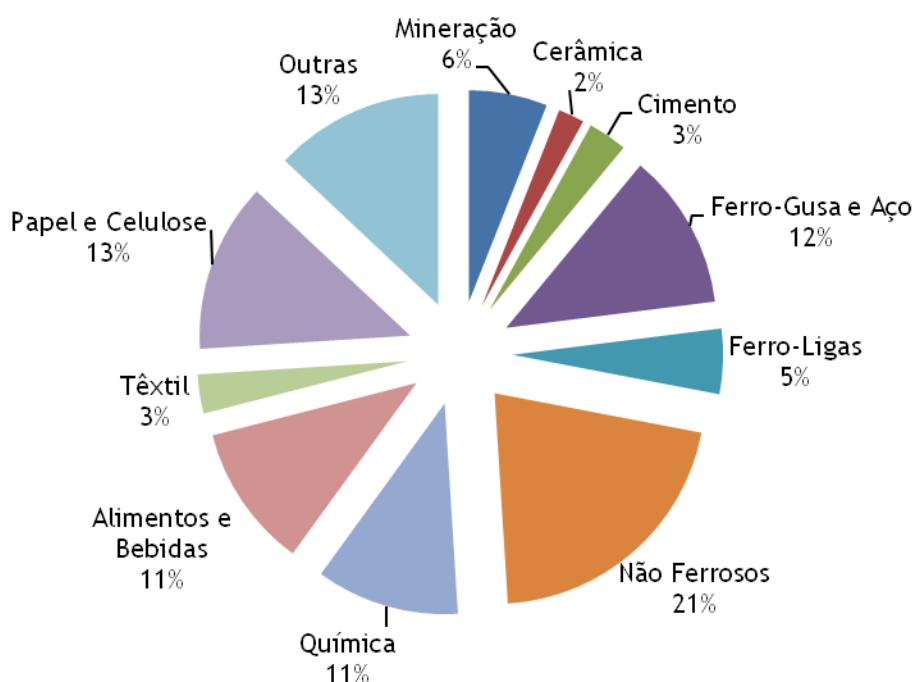
No caso do setor químico, dois aspectos contribuem para um aumento na eficiência energética: a expansão da tecnologia de membrana na produção de soda-cloro, sinalizando ganhos da ordem de 8% no consumo específico médio de eletricidade do segmento e o aumento da participação da cadeia do propeno (menos eletrointensiva), provocando uma queda de 20% no consumo específico de eletricidade no segmento petroquímico.

Avalia-se que a indústria como um todo obtenha, no final do horizonte, em 2019, ganhos em eficiência elétrica, que podem atingir mais de 9.243 GWh, o que equivale, de acordo com os estudos em elaboração na EPE para o PDE 2010-2019, a 2,5% do total do consumo de energia elétrica projetado para o ano de 2019.

Em termos de geração evitada, essa economia de energia equivale, aproximadamente, à energia produzida em um ano por uma usina termelétrica a carvão (considerando carvão nacional) com 1.400 MW, potência superior à do Complexo Jorge Lacerda em operação em Santa Catarina. Equivale, ainda, à geração anual de uma usina hidrelétrica com cerca de 1.900 MW, porte comparável ao das usinas de São Simão, no rio Paranaíba, em Minas Gerais, ou de Foz do Areia, no rio Iguaçu, no Paraná, que figuram entre as 10 maiores usinas em operação no Brasil.

Em termos da contribuição setorial no total de energia elétrica conservada na indústria, o *ranking* tende a acompanhar o peso relativo de cada subsetor no consumo de eletricidade da indústria, conforme mostra o Gráfico 6.

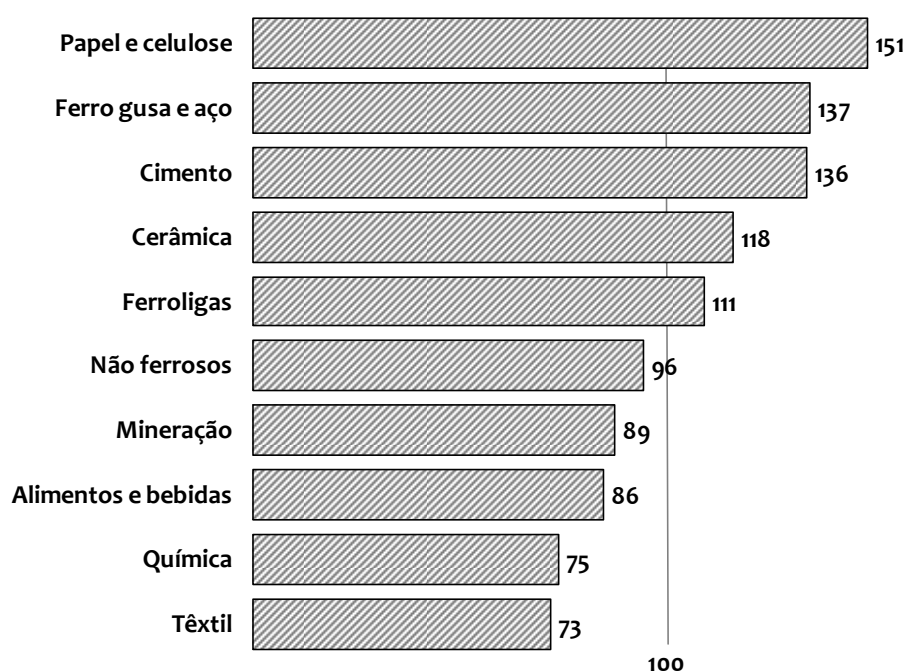
Gráfico 6. Participação dos subsetores no total da energia elétrica conservada na indústria



Essa repartição considera o efeito estrutura, ou seja, é influenciada pela evolução da participação de um segmento no consumo total da indústria. Pode-se isolar esse efeito relativizando a contribuição de cada subsetor à sua participação na estrutura atual do consumo de energia da indústria. Desse modo, pode-se perceber mais claramente quais segmentos exibem maiores (ou menores) ganhos relativos em termos da eficiência energética no uso da energia elétrica. É o que mostra o Gráfico 7, em que se destaca o setor de papel e celulose, seguido por ferro gusa e cimento. Nesse gráfico, o índice 100 significa que a

contribuição do subsetor para o ganho de eficiência elétrica equivale a sua participação na estrutura atual do consumo de eletricidade da indústria. Por sua vez, valores maiores do que 100 indicam que um potencial de eficiência energética relativamente maior foi obtido, comparativamente a uso corrente de energia em determinado segmento. Exemplificando, no período de estudo, identificou-se que o segmento industrial de produção de ferro-gusa e aço pode reduzir um percentual maior do consumo específico de eletricidade comparativamente ao segmento industrial de produção de metais não ferrosos.

Gráfico 7. Avanço relativo da eficiência energética (eletricidade) por setor da indústria



5.3 Combustíveis

Para efeito deste trabalho, os demais energéticos utilizados na indústria foram tratados de forma agregada. O Gráfico 8 apresenta os ganhos em energia elétrica estimados para cada subsetor da indústria de acordo com a abordagem metodológica e os parâmetros básicos acima resumidos.

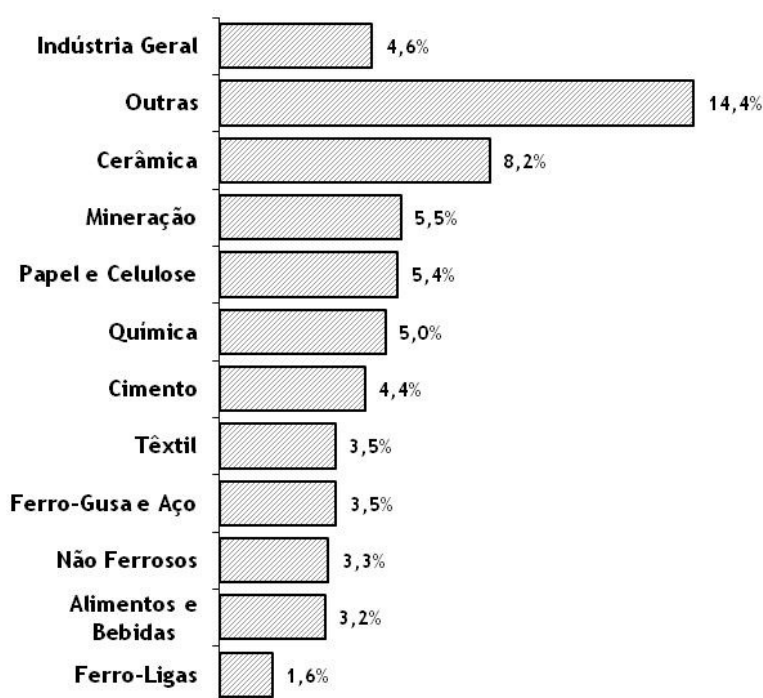
Entre as indústrias para as quais se avaliam maiores ganhos de eficiência energética no uso dos combustíveis estão cerâmica, na aplicação de aquecimento direto - fornos e secadores, e papel e celulose, na produção de vapor de processo. Também se visualizam ganhos relevantes na mineração e na indústria química.

Avalia-se que a indústria como um todo possa obter, no final do horizonte, em 2019, ganhos em eficiência energética no uso de combustíveis que podem atingir 6.643 mil tep, o que

equivale, de acordo com os estudos em elaboração na EPE para o PDE 2019, a 4,2% do total do consumo industrial de combustíveis projetado para o ano de 2019.

Essa economia de energia corresponde aproximadamente a 110 mil barris equivalentes de petróleo por dia, ou seja, 5,4% da produção brasileira de petróleo em 2009.

Gráfico 8. Ganhos de eficiência energética na indústria: combustíveis (*)



(*) como percentual do consumo projetado para 2019 para a indústria

Em termos da contribuição setorial no total de combustível conservado, assim como no caso da energia elétrica, o *ranking* tende a acompanhar o peso específico do setor na estrutura do consumo, conforme ilustra o Gráfico 9. As exceções são os setores de papel e celulose e cerâmica, cuja participação na conservação se mostra relativamente maior, e, em contraposição, o setor de alimentos e bebidas, que tem uma importância na estrutura de consumo maior do que sua participação nos ganhos de eficiência energética. Esta pequena alteração de ordem decorre da identificação de maiores potenciais de ganho relativo no consumo de combustíveis comparativamente a outros segmentos industriais. Por exemplo, nos fornos utilizados em produção cerâmica e caldeiras na produção de celulose e papel.

Pode-se isolar esse efeito relativizando a contribuição de cada subsetor à sua participação na estrutura atual do consumo de energia da indústria. Desse modo, pode-se perceber mais claramente quais segmentos exibem maiores (ou menores) ganhos relativos em termos da eficiência energética no consumo de combustível. É o que mostra o Gráfico 10, em que se destaca o setor de cerâmica, seguido pelo de papel e celulose. Nesse gráfico, o índice 100 significa que a contribuição do subsetor para o ganho de eficiência energética equivale a sua participação na estrutura atual do consumo de combustíveis da indústria. Por sua vez, valores

maiores do que 100 indicam que é possível atingir um potencial de eficiência energética relativamente maior comparativamente a uso corrente de energia em determinado segmento. Exemplificando, no período de estudo, identificou-se que o segmento industrial de produção de cerâmica pode reduzir um percentual maior do consumo específico de combustíveis comparativamente ao segmento industrial de produção de metais não ferrosos.

Gráfico 9. Participação dos subsetores no total do combustível conservado na indústria

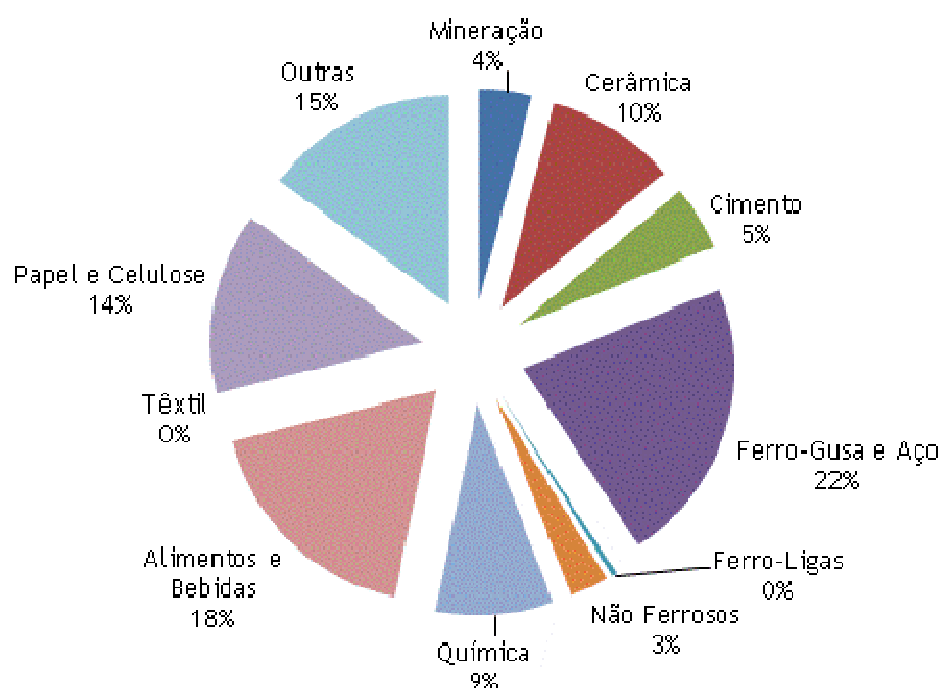
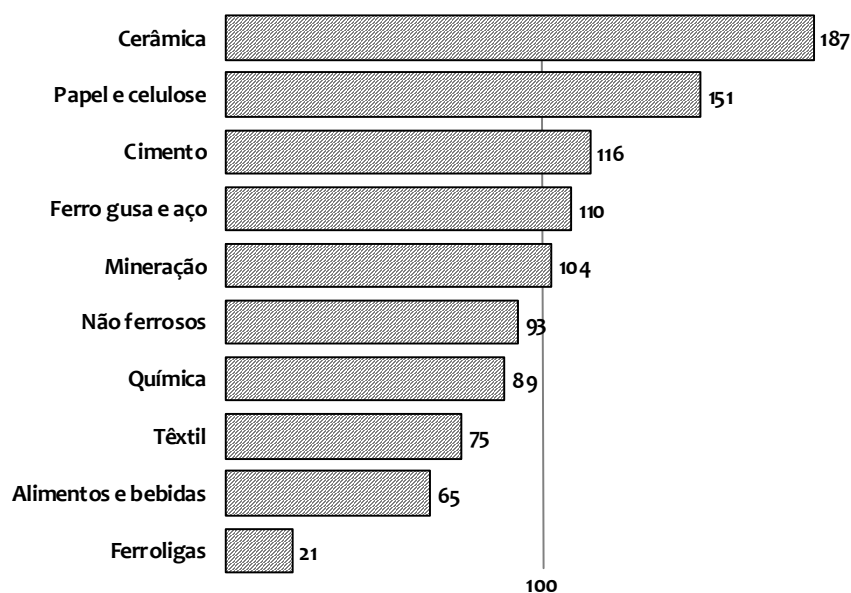


Gráfico 10. Avanço relativo da eficiência energética (combustíveis) por setor da indústria



Vale ressaltar que o ganho de eficiência energética na indústria (excetuando a eletricidade) corresponde, em valores aproximados, a 52 MtCO₂ (milhões de toneladas de CO₂) evitados no período de 2010 a 2019. Por sua vez, o volume de emissões evitadas pela redução no consumo de eletricidade ao longo do decênio é estimado em 2,5 MtCO₂ (considerando o fator de emissão médio do Sistema Interligado Nacional no período 2010-2019, de 0,0477 tCO₂/MWh). Somando-se as duas parcelas, tem-se um volume de emissões evitadas da ordem de 55 MtCO₂. Comparativamente, isso equivale a evitar quase 5 vezes a emissão de CO₂ do SIN no ano de 2007, que foi da ordem de 12 MtCO₂.

6 SOBRE A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM OUTROS SETORES

6.1 Considerações iniciais

Excluído o setor energético, pode-se afirmar que os setores residencial e industrial, analisados nas seções precedentes quanto à eficiência energética intrinsecamente considerada na projeção dos respectivos consumos de energia, representam quase 60% do consumo final energético²¹. Entre os demais (transportes, agropecuário, comercial e público), destaca-se o setor de transportes, que compreende 32% do consumo final energético do país.

Esses outros setores apresentam especificidades que tornam complexa, ou mesmo impraticável, uma avaliação mais pormenorizada da eficiência energética. No setor de transportes, por exemplo, a definição de uma política para os modais aplicáveis para o transporte de carga ou mesmo para o transporte coletivo de passageiros nas regiões metropolitanas pode alterar completamente o quadro da demanda setorial de energia e, por conseguinte, qualquer estimativa da eficiência energética no setor. Ademais, há reconhecidas dificuldades na obtenção de dados primários que permitam desagregar mais convenientemente o consumo de energia de acordo com a modalidade de transporte, se de carga ou de passageiros e, nesse caso, se coletivo ou individual, entre outras informações básicas. Ainda assim, foi possível estimar (de modo agregado) ganhos de eficiência para este setor no horizonte de 2019, conforme apresentado no item seguinte.²²

Para efeito do PDE 2019, os estudos não explicitaram o conteúdo de eficiência energética intrinsecamente considerado nas projeções de demanda de energia para os demais setores, com exceção do setor comercial - em que foi possível estimar a eletricidade conservada. Contudo, uma estimativa é disponível a partir dos estudos elaborados para o PNE 2030 (EPE, 2007), como apresentado nos itens a seguir.

6.2 Setor de transportes

Para efeito de uma avaliação em perspectiva da eficiência energética no setor de transportes algumas variáveis são especialmente relevantes. Trata-se da distribuição da quantidade de

²¹ De acordo com os dados do BEN (EPE, 2009), os setores residencial e industrial representaram 57,7% do consumo final energético no ano de 2008, sendo 12,3% referentes ao consumo das famílias e 45,4% ao consumo das indústrias.

²² A EPE vem empreendendo esforços no sentido de melhor conhecer o comportamento deste importante setor de consumo, especialmente no que diz respeito à identificação de oportunidades de ganhos de eficiência. Os avanços obtidos serão apresentados oportunamente, quando da divulgação dos próximos planos de expansão, tanto no horizonte decenal quanto num horizonte de mais longo prazo.

carga e passageiros transportada segundo os diferentes modais, da evolução da frota de veículos leves e pesados, incluindo a penetração de veículos híbridos, elétricos ou movidos a hidrogênio, do consumo específico de combustíveis líquidos, como óleo diesel, gasolina e etanol, dentre outras.

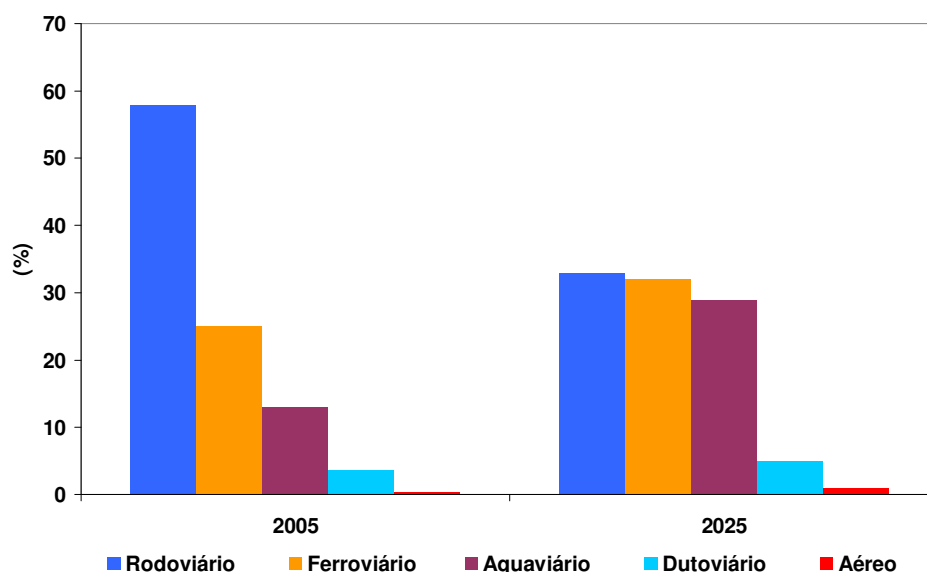
No que se refere aos ganhos de eficiência decorrentes de alterações na matriz de transporte no horizonte de 2019, pressupõe-se que uma parcela do transporte rodoviário de carga passará a ser realizada pelos modais ferroviário e aquaviário, que implicará em uma redução no consumo de diesel quando se compara a tonelada-quilômetro transportada pelo modal rodoviário com a tonelada-quilômetro transportada pelos modais ferroviário e aquaviário. Este ganho de eficiência intermodal foi estimado a partir do Plano Nacional de Logística e Transporte - PNLT (MT/MD, 2007)²³. Deve-se ressaltar, contudo, que o cenário econômico do PDE 2019 considera uma taxa média de crescimento superior àquela adotada no PNLT. Por hipótese, admitiu-se que esta diferença de crescimento no setor de transportes se dará mediante maior utilização do modal rodoviário, que continuará prevalecendo na matriz de transporte brasileira até o final do horizonte decenal.

Vale notar que o PNLT constata que a matriz de transportes brasileira é, por assim dizer, desequilibrada, refletindo desvantagens logísticas que se traduzem em custos maiores e eficiências mais baixas, energética inclusive. Nesse contexto, o Plano ressalta a necessidade de alteração na repartição dos diferentes modais na matriz de transporte de carga nacional, privilegiando os sistemas ferroviários e aquaviário e buscando uma integração maior com o sistema rodoviário, para o qual propõe esforço concentrado de restauração e manutenção, em complemento a importantes obras de sua expansão.

A mudança de que trata o PNLT pode ser percebida no Gráfico 11, reproduzido do estudo, em que são apresentadas as metas definidas no Plano para a distribuição do transporte de carga no Brasil segundo os diferentes modais, considerando o índice de atividade em tonelada-quilômetro (t-km).

²³ O PNLT foi desenvolvido pelo Ministério dos Transportes (MT) em cooperação com o Ministério da Defesa (MD), por intermédio do Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (CENTRAN).

Gráfico 11. Distribuição do transporte carga (t-km) no Brasil segundo o modal de transporte



Fonte: MT/D, 2007.

Para tanto, o PNLТ sugere que mais da metade do investimento total, estimado em R\$ 172 bilhões até 2023²⁴, seja destinado ao modal ferroviário (30% ou cerca de R\$ 50 bilhões), ao transporte marítimo (14,5% ou R\$ 25 bilhões) e ao transporte aquaviário (7,5% ou R\$ 13 bilhões).

Do ponto de vista dos ganhos considerados no segmento de leves do modal rodoviário, a evolução da eficiência média dos veículos que estão ingressando na frota depende da melhoria tecnológica e do porte de veículos comercializados. Admitiu-se neste estudo uma taxa média anual de crescimento de 0,7% para essa variável ao longo de todo o período de estudo.

Com isto, estima-se que será possível reduzir em 4,6% (ou 5.471 mil tep) o consumo de energia no setor de transportes no horizonte de 2019.

6.3 Setor agropecuário

O consumo de energia no setor agropecuário, correspondente a 5% do consumo final energético no país²⁵, é basicamente concentrado em três fontes, a saber: óleo diesel (57%), lenha (26%) e eletricidade (16%). Dessas, o que vem apresentando maior crescimento é a eletricidade, ao ritmo médio de 4,2% ao ano nos últimos 10 anos.

²⁴ Essa estimativa de investimento não inclui, de uma forma geral, os programas rotineiros de recuperação, manutenção e conservação da malha rodoviária existente. Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT), do Ministério dos Transportes, tais programas demandam recursos da ordem de R\$ 2 bilhões por ano (MT/MD, 2007).

²⁵ Com base em dados do BEN 2009, exclusive setor energético.

No âmbito do PDE 2019, não se explicitou eventuais ganhos de eficiência energética na evolução da demanda desse setor. A referência disponível no PNE 2030 indica que, em uma visão tendencial, do tipo “*business as usual*”, pode-se considerar que em 2020 poderiam ser “retirados” da demanda setorial de energia algo como 3,3%, proporção que se elevaria para 6% em 2030.

6.4 Setor comercial

De acordo com o BEN 2009 (EPE, 2009), o consumo de energia no setor comercial corresponde a 3,4% do consumo final energético do país, exclusive o setor energético. A fonte preponderante é a eletricidade, que concentra cerca de 87% da energia total consumida no setor.

Da mesma forma que no setor residencial, a avaliação da eficiência energética no setor comercial e de serviços requer ampla pesquisa sobre posse e uso de equipamentos. Neste caso é ainda limitado conhecimento de sua estrutura, tendo em vista tratar-se de um setor bastante heterogêneo. Com efeito, incluem-se no setor comercial *shopping centers*, estabelecimentos comerciais tradicionais do comércio varejista, inclusive bares e restaurantes, estabelecimento do comércio atacadista, hotéis e instalações de lazer e turismo, estabelecimentos financeiros, escritórios e estabelecimentos de serviços médicos, estabelecimentos de ensino e etc. Naturalmente, cada tipo de consumidor tem um perfil de consumo diferente, envolvendo usos e costumes diferentes, o que torna especialmente complexa a avaliação da eficiência energética nesse setor.

Ainda assim, no âmbito dos estudos do PDE 2019, foi possível estimar a eletricidade conservada no setor comercial partindo dos ganhos energéticos apurados nas duas últimas edições do BEU (anos bases: 1994 e 2004) e admitindo-se a manutenção da dinâmica histórica destes ganhos no horizonte deste trabalho (2010-2019). Segundo este procedimento de cálculo, estima-se em 4,1% a energia conservada neste setor no ano de 2019, o equivalente a uma redução de cerca 5.052 GWh.

7 REFERÊNCIAS

- CNI - Confederação Nacional da Indústria. Eficiência Energética na Indústria (Boletim). Brasília: CNI, 2009.
- CONPET, 2008. Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) de Aparelhos Domésticos a Gás, realizada no 37º Seminário Técnico - ABNT / CB09, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Duarte, C. H., Goes, R. R. A., e Aguiar, J. C. Eficiência Energética e Consumo de Energia: Posse e Uso da Televisão no Brasil. II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética - IICBEE. Vitória/ES, Brasil. 2007.
- EIA - Energy Information Administration. Residential Energy Consumption Survey [RECS]. Residential Consumption of Electricity by End Use, 2001. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/emeu/recs/recs2001/enduse2001/enduse2001.html>>. Acesso em: 27. out. 2009.
- Eletrobrás - Centrais Elétricas S.A.. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (ano base 2005). Classe Residencial - Relatório Brasil. Rio de Janeiro, RJ: julho/2007.
- _____. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. Simulação de Potenciais de Eficiência Energética Para a classe residencial. Rio de Janeiro, RJ, 2009.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2030. Rio de Janeiro: EPE, 2007.
- _____. Balanço Energético Nacional 2009, ano base 2008. Rio de Janeiro, RJ, 2009.
- EPRI - Electric Power Research Institute. Assessment of Achievable Potential from Energy Efficiency and Demand Response Programs in the U.S. (2010-2030) - Technical Report. Palo Alto, CA (Estados Unidos): EPRI, 2009.
- Fraidenraich, N. Tecnologia Solar no Brasil: os próximos 20 anos. Grupo FAE - UFPE, 2008.
- HOPPER, N. *et al.* A Survey of the U.S. ESCO Industry: Market Growth and Development from 2000 to 2006. Berkeley, CA (Estados Unidos): Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2007.
- HORDESKI, M. Dictionary of Energy Efficiency Technologies. Lilburn, GA (Estados Unidos): The Fairmont Press, 2005.
- IAEA - International Atomic Energy Agency. Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodology. Vienna (Áustria): IAEA, 2005.
- _____. Brazil: A Country Profile on Sustainable Energy Development. Viena: IAEA, 2006.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IEA - International Energy Agency. Mind the Gap: Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency. Paris (França): IEA, 2007.

_____. Key World Energy Statistics 2008. Paris (França): IEA, 2008.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Eficiência Energética - Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/eficiencia.asp>> Acesso em 25 mai. 2009.

LEONELLI, P. Cenários de Oferta e Preços de Energia: Papel da Eficiência Energética e da Cogeração de Energia - Visão Presente e Futura. In: 3º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética e Cogeração de Energia. São Paulo: MME, 2006.

MARQUES, M., HADDAD, J. e MARTINS, A. Conservação de Energia: Eficiência energética de equipamentos e instalações. Itajubá: FUPAI, 2006.

MME/FDTE. Balanço de Energia Útil 2005. Brasília: MME, 2005.

MME/SPE - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA / SECRETARIA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. Grupo de estudos PROCEL/MME (Ceres/MME; Paulo Leonelli/MME; Sergio Bajay/UNICAMP; Jamil Haddad/UNIFEI; Luiz Horta/UNIFEI e PROCEL: George Soares; Eduardo Menandro; Marcos Cordeiro; Maria Cristina Paschoal; Clóvis José da Silva; Marcel Siqueira; Marco Aurélio Moreira; Fernando Perrone; Frederico Castro; Braulio Motta). Em elaboração. Brasília-DF: MME, 2006.

MT - Ministério dos Transportes e MD - Ministério da Defesa. Plano Nacional de Logística e Transportes. Relatório Executivo. Abril de 2007. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/>>. Acesso em: 25 de maio de 2009.

PATTERSON, M. What is Energy Efficiency? - Concepts, Indicators and Methodological Issues. Energy Policy v. 24, n.5, p. 377-390, 1996.

RASKIN, P. *et al.* Great Transition: The Promise and Lure of The Times Ahead. Boston, MA (Estados Unidos): Stockholm Environment Institute, 2002.

SCHAEFFER *et al.* Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica pelo Lado da Demanda no Brasil. Relatório Final. Projeto coordenado pelo Procel no âmbito do PNUD. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1998.

SCHIPPER, L. *et al.* Indicators of Energy Use and Carbon Emissions: Explaining the Energy Economic Link. Annual Review of Energy and the Environment n. 26, p. 49-81, 2001.

TOLMASQUIM, M. *et al.* Tendências da Eficiência Elétrica no Brasil: Indicadores de eficiência energética. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, Energe, 1998.

WWF - BRASIL. Agenda Elétrica Sustentável 2020: estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo. Brasília - DF: WWF, 2006.