

SÉRIE
ESTUDOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

NOTA TÉCNICA DEA 025/17

Monitorando o Progresso da Eficiência Energética no Brasil

Indicadores e Análises Setoriais

Rio de Janeiro
Dezembro de 2017



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



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



Governo Federal

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Fernando Coelho Filho

Secretário Executivo

Paulo Pedrosa

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Eduardo Azevedo Rodrigues



SÉRIE
**ESTUDOS DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

NOTA TÉCNICA DEA 025/17

Monitorando o Progresso da Eficiência Energética no Brasil

*Indicadores e Análises
Setoriais*

Empresa de Pesquisa Energética

Presidente

Luiz Augusto Nobrega Barroso

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Ricardo Gorini de Oliveira

Superintendente de Estudos Econômicos e Energéticos

Jeferson Borghetti Soares

Coordenação Geral

Ricardo Gorini de Oliveira

Coordenação Executiva

Jeferson Borghetti Soares

Coordenação Técnica

Glauco Vinicius Ramalho Faria

Equipe Técnica

Aline Moreira Gomes

Allex Yujhi Gomes Yukizaki

Ana Cristina Braga Maia

Arnaldo dos Santos Júnior

Felipe Klein Soares

Fernanda Marques Pereira Andreza

Flavio Raposo de Almeida

Isabela de Almeida Oliveira

Isabele Siqueira Lima (estagiária)

João Moreira Schneider de Mello

Lidiane de Almeida Modesto

Natália Gonçalves de Moraes

Patrícia Messer Rosenblum

Rogério Antônio da Silva Matos

Thiago Antonio Pastorelli Rodrigues

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

Sede

Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Sala 744

70.065-900 - Brasília - DF - Brasil

Escritório Central

Av. Rio Branco, n.º 01 - 11º Andar

20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

**Rio de Janeiro
Dezembro de 2017**

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

NOTA TÉCNICA DEA 025/17
Monitorando o Progresso da Eficiência Energética no Brasil
Indicadores e Análises Setoriais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS E CONTEÚDO	1
1.2 AS FONTES DOS DADOS	1
1.3 RELEVÂNCIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	3
1.4 POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	5
2. PANORAMA ECONÔMICO E ENERGÉTICO	8
2.1 OFERTA INTERNA DE ENERGIA E CONSUMO FINAL	8
2.2 INTENSIDADE ENERGÉTICA	13
2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA GLOBAL DO BRASIL	16
3. SETOR ENERGÉTICO	18
3.1 PANORAMA DO SETOR	18
3.2 EVOLUÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ENERGIA E TRANSFORMAÇÃO	19
4. SETOR INDUSTRIAL	28
4.1 PANORAMA DO SETOR	28
4.2 EVOLUÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ENERGIA	29
4.3 EVOLUÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ENERGIA POR SEGMENTO INDUSTRIAL	35
4.4 IMPACTOS DE MUDANÇAS ESTRUTURAIS	46
4.5 INDICADOR ODEX	47
5. SETOR AGROPECUÁRIO	49
5.1 PANORAMA DO SETOR	49
5.2 EVOLUÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ENERGIA	52
5.3 EVOLUÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ENERGIA POR SEGMENTO	57
5.3.1 AGRICULTURA	57
5.3.2 PECUÁRIA	59
6. SETOR RESIDENCIAL	61
6.1 PANORAMA DO SETOR	61

6.2	EVOLUÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ENERGIA	62
6.3	CONSUMO DE ENERGIA POR USOS FINAIS	65
6.4	POSSE E CONSUMO DE ELETRICIDADE POR EQUIPAMENTO	69
6.5	INDICADOR ODEX	75
7.	SETOR DE SERVIÇOS	77
7.1	PANORAMA DO SETOR	77
7.2	PERFIL DOS SEGMENTOS DO SETOR DE SERVIÇOS	79
7.3	INDICADORES DE EFICIÊNCIA DO SETOR	79
7.4	ANÁLISES POR SEGMENTO	83
8.	SETOR DE TRANSPORTES	87
8.1	PANORAMA DO SETOR	87
8.2	EVOLUÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ENERGIA	87
8.3	EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE DE PASSAGEIROS	89
8.3.1	VEÍCULOS LEVES	90
8.3.2	RENDIMENTO DE VEÍCULOS LEVES	91
8.3.3	CONSUMO FINAL	94
8.4	INDICADORES	95
8.4.1	ODEX	95
8.4.2	ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONSUMO DO ODEX	96
9.	CONCLUSÃO	100
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104

1. INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos e conteúdo

Este documento consolida os resultados de um extenso trabalho que vem sendo realizado pela EPE e que tem por objetivos principais o desenvolvimento e o preenchimento de um banco de indicadores de eficiência energética, para fins de monitoramento do desempenho de eficiência energética no Brasil. Em 2014 foi publicado o relatório de Consumo de Energia no Brasil – Análises Setoriais¹, com a análise de indicadores até 2012. Este documento atualiza e complementa o primeiro relatório com dados até o ano 2016².

Este trabalho foi concebido inicialmente em parceria com a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*, no âmbito do acordo de Cooperação Técnica entre Brasil e Alemanha na área das Fontes Renováveis e Eficiência Energética, com a ENERDATA e com a *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)*, com objetivo final de criação de um banco de dados nacional baseado nas melhores práticas internacionais – o banco de indicadores da União Européia, o ODYSSEE *database*.

Posteriormente, surgiu a ideia de unir esforços com a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), no sentido de adaptar o banco de dados que a EPE estava desenvolvendo, visando harmonizar com outros sistemas similares da região. Assim, isso torna possível a comparação de indicadores entre os países membros da CEPAL, bem como a troca de experiências em políticas públicas de eficiência energética.

Neste contexto, o presente documento consolida o segundo ciclo de trabalho da EPE na elaboração do banco de dados de indicadores de eficiência energética.

1.2 As fontes dos dados

As principais fontes primárias de informação utilizadas na elaboração deste relatório são apresentadas a seguir. Além de estatísticas energéticas sob a responsabilidade da EPE,

¹ Disponível em:

<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2010-14%20Consumo%20de%20Energia%20no%20Brasil.pdf>

² Os indicadores do primeiro relatório foram atualizados incorporando as revisões da série histórica do IBGE, dentre outros.

outras instituições são fontes de dados e desde já a EPE registra seu agradecimento a todas as instituições que forneceram dados para a realização deste trabalho.

a) Órgãos governamentais:

- Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC);
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- Banco Central do Brasil (BACEN);
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB);
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE);
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO);
- Instituto Nacional de Tecnologia (INT);
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA);
- Ministério do Meio Ambiente (MMA);
- Ministério de Minas e Energia (MME);
- Ministério do Trabalho e Emprego (MTE);
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).

b) Associações de classe e empresas da indústria brasileira de energia:

- Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (ABEGÁS)
- Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares (ABRACICLO)
- Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA);
- Associação Brasileira de Energia Solar Térmica (ABRASOL)
- Associações Setoriais da Indústria (ABAL, AÇO BRASIL, SNIC, IBÁ, ABIVIDRO, ANCIER);
- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA);
- Empresas Distribuidoras de Eletricidade;
- Empresas Distribuidoras de Gás Natural;

c) Organismos internacionais:

- Fundo Monetário Internacional (FMI).

1.3 Relevância da eficiência energética

As práticas de eficiência energética podem ser uma das estratégias mais eficazes para se atender à demanda energética. Evitar o desperdício e conseguir realizar mais serviços energéticos com a mesma quantidade de energia resulta em diversos benefícios para a sociedade. O usuário final tem um custo menor com energia, com ganhos de competitividade e benefícios para toda a sociedade.

O crescente papel da eficiência energética como importante vetor no atendimento à demanda futura de energia da sociedade brasileira e mundial, recorrentemente tem sido apontado em diversos estudos. Nesse contexto, enquanto internacionalmente se podem destacar o *World Energy Outlook* e o *Energy Efficiency Market Report* (ambos produzidos pela Agência Internacional de Energia - IEA), o *Annual Energy Outlook* (elaborado pelo *Energy Information Administration/U.S DOE*) e o *Energy Efficiency Policies in the European Union* (elaborado pela ODYSSEE-MURE), no âmbito nacional citam-se o Plano Decenal de Energia (PDE), o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) e estudos do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE).

Em comum, estes estudos destacam que a sociedade não poderá prescindir de montantes crescentes de eficiência energética, como parte da estratégia de atendimento à demanda de energia e combate às mudanças do clima. Além desse papel, a eficiência energética tem múltiplos benefícios, como contribuir para a segurança energética, modicidade tarifária, postergação de investimentos em geração elétrica, maior competitividade e produtividade, geração de empregos, mais bem estar para a população, menores gastos com saúde pública e redução de impactos ambientais. Nesse sentido, o aproveitamento das oportunidades de efficientização energética requer necessariamente uma visão integrada tanto de fontes energéticas quanto de agentes envolvidos (governo, setor privado, instituições financeiras e sociedade em geral).

Entretanto, apesar de todos os benefícios, ainda há barreiras que dificultam a difusão da eficiência energética, como: a baixa priorização dos projetos de eficiência pelas empresas e consumidores, falta de conhecimento sobre o potencial e medidas de eficiência, carência de informações e dados, falta de confiança sobre os reais custos e benefícios das ações de eficiência, modelos de negócio para realização de investimentos em eficiência, resistência a mudança, dentre outros.

Nesse contexto, a EPE estrutura sua contribuição ao planejamento e disseminação da eficiência energética no Brasil através de ações estruturadas:

- Formação de bases de dados sobre eficiência energética, o que inclui a identificação dos potenciais de eficiência energética bem como os custos associados aos mesmos;
- Elaboração de estratégias e portfólio de ações para incentivo ao aumento da eficiência energética no Brasil;
- Monitoramento do progresso de indicadores de eficiência energética em diversos setores, retroalimentando inclusive, a análise de impacto de políticas voltadas à eficiência energética.

O conhecimento dos potenciais de eficiência energética é um dos pilares fundamentais para que sejam identificadas e direcionadas as ações apropriadas para que os mesmos possam ser efetivamente aproveitados. Este conhecimento, em conjunto com um portfólio adequado de políticas e o monitoramento do progresso da eficiência energética, compõe a abordagem sistêmica necessária para a promoção do uso eficiente de energia no Brasil.

A estruturação da base de dados pode ser considerada o requisito fundamental para as ações em eficiência energética, sendo tal informação é comum a diversas áreas de planejamento. A coleta, elaboração e manutenção de dados estatísticos relacionados à eficiência energética no país requer uma estrutura institucional com esta incumbência, que garanta, além disso, o acompanhamento dos resultados efetivamente obtidos em programas de eficiência energética, bem como a inserção destas informações em uma base de dados com acesso livre as partes interessadas.

As curvas de custo potencial (CCP) apresentam em que áreas de aplicação há um potencial de economia de energia (ou redução de emissões de gases de efeito estufa) e qual o custo a ele associado. Assim, as CCP mostram o custo efetivo de determinadas ações de promoção da eficiência energética e, juntamente com outras informações, como análise de barreiras e obstáculos para a realização destes potenciais, podem representar uma base importante para o desenvolvimento de políticas e medidas específicas. Complementarmente a esse esforço, a EPE contratou duas pesquisas para coleta de dados primários sobre eficiência energética, no âmbito do projeto META, com apoio do Banco Mundial, uma voltada ao setor de serviços (concluída) e outra focada na indústria brasileira, em andamento.

O segundo pilar, tem como objetivo incentivar o aumento da eficiência energética no Brasil através de formulação de políticas setoriais de eficiência energética. Para essa estratégia, pretende-se identificar aspectos relevantes, tais como, funcionamento dos mecanismos, elegibilidade ou público alvo, financiamento e avaliação de impacto para verificar se a política tem obtido os efeitos pretendidos (*ex-ante* e *ex-post*), para que de posse desse

mapeamento, se possa criar um portfólio de ações e políticas setoriais. Dentro desse processo também serão analisadas as experiências internacionais e nacionais, assim como as estratégias adotadas na superação de barreiras para as medidas de eficiência energética serem colocadas em prática.

O último pilar tem como finalidade monitorar e avaliar a efetividade das políticas de eficiência energética e dos programas existentes, assim como de futuros programas, com revisões sistemáticas para aprimoramentos das políticas. O banco de indicadores de eficiência energética, detalhado no presente documento, se insere neste pilar.

Finalmente, é importante também destacar três ações desenvolvidas pela EPE conjuntamente com a Embaixada do Reino Unido: o mapeamento das políticas de eficiência energética nos setores público, de transportes e residencial; a construção de uma ferramenta computacional (“software”) para a elaboração das curvas CCP; além da avaliação de impacto. Mais recentemente, a EPE desenvolve atualmente estudos de suporte para elaboração de insumos a um Plano de Ação de Eficiência Energética, coordenado pelo MME.

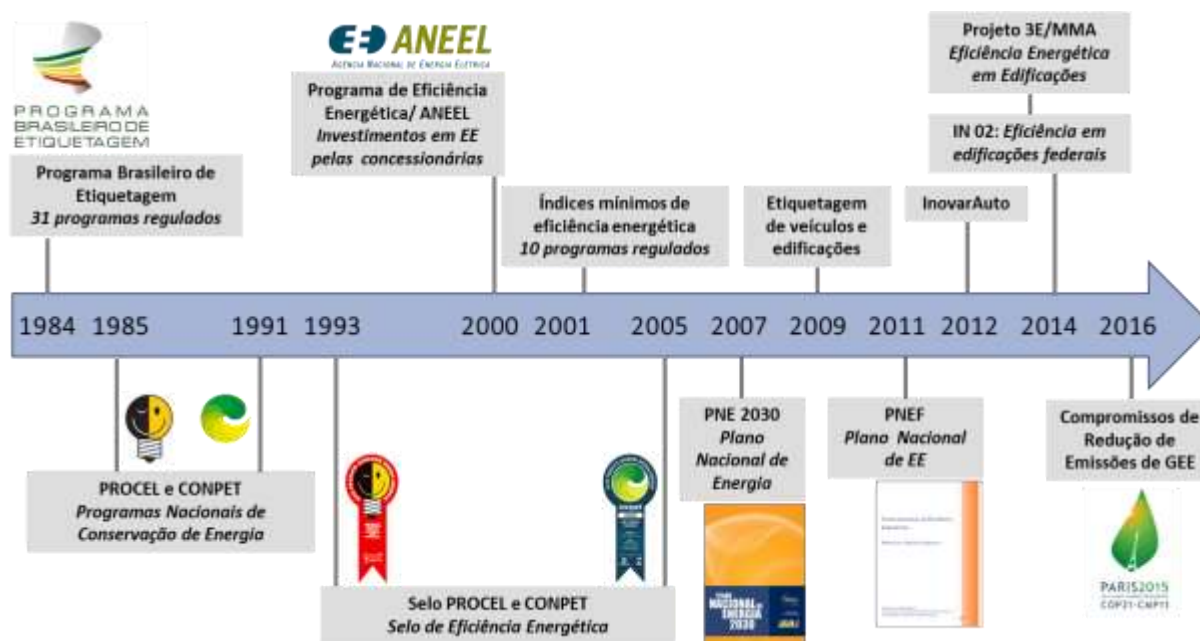
1.4 Políticas de eficiência energética

Para superar as barreiras relacionadas à promoção da eficiência energética em um país, é necessária a adoção de um conjunto de medidas por parte dos diversos agentes envolvidos. Para alcançarem a efetividade pretendida, estas necessitam ser orientadas dentro de um contexto mais amplo de política nacional de eficiência energética.

O Brasil vem trabalhando com programas governamentais para eficiência energética desde 1984, conforme Figura 1. O primeiro programa, criado em 1984, é o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo INMETRO. Através de etiquetas comparativas de desempenho energético, fornece informações sobre o consumo específico dos produtos, a fim de influenciar a escolha dos consumidores, sendo basicamente um instrumento voltado à educação e redução de assimetria de informação sobre o desempenho energético dos equipamentos, assim como estimula a fabricação de produtos com maior nível de eficiência energética. O número de equipamentos abrangidos vem crescendo, e inclui sistemas fotovoltaicos, veículos leves e edificações³.

³ http://www2.inmetro.gov.br/pbe/pdf/folder_pbe.pdf

Figura 1 - Linha do tempo com principais programas de eficiência energética no Brasil



Fonte: elaboração EPE

Em 1985 e 1991 foram criados os programas de conservação de energia, o PROCEL, para eletricidade, e o CONPET, para derivados de petróleo e gás natural. São do governo brasileiro, coordenados pelo MME, e executados pela Eletrobras e Petrobras, respectivamente. Estes programas fizeram parceria com o Inmetro para o PBE, e criaram selos para valorizar os produtos mais eficientes. O PROCEL atua em diversas áreas, como Selo PROCEL, indústria, edificações, poder público e iluminação pública, e proporcionou uma economia de energia em 2016, junto com seus parceiros, estimada em 15,2 bilhões de kWh.⁴ A partir da promulgação da Lei 13.280/2016, o PROCEL passou a contar com 20% dos recursos das concessionárias destinados à eficiência energética para o PROCEL, que realizará ações com base no Plano de Aplicação de Recursos (PAR) do Procel.

Com a Lei 10.295/2001 (“Lei de Eficiência Energética”), foi instituído o Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE), que tem como uma das atribuições estabelecer programas de metas de eficiência energética para equipamentos. Há nove equipamentos regulamentados, e sendo que as lâmpadas incandescentes banidas do mercado por não atingirem o nível mínimo de eficiência energética. Em 2014 entrou em vigor a instrução normativa nº 02 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), para compras e construções públicas com critérios de eficiência energética. A

⁴ http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2017/docs/re_l_procel2017_web.pdf

inclusão de novos equipamentos e revisão dos índices atuais é relevante para o aumento da eficiência energética. Após três anos sem modificações, em 2017 foi divulgada a revisão dos níveis mínimos de eficiência de motores elétricos e índices mínimos para ventiladores⁵. Além disso, foi divulgada uma consulta pública para a revisão dos níveis máximos de consumo para refrigeradores e congeladores e dos níveis mínimos de eficiência energética para condicionadores de ar⁶.

O Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL foi criado no ano 2000, através da Lei 9.991, e é uma importante fonte de financiamento de projetos de eficiência energética. As concessionárias de energia elétrica são obrigadas a aplicar, anualmente, no mínimo 0,5% de sua receita operacional líquida (ROL) em pesquisa e desenvolvimento no setor elétrico e 0,5% em eficiência energética no uso final, até 2022⁷. De 2008 a março de 2016, estima-se que foram aplicados 5 bilhões de reais em eficiência energética, principalmente para população de baixa renda, setor residencial e poder público, com economia de 4,6 TWh/ano (ANEEL, 2016). Um dos benefícios do programa é, além do grande volume de recursos investidos, que os investimentos são realizados na área de atuação das concessionárias, distribuindo os investimentos pelo país.

Em 2013, foram aprovados os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE), com uma série de aprimoramentos, como a realização de chamadas públicas para seleção de projetos. A ANEEL pode abrir chamadas para projetos prioritários, quando identifica uma necessidade específica. Até 2016, o programa exigia que 60% dos investimentos fossem destinados para projetos que beneficiassem a população de baixa renda. Com a Lei 13.280/2016, estes investimentos ficam limitados a 80%, sem parcela mínima. Um aspecto a ser considerado é que ao investir em eficiência energética, as distribuidoras reduzem sua receita com a venda de energia, mas cria-se também a possibilidade de novos modelos de negócio baseados na eficiência energética e na geração distribuída.

⁵ Portaria Interministerial Nº 1, de 29 de junho de 2017 e Portaria Interministerial Nº 2 de 29 de junho de 2017.

⁶ Portaria MME Nº 396, de 10 de outubro de 2017 e Portaria MME Nº 397, de 10 de outubro de 2017.

⁷ Inicialmente o prazo era 2005, e foi postergado pelas alterações na lei em 2007, 2010 e 2015.

2. PANORAMA ECONÔMICO E ENERGÉTICO

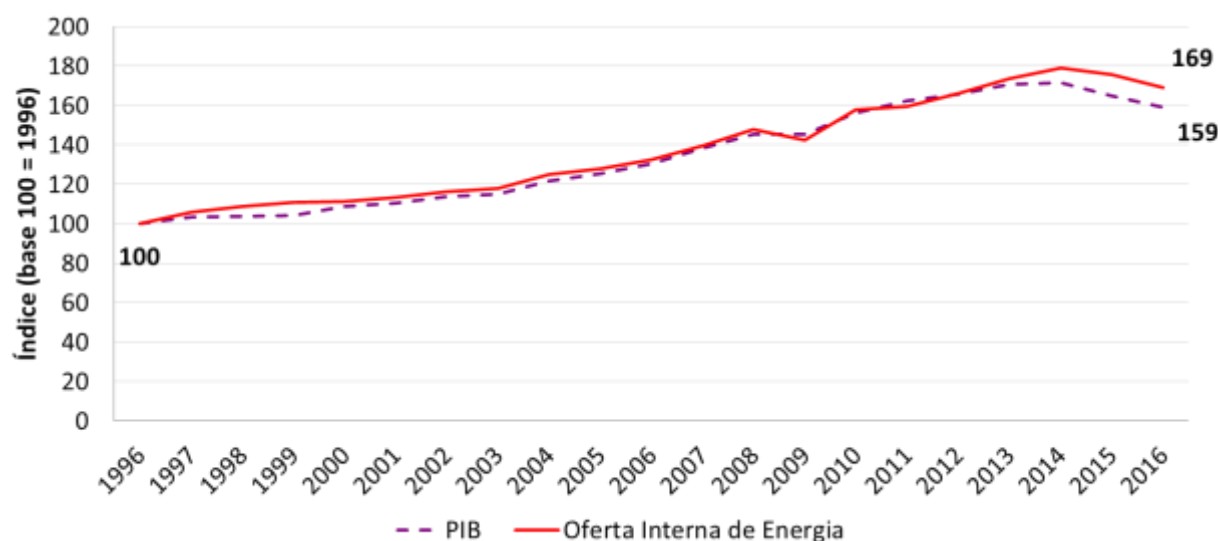
2.1 Oferta interna de energia e consumo final

O consumo de energia está relacionado à atividade econômica do País. Portanto, a análise do histórico da economia é relevante para entender os movimentos de variação do consumo.

No período compreendido entre 1996 e 2016, o Produto Interno Bruto (PIB)⁸ evoluiu de cerca de R\$ 2,5 trilhões em 1996 para, aproximadamente, R\$ 4 trilhões em 2016 (aumento de 59% em 20 anos).

Em relação à oferta interna de energia, esta apresentou um crescimento expressivo conforme apresentado no Gráfico 1. A mesma figura mostra uma forte correlação no comportamento do PIB e da oferta de energia no período selecionado.

Gráfico 1 - PIB e oferta interna de energia - 1996 a 2016



Fonte: EPE (2017b).

Entre 1996 e 2000, a oferta interna de energia cresceu mais que o PIB (média anual de 2,7% contra 2,1%). Nesse mesmo período, a participação de energias renováveis na matriz apresentou redução de 43% para 40% devido a fatores tais como a substituição da lenha (contabilizada como 100% renovável), o aumento do consumo de derivados de petróleo

⁸ Todos os valores apresentados neste documento são apresentados em Real, em valores constantes de 2010.

(principalmente óleo diesel e gasolina), maior penetração do gás natural na matriz (início da operação do Gasoduto Bolívia-Brasil) e perda de participação do consumo de produtos da indústria sucroalcooleira (bagaço de cana e etanol).

No período entre 2001 e 2005, o PIB cresceu a uma taxa média semelhante a da oferta interna de energia – 2,9% contra 2,8%, respectivamente. Neste período, um dos principais fatos ocorridos foi a redução abrupta do consumo de eletricidade induzida pelo racionamento ocorrido em 2001. Foi nesse período (2001) que foi publicada a Lei de Eficiência Energética (nº 10.295/2.001), que permite a definição de índices mínimos de eficiência energética para equipamentos. O primeiro equipamento regulado foram os motores elétricos, em 2002, com o programa de metas aprovado no final de 2005. Neste intervalo ocorreu expressiva retomada da atividade do setor sucroalcooleiro no Brasil, impulsionado pela introdução em 2003 dos automóveis bicombustíveis (*flex fuel*) no Brasil.

No período 2006-2010 se intensificou o avanço rápido tanto no processo de aumento de renda média da população, quanto de redistribuição de renda no Brasil. Isso levou, por exemplo, a uma aceleração do aumento de posse e uso de eletrodomésticos nas residências brasileiras e crescimento da taxa de motorização da população. Como resultado, o consumo energético cresceu a uma taxa média anual de 4,2% neste período, tendo o PIB crescido a uma taxa de 4,5% a.a. Neste período foram regulamentados diversos equipamentos no âmbito da Lei de Eficiência Energética, sendo os programas de meta aprovados em 2010 e 2011.

Nos últimos cinco anos (2011-2016) houve um descolamento da curva de Oferta Interna de Energia em relação ao PIB. Este movimento indica aumento de intensidade energética e ocorreu devido ao aumento de participação de segmentos energointensivos no setor industrial, combinado com um período de retração econômica.

Comparando as matrizes energéticas de 1996 e 2016 é possível identificar algumas tendências. Conforme mostrado na Tabela 1, houve crescimento relativo do agregado produtos da cana (etanol e bagaço de cana), das outras fontes renováveis (majoritariamente devido ao aumento da lixívia e eólicas), do urânio e do gás natural.

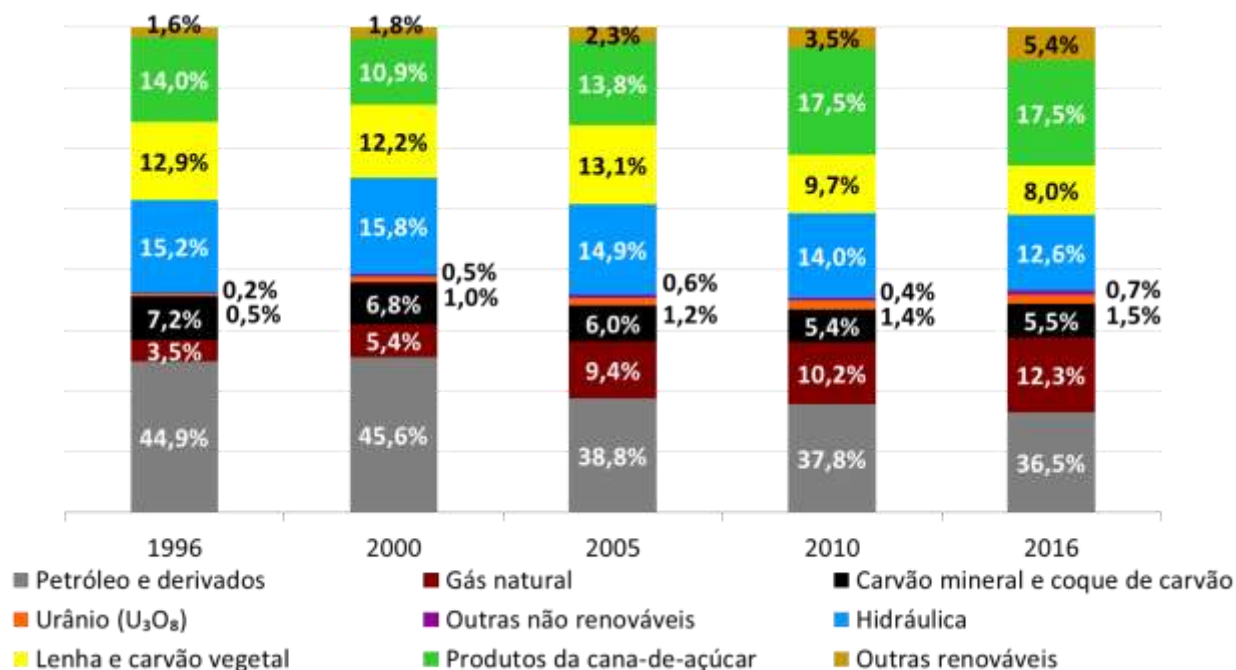
Tabela 1 - Oferta interna de energia

10 ³ tep	1996	2000	2005	2010	2016	Δ% a.a. (2016/1996)
Petróleo e derivados	76.648	86.743	84.553	101.714	105.354	1,6%
Gás natural	5.946	10.256	20.526	27.536	35.569	9,4%
Carvão mineral e coque	12.220	12.999	12.991	14.462	15.920	1,3%
Urânio (U ₃ O ₈)	783	1.806	2.549	3.857	4.211	8,8%
Outras não renováveis	302	978	1.200	1.075	1.921	9,7%
Hidráulica	25.990	29.980	32.379	37.663	36.265	1,7%
Lenha e carvão vegetal	21.976	23.060	28.468	25.998	23.095	0,2%
Derivados da cana	23.893	20.761	30.150	47.102	50.318	3,8%
Outras renováveis	2.786	3.460	5.120	9.389	15.667	9,0%
Total	170.543	190.043	217.936	268.796	288.319	2,7%

Fonte: EPE

Em contrapartida, houve decréscimo do agregado derivados de petróleo, do coque e carvão mineral, da eletricidade e da lenha. No caso dos derivados de petróleo identifica-se que a gasolina perdeu participação para o etanol no transporte automotivo, que o GLP perdeu uma fração para o gás natural na cocção e para o aquecimento de água em residências e que o óleo combustível perdeu participação para o gás natural na indústria (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Matriz energética por fonte

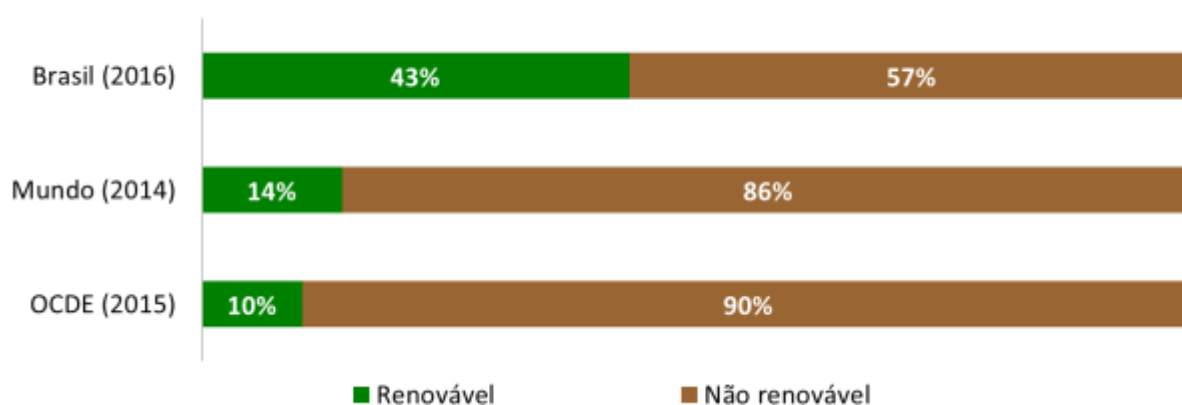


Fonte: EPE (2017c).

Nos últimos 20 anos, a participação das renováveis na matriz energética brasileira, manteve-se estável com valores superiores a 40%, o que já é um grande desafio para o Brasil, que possui um dos maiores percentuais de energias renováveis do mundo.

Conforme pode ser visto no Gráfico 3, a matriz energética mundial em 2014, último dado consolidado, é composta por 14% de fontes renováveis de energia. Isto corresponde a menos de 1/3 (um terço) da participação do mesmo grupo na matriz brasileira. No caso da matriz energética dos países que compõem a OCDE a situação é ainda mais discrepante: em 2015, as fontes renováveis somaram apenas 10% da matriz, o que equivale a pouco menos de 1/4 (um quarto) da fração nacional.

Gráfico 3 - Comparação internacional do grau de renovabilidade de matrizes energéticas



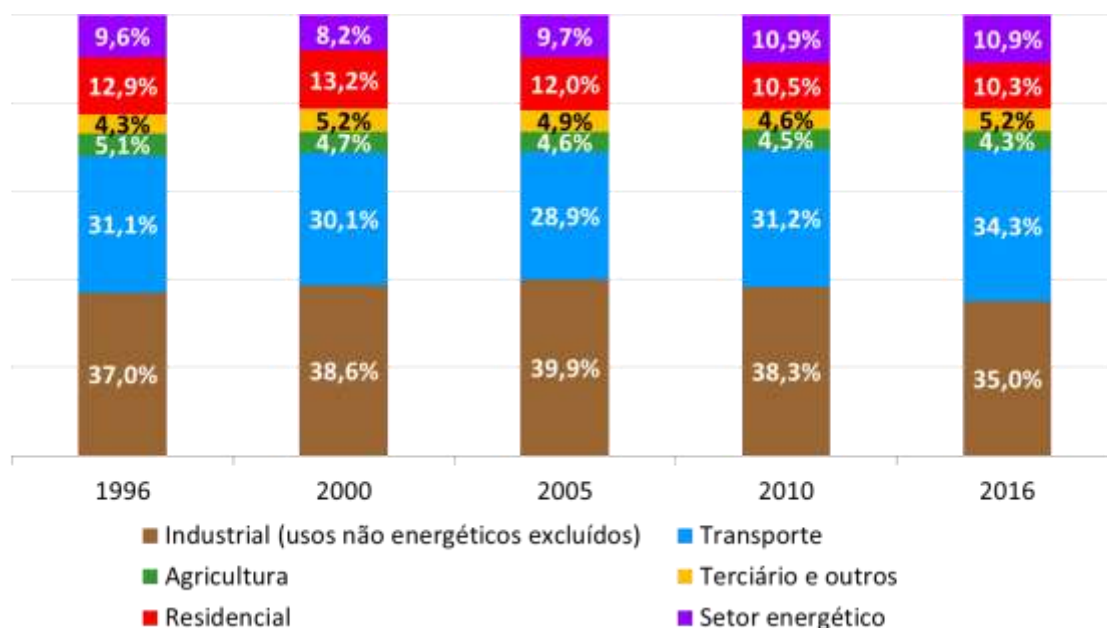
Fonte: EPE (2017c).

Outra análise da evolução da matriz energética brasileira envolve o corte setorial do consumo final energético⁹ (Gráfico 4). Em 2000, a indústria era responsável pela maior demanda, com 39% do total. Juntamente com o segmento transportes, somavam aproximadamente 70% da matriz energética. Em seguida aparecem os setores residencial (com 13%), energético (com 8%), agropecuário e comercial & público (cada um com 5%).

Em 2016, a participação da indústria caiu para 35%, ainda que a liderança tenha se mantido. O setor de transportes registrou ligeiro aumento (com 34%), enquanto que o segmento agropecuário caiu para 4%. Neste período, o setor energético apresentou o maior ganho de participação e o setor residencial, a maior redução.

⁹ O consumo final não energético foi excluído da análise, pois se trata de uma transformação para uso não energético (p. ex. nafta para produção de petroquímicos básicos) e não está contemplado no escopo do estudo.

Gráfico 4 - Consumo final energético por setor



Fonte: EPE (2017c).

A inclusão do montante de demanda não energética pouco altera o panorama, em razão desta parcela crescer a uma taxa inferior à média da energia total (2,5% ao ano).

A Tabela 2 mostra a variação do setor energético entre 1996 e 2016 (3,3% ao ano), bem acima da taxa observada na indústria e demais setores no mesmo período. O setor energético quase dobrou o seu consumo em 20 anos (90%), um aumento de 12,4 milhões de tep. Este montante supera o consumo total do setor agropecuário no Brasil em 2016 (10,3 milhões de tep).

Tabela 2 - Consumo final energético por setor

10^3 tep	1996	2000	2005	2010	2016	$\Delta\%$ a.a. (2016/1996)
Setor Energético	13.842	12.847	17.653	24.263	26.279	3,3%
Setor Residencial	18.657	20.688	21.827	23.562	24.851	1,4%
Setor Comercial	3.689	4.968	5.452	6.731	8.399	4,2%
Setor Público	2.554	3.242	3.451	3.636	4.026	2,3%
Setor Agropecuário	7.288	7.322	8.361	10.029	10.291	1,7%
Setor Transportes	44.783	47.385	52.720	69.720	82.651	3,1%
Setor Industrial	53.379	60.646	72.806	85.567	84.183	2,3%
TOTAL	144.192	157.098	182.269	223.508	240.680	2,6%

Fonte: EPE (2017c).

2.2 Intensidade Energética

A intensidade energética é um indicador da eficiência da economia que evidencia a relação entre a energia final ofertada e/ou consumida e o Produto Interno Bruto (PIB). A menor intensidade energética da economia indica uma maior eficiência da “conversão” de energia em riqueza. Este indicador é associado, por sua vez, à “produtividade energética da economia”, portanto.

Este indicador pode ser calculado de duas formas: sob a ótica da oferta interna de energia (OIE), identificada como Intensidade Primária (i) e sob a perspectiva do consumo final energético (inclusive o consumo do setor energético), denotada como Intensidade Final (ii).

As fórmulas de cálculo de cada uma segue abaixo:

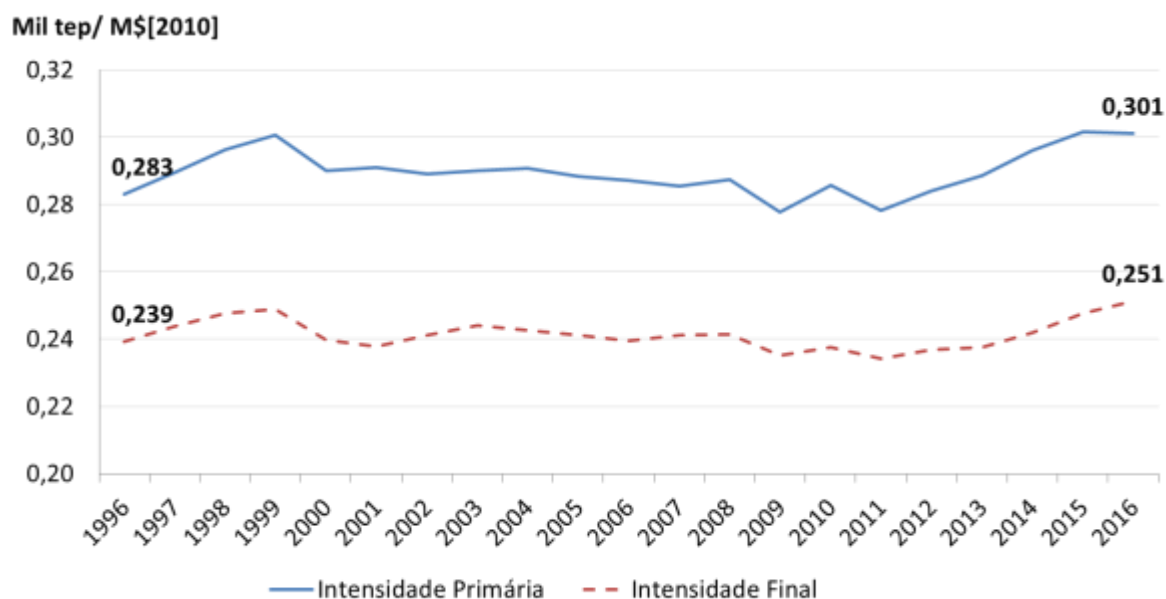
$$(i) \quad \frac{\text{Oferta Interna de Energia (mil tep)}}{\text{PIB(M\$\{2010\})}}$$

$$(ii) \quad \frac{\text{Consumo Final Energético (mil tep)}}{\text{PIB(M\$\{2010\})}}$$

A intensidade primária, por ser calculada através da OIE, considera toda a energia disponibilizada no país para consumo e transformação, incluindo as perdas na transformação, distribuição e armazenagem, e por isso, incorpora de fato toda a demanda de energia do Brasil. Por outro lado, deve-se analisar a evolução dos centros de transformação com o objetivo de verificar como se processaram os ganhos de eficiência em um determinado período. É importante assinalar que a redução das perdas totais nestes centros pode ocorrer sazonalmente, em função do avanço da oferta hídrica, o que não necessariamente significa ganho estrutural de eficiência.

O Gráfico 5 ilustra a evolução das intensidades energética primária e final no Brasil, entre 1996 e 2016. Observa-se que entre 1996 e 1999 a tendência das intensidades primária e final é ascendente, atingindo patamares de 0,30 e 0,25 mil tep/M\\$\{2010\}, crescendo a taxas de 2,0% e 1,3% ao ano, respectivamente. Um dos fatos que contribuem para explicar este movimento é o aumento do poder de compra da população, decorrente entre outras questões do controle inflacionário, atendendo parte da demanda reprimida. O aumento da intensidade energética final sinaliza pelo lado da demanda um aumento de consumo de energia associada ao crescimento da produção de energo-intensivos de baixo valor agregado.

Gráfico 5 - Evolução da intensidade energética no Brasil.



Fonte: EPE (2017b).

No início de 1999, a economia brasileira sofreu uma crise de desvalorização monetária, com reflexo imediato em vários segmentos industriais. Neste ano, houve declínio das intensidades primária e final. Entretanto, mesmo com o maior crescimento econômico no ano seguinte, quando a economia cresceu a uma taxa de 4,4%, as intensidades primária e final reduziram 3,5% e 3,7% em relação ao ano anterior.

No período que segue - 2001 a 2005 - a intensidade primária manteve-se estável em torno de 0,29 mil tep/M\$[2010], e a final pouco oscilou em torno de 0,24 mil tep/M\$[2010]. Apesar do racionamento ocorrido ao longo de 2001, que impactou principalmente a produção industrial brasileira e as famílias, o PIB cresceu, no período, a uma taxa média de 2,9% a.a. Também é relevante citar que as políticas sociais implementadas promoveram uma melhor distribuição de renda no Brasil, além da redução da pobreza extrema, movimento que se iniciou neste período e que se intensificou no seguinte.

Entre 2006 e 2010, a economia brasileira apresentou bom desempenho econômico, crescendo, em média, 4,5% a.a. Porém, em 2008, iniciou-se a crise internacional que repercutiu sobre toda economia mundial. Em 2009, a crise financeira global afetou a indústria nacional, especialmente a metalurgia e a mineração. Por consequência, a intensidade energética primária caiu para 0,28 mil tep/M\$[2010], e a final também apresentou uma queda de 2,6% em relação ao ano anterior. Nesse ano em especial, observou-se a desativação de unidades mais ineficientes (menos competitivas) e com intensidades energéticas de maior magnitude. Neste ano, a queda da intensidade primária

também foi favorecida pela redução das perdas nos centros de transformação, em razão do aumento participação hidráulica, que passou de 16,0% em 2001 para 19,6% em 2009, no total de energia primária transformada.

Foi no período seguinte que a economia brasileira começou a sentir mais fortemente os efeitos da crise mundial. Ainda que no início do período 2010-2016 a adoção de políticas contracíclicas tenham apresentado efeitos positivos, nos últimos dois anos o país sofreu uma recessão que levou o PIB a um nível inferior ao do ano de 2011. Essa crise econômica foi marcada por um mercado de trabalho mais adverso com enfraquecimento da demanda interna, o que teve forte impacto sobre a atividade dos setores dependentes do mercado interno. Além disso, o alto grau de ociosidade, bem como a redução da confiança dos agentes, impactou de forma significativa os investimentos. Esse contexto contribuiu para uma redução do consumo de energia.

Entre os anos 2010 e 2014 o PIB evoluiu positivamente, apresentando uma crescimento médio de 2,3% ao ano, enquanto as intensidades primária e final evoluíram às taxas de 0,9% e 0,5% ao ano, respectivamente. Entre 2014 e 2016, a intensidade energética primária apresentou um ritmo de crescimento de 0,9% ao ano, mesmo com a economia em recessão (queda média de 3,7% ao ano). Já a intensidade final, neste mesmo período, apresentou um avanço de 1,9% ao ano.

Nos últimos 20 anos, de 1996 a 2016, a oferta interna de energia cresceu a uma taxa média anual de 2,7%, taxa esta ligeiramente acima do crescimento do PIB que foi de 2,3% ao ano. Como consequência, a intensidade energética primária da economia cresceu 0,3% ao ano. O consumo final energético apresentou um avanço anual de 2,6%, também superior ao PIB. Fruto deste fato, a intensidade energética final da economia progrediu a uma taxa de 0,2% ao ano. A tendência de crescimento das intensidades energéticas pode estar associada a diferentes causas. Pode-se deduzir que este crescimento esteja diretamente vinculado à primarização da economia do país, ou seja, consome-se cada vez mais energia para a fabricação de produtos com baixo valor agregado, a exemplo da expansão da celulose.

2.3 Eficiência energética global do Brasil

A apuração do progresso da eficiência energética pode ser realizado através do índice desenvolvido conhecido como ODEX. O mesmo pode ser agregado por setor (industrial, residencial, serviços e transportes) e para a economia como um todo. Este indicador é utilizado pela união europeia, no programa ODYSSEE *database* para monitorar os ganhos de eficiência.

O ODEX por setor é baseado nos índices de consumo unitário por subsetor, ponderado com cada participação no consumo total de energia do setor. O consumo unitário por subsetor pode ser expresso em diferentes unidades de modo fornecer a melhor “*proxy*” de avaliação da eficiência energética, seja o consumo por domicílio, por produção física, número de veículos, por exemplo. Por exemplo, o decréscimo no índice de consumo unitário como exemplo, um valor de 80 em 2016, representa melhoria de eficiência energética de 20% comparado ao ano base. Mais detalhes do ODEX por setor serão apresentados em cada setor.

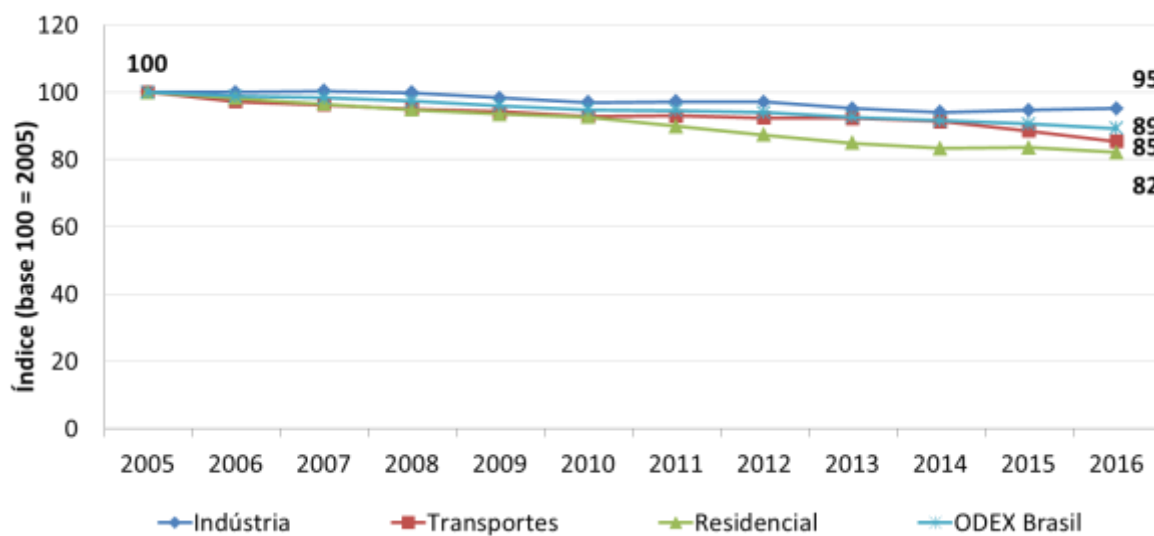
Para o presente relatório considerou-se 2005 como ano base (100), em função essencialmente da disponibilidade de dados para a maior parcela dos setores a partir desse ano.

No caso do ODEX global, o mesmo método é aplicado com fatores ponderados, baseados nas participações do consumo total de energia final de cada setor.

Para fins dessa nota técnica, foram considerados os setores industrial, residencial e de transportes. Os demais setores (energético, serviços e agropecuária) não foram incluídos em função da indisponibilidade de dados.

O Gráfico 6 apresenta os resultados do ODEX para a economia brasileira. No período analisado todos os setores analisados apresentaram ganhos de eficiência, sendo os maiores ganhos no setor residencial e no setor de transportes. O ODEX apurado em 2016 é igual a 89, ou seja, em média, pode-se dizer que país ficou 11% mais eficiente energeticamente entre 2005 e 2016, o equivalente a ganhos médios de aproximadamente 1% a.a.

Gráfico 6 - ODEX Brasil



Fonte: EPE (2017).

Nos capítulos posteriores serão detalhados os índices do ODEX para os setores industrial, residencial, serviços e transportes.

3. SETOR ENERGÉTICO

3.1 Panorama do setor

Segundo a metodologia de Balanço Energético Nacional (BEN), o setor energético contabiliza o consumo de energia em centros de transformação, em processos de extração, na transferência¹⁰ e no transporte de produtos energéticos.

A Tabela 3 apresenta o consumo final no setor energético, com aumento de cerca de 90% em valores absolutos no período compreendido entre 1996 e 2016, de aproximadamente 14 milhões de tep para mais de 26 milhões de tep, majoritariamente em razão do aumento no consumo de gás natural no segmento de exploração e produção de petróleo e de bagaço de cana para a produção de etanol.

Tabela 3 - Consumo final de energia do setor energético

<i>Setor energético</i>	<i>1996</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2016</i>
Consumo final do setor [10 ³ tep]	13.842	12.847	17.653	24.263	26.279
Participação no consumo final de energia	9,6%	8,2%	9,7%	10,9%	10,9%

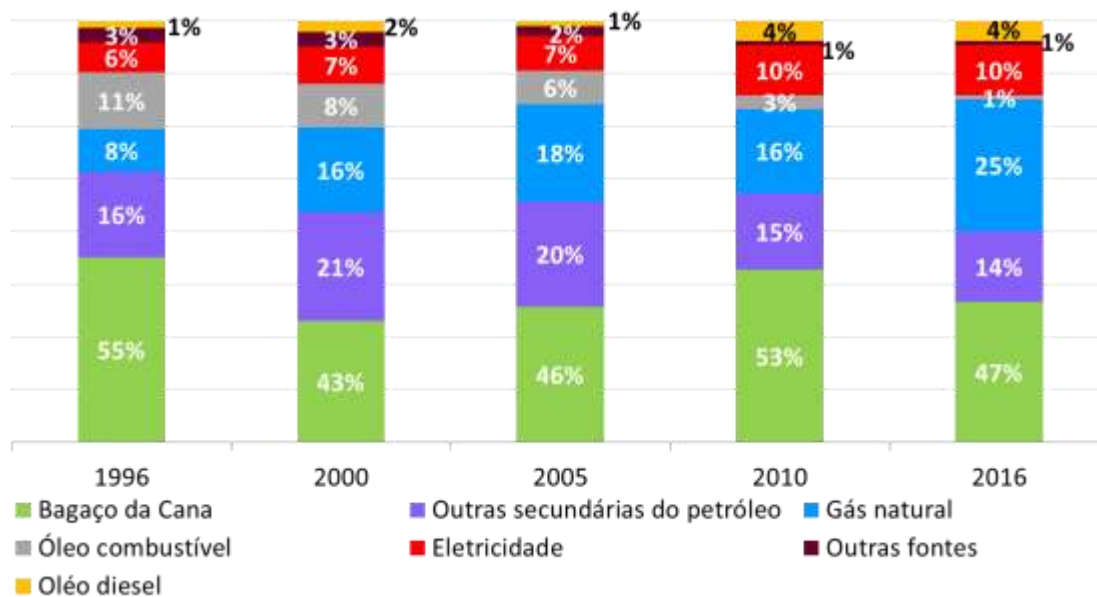
Fonte: EPE (2017)

Em termos percentuais a fração do setor energético em relação ao consumo final total do Brasil subiu para 10,9% em 2016, denotando uma posição de terceiro maior setor consumidor de energia no país, atrás somente do setor industrial e do setor de transportes.

O Gráfico 7 mostra a evolução na participação das fontes que compõem o consumo final do setor energético. De maneira geral as participações variaram pouco, com exceção do bagaço de cana, que ampliou sua participação no consumo final do setor de 43% para 47%, devido ao crescimento da demanda de etanol no Brasil. Também merece destaque o consumo de “Outras Secundárias de Petróleo”, que inclui gás de refinaria e coque de FCC, os quais são consumidos nas refinarias e corresponderam a 19% de participação no setor energético em 2016. A terceira maior participação no setor energético é a do gás natural, que é consumido principalmente no E&P e refino de petróleo. Em 2016, estas três fontes somaram 83% de participação no consumo final do setor energético.

¹⁰ Movimentação interna da produção. Exemplo: navios aliviadores.

Gráfico 7 - Setor energético: consumo final energético por fonte



Fonte: EPE (2017).

3.2 Evolução do consumo final de energia e transformação

A Tabela 4 detalha o consumo final no setor energético em subsetores, onde se destaca a indústria de petróleo e gás natural (plataformas, refinarias e gasodutos) e de etanol, que juntas responderam por 97% do consumo deste setor em 2016.

Apesar do incremento no consumo em decorrência do ritmo de atividades de exploração e produção de petróleo, houve redução da fração relativa da indústria do petróleo e gás natural, uma vez que em 2000 elas somavam pouco mais da metade do montante global (51%). Tal fato ocorreu devido ao aumento do consumo de bagaço, que apesar do decréscimo em relação a 2010, ainda mantém participação majoritária (49%) no consumo total, em função do aumento da produção de etanol.

Tabela 4 - Consumo no setor energético desagregado

<i>Consumo de energia por segmento</i> [10 ³ tep]	1996	2000	2005	2010	2016	$\Delta\%$ a.a. (2016/2010)
Plataformas de petróleo	923	1.218	2.229	3.493	4.632	4,8%
Refinarias	4.485	5.395	6.460	6.147	6.988	2,2%
Destilarias (setor sucroalcooleiro)	7.629	5.663	8.287	13.454	12.793	-0,8%
Centrais elétricas (serviço público e autoprodução)	240	236	334	464	619	4,9%
Gasodutos	-	-	-	501	1.008	12,3%
Coquerias e outros	391	339	342	204	239	2,6%
TOTAL	13.668	12.850	17.653	24.263	26.279	1,3%

Fonte: EPE (2017, adaptado).

No âmbito do setor energético, é importante analisar a evolução do consumo específico nos centros de transformação. Destacam-se como intensivos em energia as refinarias e destilarias, que juntas representaram 75% do consumo do setor energético em 2016.

A Tabela 5 apresenta o balanço de energia das refinarias no Brasil no período de 1996 a 2016, onde os insumos do processo (petróleo e LGN¹¹) e as perdas estão representados com sinal negativo e os produtos do processo (derivados) com sinal positivo.

Tabela 5 - Transformação em refinarias de petróleo

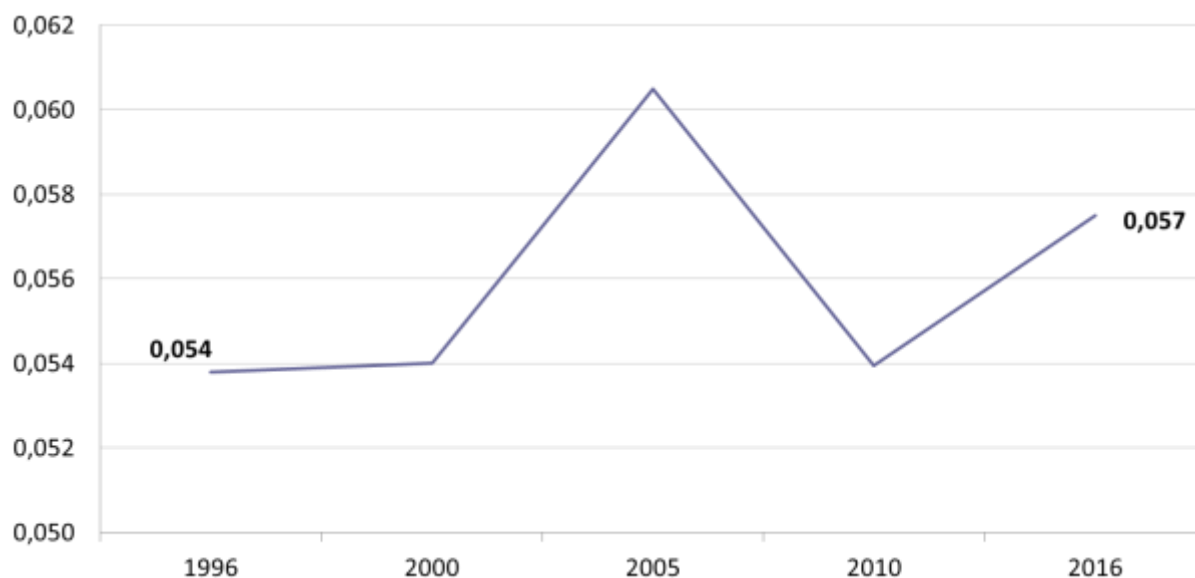
<i>Refinarias (10³ tep)</i>	1996	2000	2005	2010	2016
Petróleo e LGN	-68.437	-82.840	-88.873	-93.619	-96.548
Óleo diesel	23.273	26.188	32.560	35.132	38.575
Óleo combustível	13.784	16.947	15.605	14.247	11.506
Gasolina	12.491	14.471	14.762	16.629	20.467
Gás liquefeito de petróleo	3.748	4.252	5.450	4.693	4.492
Nafta	4.998	7.853	6.527	5.626	2.452
Querosene	2.997	3.245	3.426	3.854	4.765
Outras secundárias de petróleo	3.232	4.716	6.199	6.979	8.810
Produtos não energéticos de petróleo	3.357	4.496	4.061	6.302	5.243
Perdas na transformação	-558	-671	-282	-157	-238
Consumo final energético em refinarias	4.485	5.395	6.460	6.147	6.988
Consumo final energético/Produção de derivados (tep/tep)	0,054	0,054	0,060	0,054	0,057

Fonte: EPE (2017)

¹¹ Líquidos de Gás Natural provenientes de gasodutos e UPGN

O consumo específico para a produção de derivados mantém uma tendência constante no período, indicando que não houve melhora significativa na eficiência nas duas últimas décadas (Gráfico 8).

Gráfico 8 - Consumo específico para a produção de derivados de petróleo (tep/tep)



Fonte: EPE (2017, adaptado)

Box: O Setor Sucroalcooleiro

A indústria sucroalcooleira representou 12,6% do consumo final energético brasileiro em 2016. Esta indústria utiliza a cana-de-açúcar para produção de etanol e de açúcar, e o bagaço resultante é queimado para a geração de energia elétrica e térmica em caldeiras.

No BEN, o bagaço é alocado em centrais elétricas autoprodutoras (geração elétrica), na indústria (produção de açúcar), e no setor energético (produção de etanol). Já o caldo da cana e o melaço que será transformado em etanol entra nas destilarias (centros de transformação).

Historicamente o bagaço é queimado em caldeiras de baixa pressão, eliminando parcialmente o bagaço (para este não se tornar um passivo ambiental) e gerando energia suficiente para atender a demanda energética da usina.

Quando pior a eficiência das caldeiras, o consumo de bagaço tende a ser maior, contribuindo para a renovabilidade da matriz energética. Por outro lado, o consumo específico de açúcar e de etanol será maior.

O setor passou por momentos de maior atividade durante o Proálcool (antes dos anos 1980), pela expansão do mercado de açúcar (a partir de meados da década de 1990) e com

a expansão do mercado de etanol pelo surgimento do carro “flex” (2003). Adicionalmente, a partir de 2002 o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia (Proinfa) incentivou a geração elétrica a partir da cana-de-açúcar.

A partir de 2004/2005 os governos federal e estaduais incentivaram a elevação da capacidade de produção do setor com financiamento a taxas reduzidas e políticas de isenção fiscal.

Isso levou a uma transformação do setor, com a entrada de novas usinas e investimentos em *retrofit* de usinas existentes. Com isso, a participação de indústrias mais modernas, eficientes e com caldeiras de alta pressão aumentou. Nas caldeiras de alta pressão, a eletricidade gerada é maior que a demanda energética da usina, e é possível exportar eletricidade pro sistema interligado nacional, como será melhor detalhado na sessão seguinte.

Aproximadamente a partir de 2010, houve uma “crise” no setor, pela baixa rentabilidade e reduzidas margens econômicas, fechamento de indústrias, redução do investimento, alto grau de endividamento. O etanol hidratado, em especial, apresenta situação mais agravada, pela fragilidade da concorrência com a gasolina, que por vezes teve seu preço controlado.

A Tabela 6 apresenta o balanço energético das destilarias brasileiras, onde o caldo de cana e o melaço são os insumos para a transformação em etanol e estão representados com sinal negativo. A tendência de redução nas perdas indica melhoria nos processos de destilação do etanol.

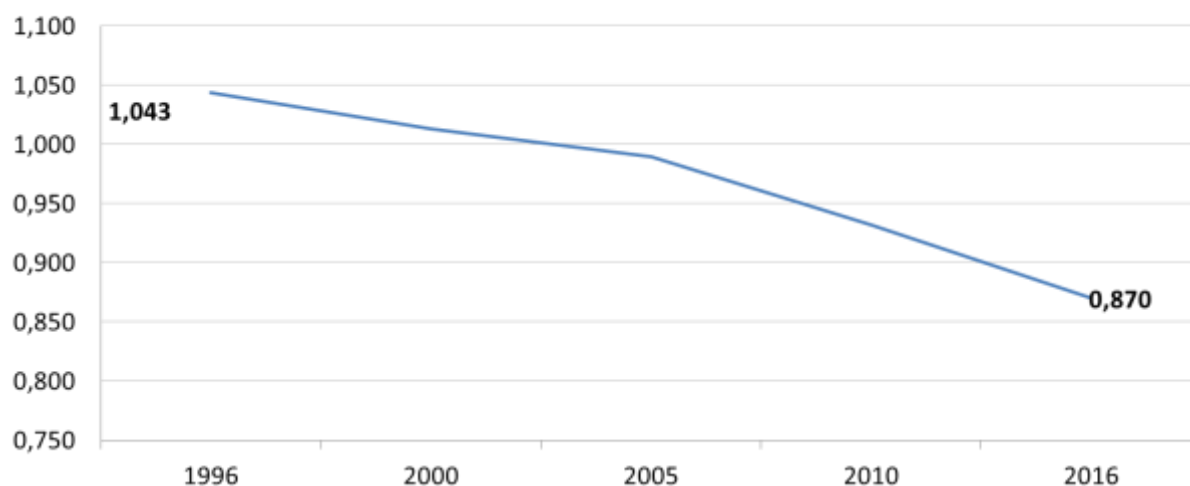
Tabela 6 - Transformação em destilarias

<i>Destilarias (10³ tep)</i>	1996	2000	2005	2010	2016
Produtos da cana-de-açúcar	-7.722	-5.778	-8.419	-14.706	-14.758
Caldo de cana	-6.335	-4.453	-6.104	-11.475	-10.839
Melaço	-1.387	-1.325	-2.316	-3.231	-3.920
Etanol	7.311	5.590	8.377	14.442	14.702
Etanol anidro	2.367	3.013	4.383	4.463	6.262
Etanol hidratado	4.944	2.577	3.994	9.979	8.440
Perdas na transformação	-443	-188	-42	-264	-56
Consumo final energético em destilarias	7.629	5.663	8.287	13.454	12.793
Consumo final energético/Produção de etanol (tep/tep)	1,043	1,013	0,989	0,932	0,870

Fonte: EPE (2017)

Entre 1996 e 2016, o consumo específico para a produção de etanol reduziu em 17%, de 1,043 para 0,870 (Gráfico 9), o que representa melhoria de eficiência no consumo de bagaço para a produção do vapor necessário nos processos de produção de etanol.

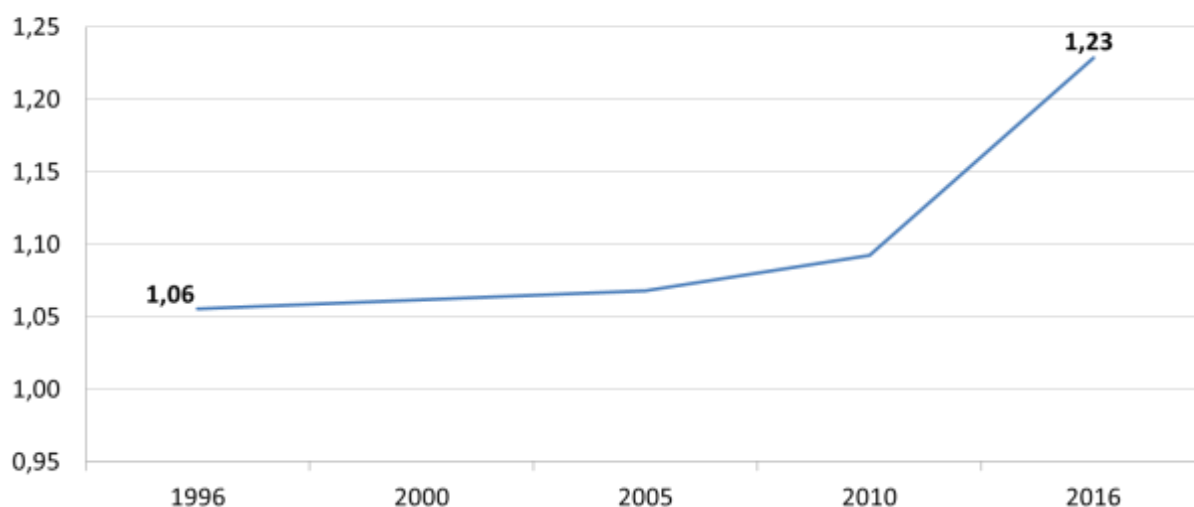
Gráfico 9 - Consumo específico para a produção de etanol (tep/tep)



Fonte: EPE (2017, adaptado)

O aumento do rendimento na produção de eletricidade a partir do bagaço ratifica a melhoria de eficiência no segmento sucroalcooleiro. Conforme pode ser observado no Gráfico 10, a geração média de eletricidade por tonelada de bagaço aumenta 16%, no período de 1996 a 2016, de 1,06 para 1,23 MWh/t.

Gráfico 10 - Geração de eletricidade a partir do bagaço da cana (MWh/t)



Fonte: EPE (2017)

Em 1996, toda a eletricidade produzida foi consumida *in situ*, ou seja, utilizada nos processos produtivos de etanol e açúcar. Porém, ao longo do período analisado, a eletricidade excedente injetada na rede vem se tornando cada vez mais representativa, chegando a 60% do total autoproduzido em 2016 (Tabela 7).

Tabela 7 - Autoprodução no segmento sucroalcooleiro

<i>Autoprodução no segmento sucroalcooleiro (GWh)</i>	1996	2000	2005	2010	2016
Eletricidade autoproduzida	3.627	3.664	7.661	22.364	35.236
Eletricidade não injetada na rede (consumo próprio)	3.627	3.298	6.895	12.325	14.032
Eletricidade injetada na rede	0	366	766	10.039	21.204
Percentual da eletricidade injetada na rede	0%	10%	10%	45%	60%

Fonte: EPE (2017)

Outra abordagem interessante no setor energético é a análise dos indicadores de eficiência na conversão de fontes primárias em eletricidade, através das centrais elétricas de serviço público e autoprodutoras. A Tabela 8 apresenta a geração de eletricidade por fonte no período de 1996 a 2016, incluída a autoprodução. Nos últimos 20 anos a oferta de eletricidade expandiu a uma taxa média anual de 3,5%, atingindo aproximadamente 580 TWh em 2016.

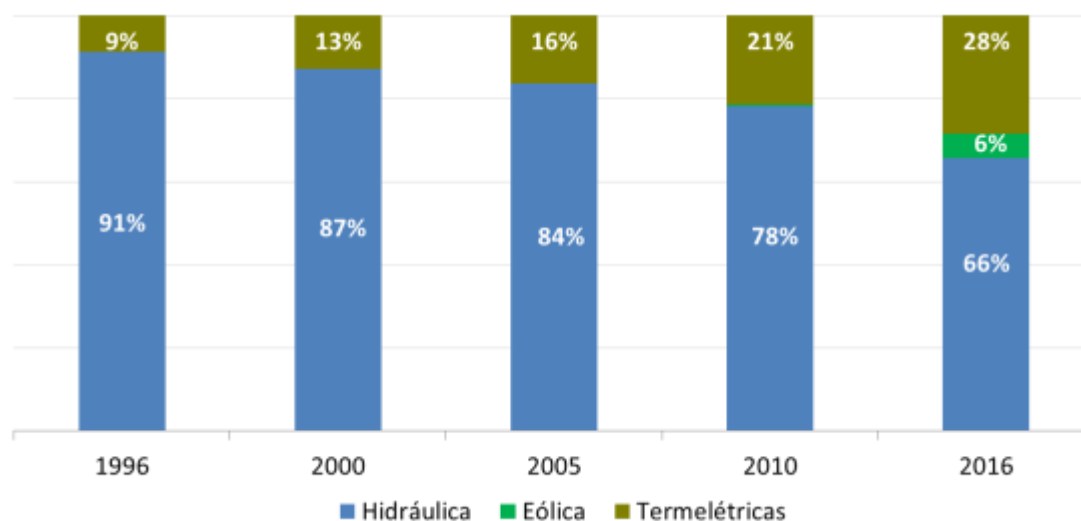
Tabela 8 - Geração de eletricidade (serviço público e autoprodução)

<i>Geração de eletricidade (GWh)</i>	1996	2000	2005	2010	2016
Total	291.246	348.921	403.031	515.799	578.898
Não renováveis	18.755	36.661	51.890	78.787	113.373
Gás natural	974	4.068	18.811	36.476	56.485
Carvão vapor	4.374	7.667	6.353	6.992	17.001
Óleo diesel	3.112	5.588	7.598	8.949	5.443
Óleo combustível	5.102	7.997	3.013	5.267	6.660
Gás de coqueria	429	583	450	1.215	1.042
Outras secundárias	1.115	1.660	1.127	1.899	2.792
Outras não renováveis	1.223	3.052	4.683	3.466	8.085
Urânio contido no UO ₂	2.427	6.046	9.855	14.523	15.864
Renováveis	272.491	312.260	351.141	437.012	465.525
Lenha	669	763	618	1.676	1.970
Bagaço de cana	3.627	3.664	7.661	22.364	35.236
Lixívia	2.273	3.006	4.482	7.168	12.031
Outras renováveis	184	422	830	337	1.804
Eólica	2	1	93	2.177	33.489
Solar	0	0	0	0	85
Hidráulica	265.736	304.403	337.457	403.290	380.911

Fonte: EPE (2017)

Apesar da grande relevância, a fonte hidráulica vem perdendo espaço, enquanto a geração termelétrica expande sua participação na matriz de eletricidade. A participação da eletricidade de origem hidráulica, que era de 91% em 1996 decaiu ao longo do período e chega a 66% em 2016. Em sentido oposto, a participação de fontes termelétricas passa de 9% para 28% no mesmo período, conforme ilustrado no Gráfico 11.

Gráfico 11 - Participação na geração de eletricidade por tipo de fonte

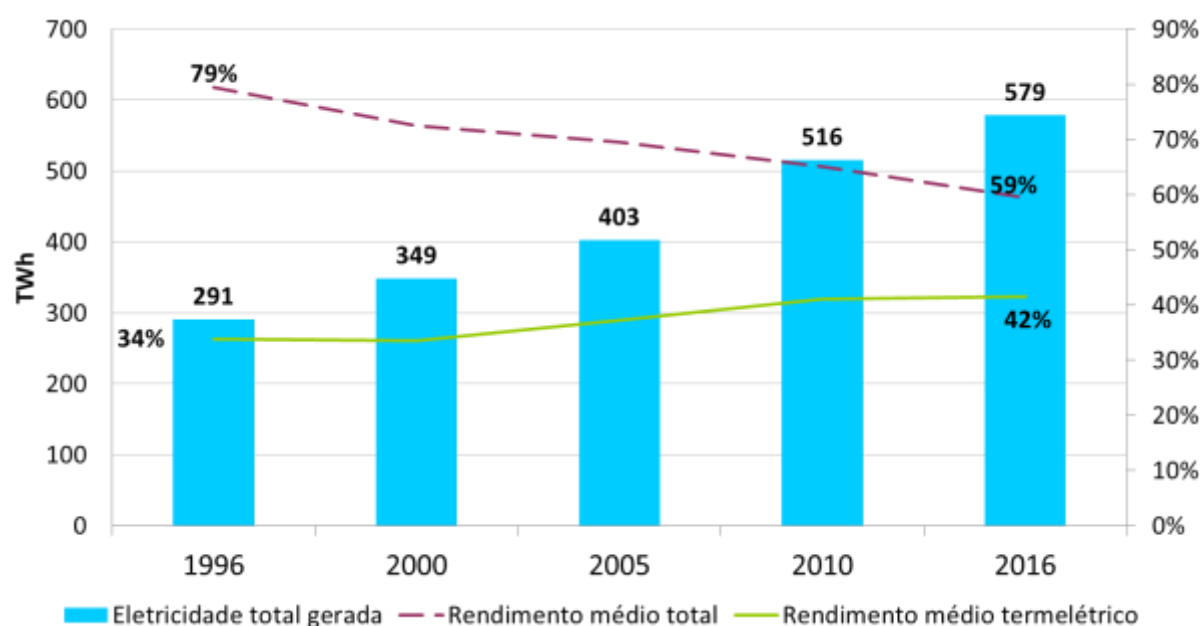


Fonte: EPE (2017, adaptado)

Este movimento indica decréscimo no rendimento médio total da geração elétrica brasileira, ou seja, é necessário disponibilizar mais energia primária por GWh gerado. Apesar desse efeito ter sido suavemente atenuado pela maior expansão da fonte eólica¹² (mostrada anteriormente) e pela melhora do rendimento médio das termelétricas ao longo do período, o rendimento médio total da geração elétrica, que em 1996 foi de 79% (em virtude de 91% de participação da fonte hidráulica), decaiu para 59% em 2016, no Gráfico 12.

¹² Assim como a fonte hidráulica, por convenção, considera-se o rendimento igual a 100%.

Gráfico 12 - Geração elétrica total*, rendimento médio total e rendimento médio termelétrico



*Inclui autoprodução

Fonte: EPE (2017).

A participação da eletricidade autoproduzida na geração total evoluiu de 6% para 17% entre 1996 e 2016. Isto pode significar alguma melhora na redução das perdas técnicas no Sistema Interligado Nacional (SIN), em decorrência da diminuição do uso das redes de transmissão e distribuição. Porém, deve se destacar o alto índice de perdas não técnicas no SIN, devido ao consumo não faturado pelas distribuidoras. O Gráfico 13 ilustra a composição das perdas de 20% no SIN, em 2016.

Gráfico 13 - Perdas e diferenças em 2016

Perdas e Diferenças (2016): 20%



Fonte: EPE (2017).

4. SETOR INDUSTRIAL

4.1 Panorama do setor

Do ponto de vista do consumo final energético, o setor industrial¹³ ocupa a primeira posição, consumindo aproximadamente um terço da energia final para atendimento de seus processos produtivos. A Tabela 9 explicita a evolução da participação da indústria na demanda de energia entre 1996 e 2016, a qual se manteve relativamente estável em uma média de 38%. Nesse horizonte, o consumo final de energia do setor cresceu 58%, de 53 milhões de tep para 84 milhões de tep, uma taxa de crescimento média de 2,3% a.a.

Tabela 9 - Consumo final energético do setor industrial

<i>Setor industrial</i>	<i>1996</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2016</i>
Consumo final do setor [10 ³ tep]	53.379	60.646	72.806	85.567	84.183
Participação no consumo final energético	37,0%	38,6%	39,9%	38,3%	35,0%

Fonte: EPE (2017)

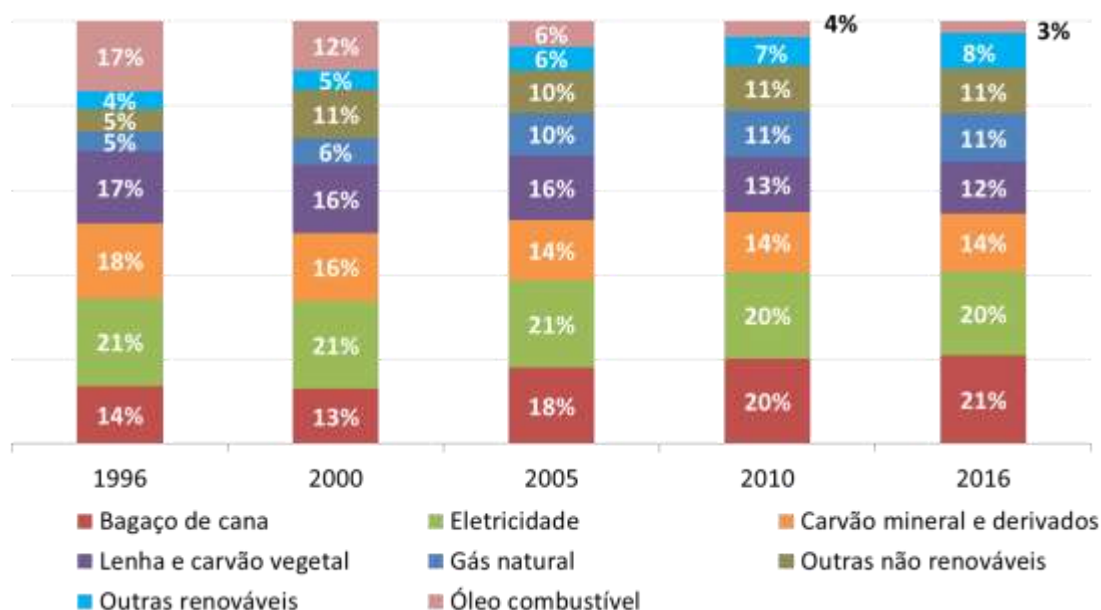
O Gráfico 14 ilustra a evolução das participações das fontes de energia no consumo final energético do setor. Em 1996, as quatro principais fontes da indústria eram, em ordem de relevância, eletricidade (21%), carvão mineral e derivados (18%), lenha e carvão vegetal (17%) e óleo combustível (17%), totalizando 73% do consumo final energético. Já em 2016, as principais fontes foram bagaço de cana (21%), eletricidade (20%), carvão mineral e derivados (14%) e lenha e carvão vegetal (12%), totalizando 67% do consumo final energético.

Nesse período, a matriz energética do setor se alterou de forma significativa, com crescimento da participação de fontes mais limpas como bagaço de cana (+7,1 p.p.), do gás natural (+6,6 p.p.) e outras renováveis¹⁴ (+4,2 p.p.), em detrimento de óleo combustível (-13,8 p.p.) e carvão mineral e derivados (-3,9 p.p.). A participação da eletricidade manteve-se estável, em torno de 20%.

¹³ A fim de garantir a compatibilidade com o Balanço Energético Nacional, neste documento considera-se “Setor Industrial” os setores da indústria (conforme definido pelo IBGE nas Contas Nacionais) exclusive o setor energético. Isto é, exclui indústria extrativa de petróleo e gás natural e carvão, a indústria de transformação de refino de petróleo e gás e biocombustíveis e a indústria de produção e distribuição de eletricidade e gás. Corresponde a 79,3% da indústria total em 2016.

¹⁴ Composta majoritariamente por lixívia.

Gráfico 14 - Setor industrial: consumo final energético por fonte



Fonte: EPE (2017)

O aumento da participação do bagaço de cana e de outras renováveis no consumo industrial está relacionado, como será visto mais à frente, ao ganho de participação do setor de produção de açúcar e de papel e celulose, respectivamente. Já a redução de participação de óleo combustível se deveu, majoritariamente, a substituição dessa fonte na produção de cimento, em sua maioria por coque de petróleo.

Cabe mencionar que, com exceção de óleo combustível (-6,4% a.a.), houve crescimento do consumo de todas as fontes, com destaque para gás natural (6,9% a.a.), outros (6,0% a.a.), outras renováveis (5,9% a.a.) e bagaço de cana (4,5% a.a.).

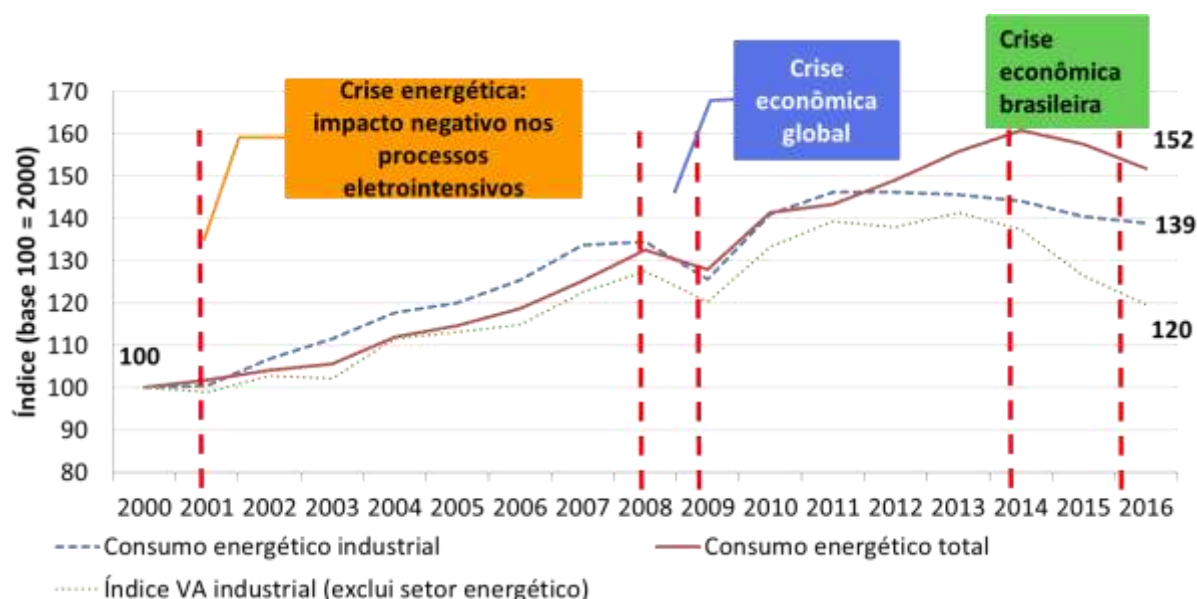
4.2 Evolução do consumo final de energia

Conforme pode ser visto na Tabela 9 considerando o horizonte entre 2000 e 2016, o consumo final de energia no setor industrial avançou a uma média de 1,7% a.a., abaixo do consumo final de energia total (2,6% a.a.), porém acima do crescimento observado para o valor adicionado (VA) Industrial¹⁵ que no mesmo período cresceu, em média 1,1% a.a. (de R\$ 562 bilhões para R\$ 672 bilhões), contra uma taxa média de 2,4% a.a. do PIB brasileiro (de R\$ 2.707 bilhões para R\$ 3.955 bilhões). Esse comportamento reflete, basicamente, o baixo dinamismo econômico que marcou a indústria brasileira nos últimos anos.

¹⁵ A preços fixos de 2010, exclusive setores energéticos mencionados anteriormente.

O Gráfico 15 mostra a evolução do consumo energético industrial e total e do VA industrial no horizonte mencionado. Pode-se observar que o comportamento do consumo final de energia industrial foi fortemente influenciado pelo desempenho econômico do setor industrial no período. Entre 2000 e 2013 há uma tendência de crescimento do consumo e do VA industrial, interrompido nos anos de crise, em 2001 e 2008/2009.

Gráfico 15 - Consumos de energia e PIB da indústria e total Brasil



Fonte: EPE, com dados do BEN/EPE e IBGE.

Em 2001, a crise de racionamento elevou o custo da energia elétrica, o que afetou os setores mais intensivos nessa fonte de forma mais significativa. Em 2008/2009, a crise financeira internacional provocou recessão nas principais economias mundiais e um clima de instabilidade generalizado em função do risco de contágio para as demais economias do globo. A forte redução da demanda externa por produtos brasileiros – com queda de 23% nas exportações em 2009 – combinada ao aumento de juros, das pressões inflacionárias e do ambiente de elevada incerteza, ocasionou a retração do PIB industrial em 5,8% em 2009 e uma queda de 6,6% no consumo final de energia na indústria. Alguns setores energointensivos sofreram forte retração, como ocorreu com a produção da siderurgia, de alumínio e de cimento. Esse quadro adverso durou pouco, e no ano de 2010 houve crescimento de 10,9% do PIB industrial e de 12,3% no consumo final de energia da indústria.

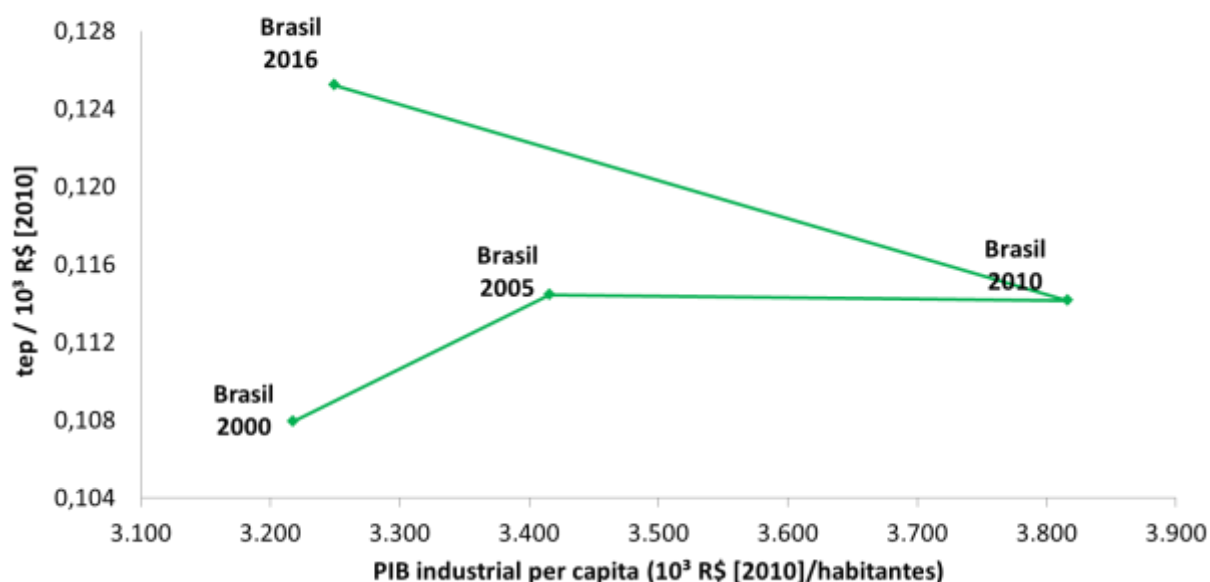
Com o início da crise econômica brasileira, em meados de 2014, a trajetória de crescimento do PIB industrial é interrompida e se inicia um período de retração que perdurou até o fim do horizonte. A existência de um cenário doméstico deteriorado, com forte queda do consumo, de aumento do desemprego, da inflação e dos juros, combinado a uma economia mundial

mais enfraquecida, provocou a redução na produção dos bens industriais nacionais de forma quase generalizada. Cabe destacar que entre 2014 e 2016 o consumo energético industrial caiu de forma menos intensa do que o PIB da indústria. Entre 2014 e 2016 o PIB industrial havia acumulado uma queda de 13%, e enquanto o consumo acumulou variação de -5,6% (de 305,5 milhões de tep em 2014 para 288 milhões de tep em 2016).

O Gráfico 16 ilustra a evolução do indicador de intensidade energética da indústria – medido pela relação consumo final da energia no setor industrial/ PIB da indústria – comparando-o com a evolução do PIB industrial *per capita*, a preços de 2010. No horizonte de 2000 a 2016, a intensidade energética da indústria subiu de 0,108 tep/10³ R\$ para 0,125 tep/10³ R\$, um incremento de 15,7% em 16 anos (0,9% a.a.).

Nesse mesmo período, o PIB industrial *per capita* cresceu em torno de 1,0% (ou 0,06% a.a.). Entretanto, essa evolução pode ser desagregada em dois principais momentos. Entre 2000 e 2013 o PIB industrial *per capita* havia avançado de R\$ 3.217 mil para R\$ 3.938 mil, um crescimento de 22% (1,9% a.a.). Porém, com o advento da crise nacional, o PIB industrial *per capita* recuou para R\$ 3.250, uma queda de 18% em relação a 2013, revertendo boa parte do crescimento dos 13 anos anteriores. Dessa forma, em 2016 a indústria brasileira era consideravelmente mais intensiva em energia do que em 2000, com pouca variação total do PIB industrial per capita.

Gráfico 16 - Intensidade energética e PIB per capita na indústria

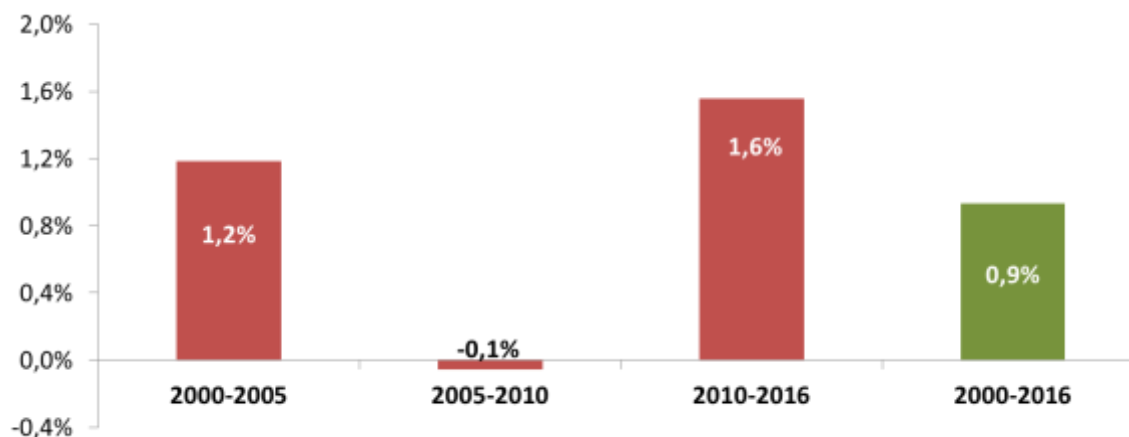


Fonte: EPE, com dados do Balanço Energético Nacional (EPE) e IBGE.

Analisando a evolução da intensidade energética da indústria por períodos de tempos menores, é possível compreender melhor seu comportamento. O Gráfico 17 explicita as

taxas de variação médias da intensidade energética na indústria para intervalos selecionados: 2000-2005, 2005-2010, 2010-2016 e 2000-2016.

Gráfico 17 - Variação da intensidade energética na indústria



Fonte: EPE, com dados do BEN/EPE e IBGE.

Entre 2000 e 2005 a intensidade energética avançou a uma média de 1,2% a.a., saindo de 0,108 tep/10³ R\$ para 0,114 tep/10³ R\$. Como mencionado, os efeitos da crise de racionamento sobre o consumo e o PIB industrial foram breves, e o período foi marcado por uma expansão considerável de ambos. Nesse período, o consumo de energia cresceu 1,2 p.p. acima do PIB industrial, em função do crescimento do consumo de setores mais energointensivos como açúcar, química, ferroligas e siderurgia, impulsionado, no caso do primeiro, pelo aumento da demanda externa, e pela expansão dos setores de construção civil e automotivos nos outros três.

O período que vai de 2005 a 2010 foi marcado por um forte crescimento econômico, com o PIB industrial e o consumo final de energia da indústria crescendo, ambos, a uma taxa média de 3,3% a.a. Como resultado, o indicador de intensidade energética manteve-se estável em 0,114 tep/10³ R\$ (-0,1% a.a.). O impacto da crise financeira global de 2008/2009 sobre o setor de metalurgia básica (energointensivo) gerou paralisação e mesmo a desativação de unidades industriais menos eficientes, reduzindo o consumo energético. Adicionalmente, a entrada de novas plantas de açúcar mais eficientes, como já mencionado, contribuiu para a redução da intensidade energética.

No período seguinte, observou-se nova expansão acentuada da intensidade energética, com crescimento médio de 1,6% a.a., atingindo 0,125 tep/10³ R\$ em 2016. Além dos efeitos adversos da crise econômica de 2014 sobre a indústria manufatureira já mencionados, a escassez de chuvas em 2014/2015 resultou no encarecimento do preço da eletricidade, com impactos relevantes sobre os custos das indústrias intensivas nessa fonte. O setor de

metalurgia básica foi um dos mais impactados, prejudicado, adicionalmente, pela sobreoferta mundial e redução nos preços internacionais de aço bruto e alumínio nos últimos anos, além da redução da demanda interna em função da retração dos setores de construção civil e automotivo, importantes demandantes desses produtos. Tais fatores causaram um aumento no grau de ociosidade no setor da indústria de transformação como um todo, que passou a operar em níveis não ótimos. Nesse período, o PIB industrial caiu a uma taxa média de 1,8% a.a., enquanto o consumo energético da indústria retraiu 0,3% a.a., o que ocasionou o aumento da intensidade energética.

A análise da evolução da intensidade energética de forma agregada deixa de levar em conta os movimentos relevantes ocorridos nos segmentos industriais individualmente. Podemos dividir o setor industrial em dois grandes grupos, de acordo com o consumo final energético: os setores que consomem mais (de acordo com a desagregação disponível no BEN), os quais chamaremos aqui de “setores do BEN” – quais sejam: alimentos e bebidas, mineração e pelletização, química, metais básicos, papel e celulose, têxtil, cimento e cerâmica – e os demais setores, que chamaremos de “outros”. Na Tabela 10 é possível notar que os setores do BEN consumiram cerca de 90% do total do consumo final energético da indústria, atingindo 76,6 milhões de tep em 2016.

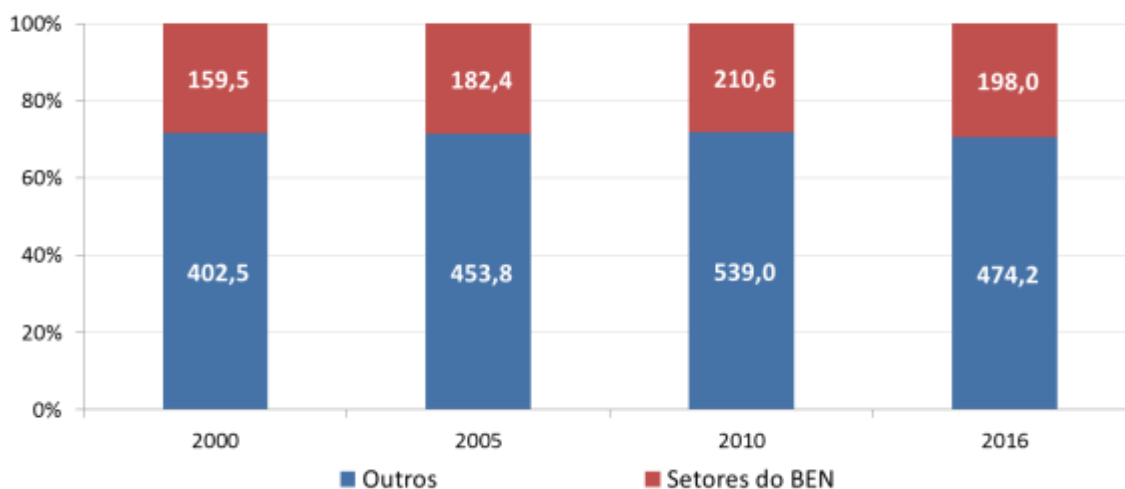
Tabela 10 - Consumo final energético do setor industrial, por grupo

<i>Consumo de energia</i>	1996	2000	2005	2010	2016
Setores do BEN (exceto outros) [10 ³ tep]	49,1	55,3	67	78,4	76,6
Setor Industrial [10 ³ tep]	53,4	60,7	72,8	85,6	84,2
Participação dos Setores do BEN no consumo final energético da indústria	92,0%	91,2%	92,0%	91,6%	91,0%

Fonte: EPE, com dados do BEN/EPE e IBGE.

Entre 2000 e 2016, o consumo energético variou a uma média de 2,1% a.a, enquanto o valor adicionado dos setores do BEN apresentou um crescimento médio de 1,4% a.a., saindo de R\$ 160 bilhões para R\$ 198 bilhões (Gráfico 18).

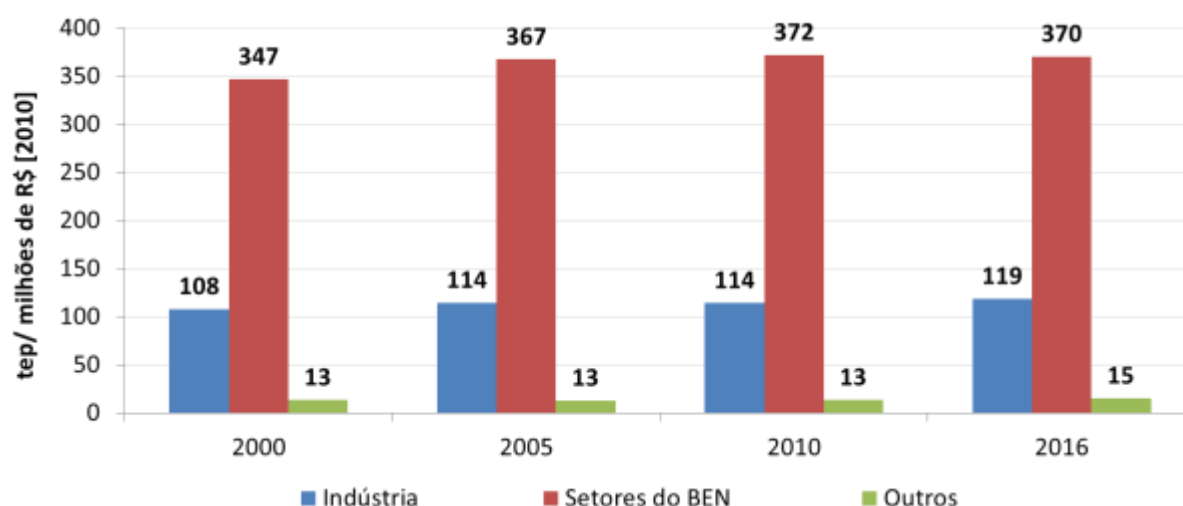
Gráfico 18 - PIB industrial, por grupo (R\$ bilhões de 2010)



Fonte: EPE, com dados do IBGE.

Quando consideramos o peso desses setores no total do PIB da indústria, é possível notar que possuem participação pequena, cerca de 30% no horizonte de 2000 a 2016. Conseqüentemente, os setores do BEN possuem um indicador de intensidade energética bem acima dos demais setores, de 370 tep/10⁶ R\$ em 2016, contra 15 tep/10⁶ R\$ do grupo “outros” (Gráfico 19). Entretanto, em função do grande peso deste último no PIB industrial (cerca de 70%), o indicador de intensidade da indústria agregado se situa bem abaixo da intensidade energética dos setores do BEN, com 119 tep/10⁶ R\$ em 2016.

Gráfico 19 - Intensidade energética da indústria por grupos



Fonte: EPE, com dados do BEN/EPE e IBGE.

A análise agregada do indicador de intensidade energética é limitada para compreender o movimento de ganho ou perda de eficiência dentro dos setores industriais. A seção a seguir

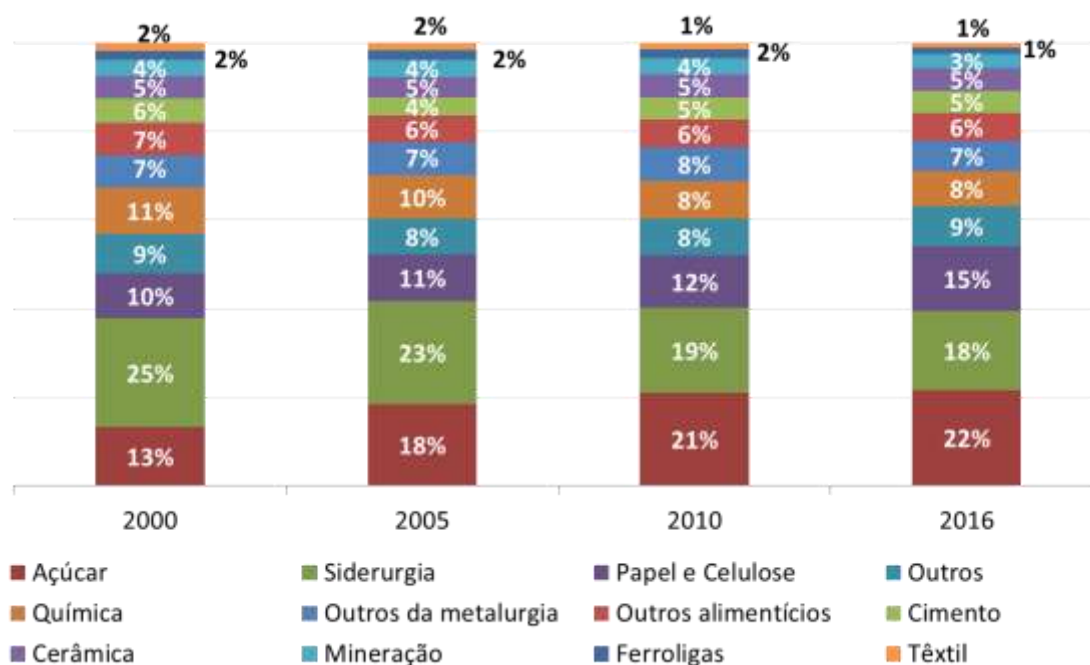
buscará analisar o comportamento por segmento industrial, a fim de melhor elucidar essa questão.

4.3 Evolução do consumo final de energia por segmento industrial

Conforme mencionado anteriormente, os setores do BEN são responsáveis por mais de 90% do consumo final energético da indústria. O Gráfico 20 ilustra a participação dos setores industriais de forma desagregada entre 2000 e 2016. O setor de alimentos e bebidas foi desagregado em açúcar e outros alimentícios, enquanto o setor de metais básicos foi desagregado em siderurgia, ferroligas e outros da metalurgia (o qual inclui alumínio).

Pode-se observar que os maiores consumidores de energia na indústria são os setores de açúcar, siderurgia, papel e celulose, correspondendo a 48% do total em 2000 e a 55% do em 2016. Nesse período, houve redução significativa de participação da siderurgia (-7 p.p.) e da química (-3 p.p.), e, em menor escala, de outros alimentícios (-1 p.p.), mineração e pelletização (-1 p.p.), ferroligas (-1 p.p.), têxtil (-1 p.p.), enquanto cresceu a participação dos setores de açúcar (+9 p.p.), papel e celulose (+5 p.p.). Nesse período, cimento, cerâmica e outros mantiveram-se relativamente estáveis.

Gráfico 20 - Participação dos setores no consumo final de energia da indústria

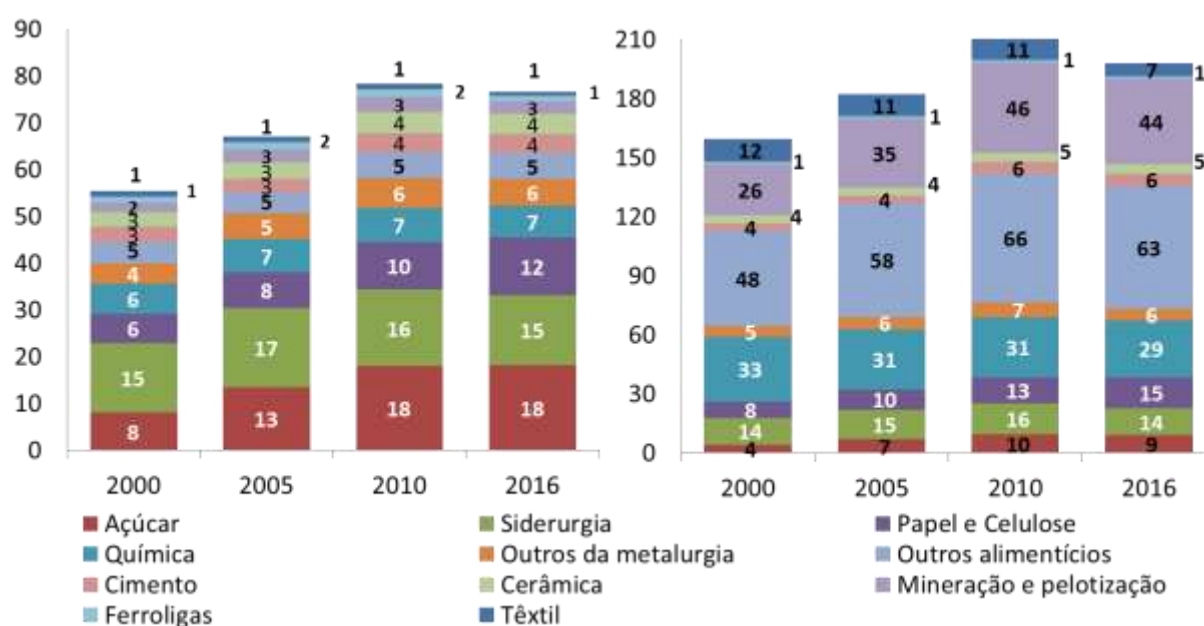


Fonte: BEN/EPE.

O Gráfico 21 permite realizar uma análise da evolução do consumo final de energia e do valor adicionado dos setores do BEN de forma isolada. Entre 2000 e 2016, com exceção de

química (-12%) e têxtil (-42%), todos os setores apresentaram crescimento econômico, com destaque para alimentos e bebidas (36%), mineração e pelotização (65%), papel e celulose (92%) e cimento (55%). Em relação ao consumo energético, apenas têxtil apresentou redução do consumo final energético (-25%), sendo que os setores que mais cresceram seu consumo foram papel e celulose (100%), alimentos e bebidas (85%), outros da metalurgia (50%), mineração e pelotização (50%), cimento (33%) e cerâmica (33%). Alguns setores apresentaram taxas de crescimento econômico acima do crescimento do consumo final energético, como ocorreu com o setor de cimento, ferroligas, mineração e pelotização, outros alimentícios e siderurgia, reduzindo a intensidade energética.

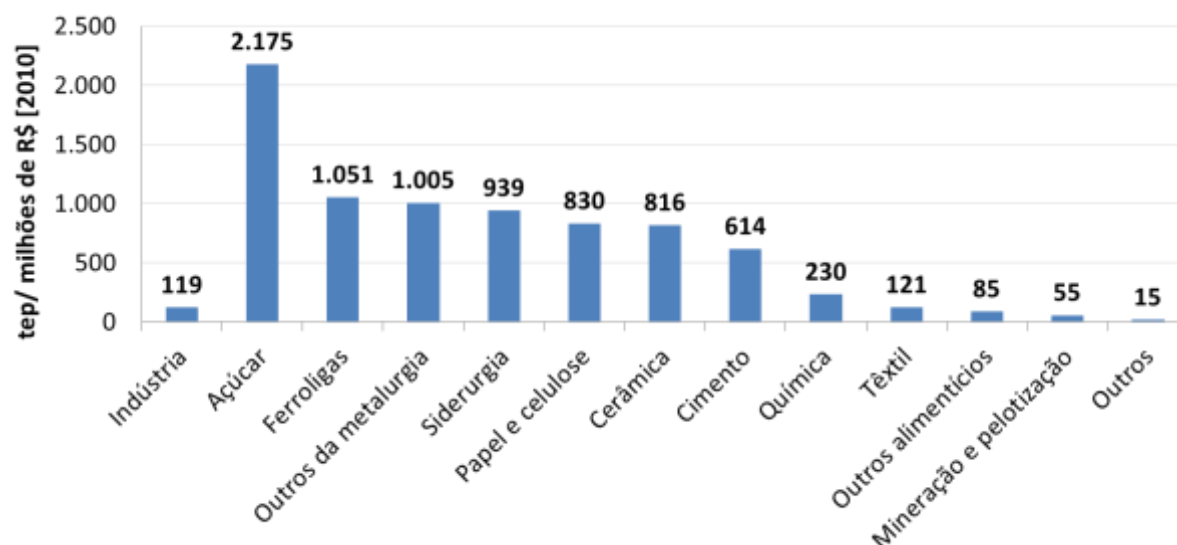
Gráfico 21 - Consumo final de energia e valor adicionado dos setores do BEN



Fonte: EPE, com dados do BEN e do IBGE.

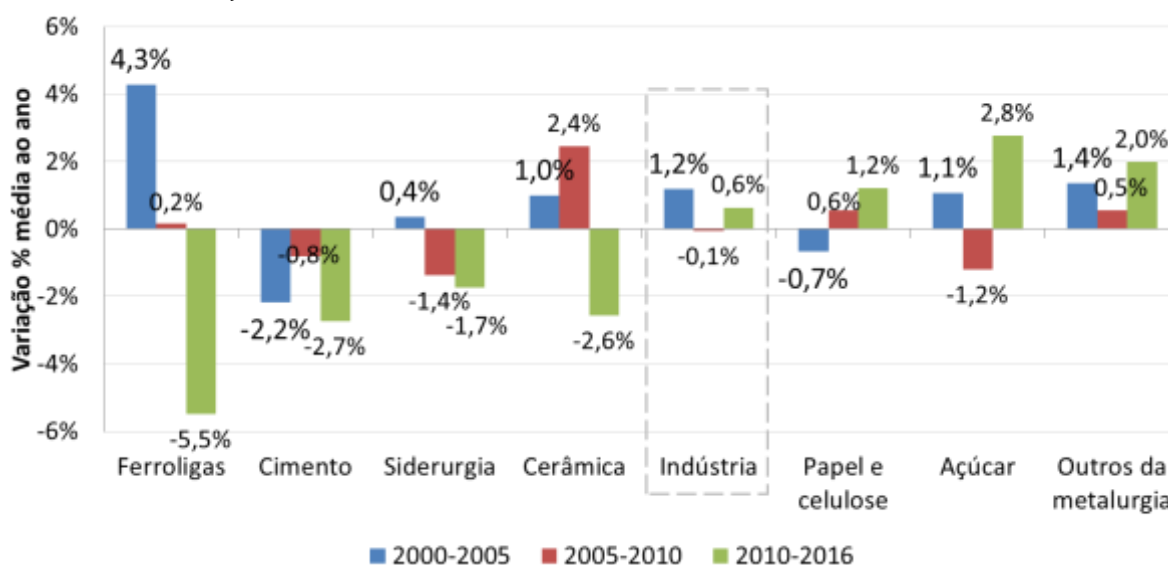
O indicador de intensidade energética dos segmentos da indústria no ano 2016 pode ser visto no Gráfico 22. É possível notar que o setor de açúcar é o mais intensivo (2.175 tep/10⁶ R\$), seguido por ferroligas, outros da metalurgia, siderurgia, papel e celulose, cerâmica e cimento. Os demais setores possuem intensidade relativamente baixa. No Gráfico 23 pode ser vista a variação da intensidade energética entre 2000 e 2016 para os setores industriais mais relevantes em termos de consumo final de energia.

Gráfico 22 - Intensidade energética dos segmentos industriais (2016)



Fonte: EPE, com dados de BEN e IBGE.

Gráfico 23 - Variação da intensidade energética dos segmentos energointensivos



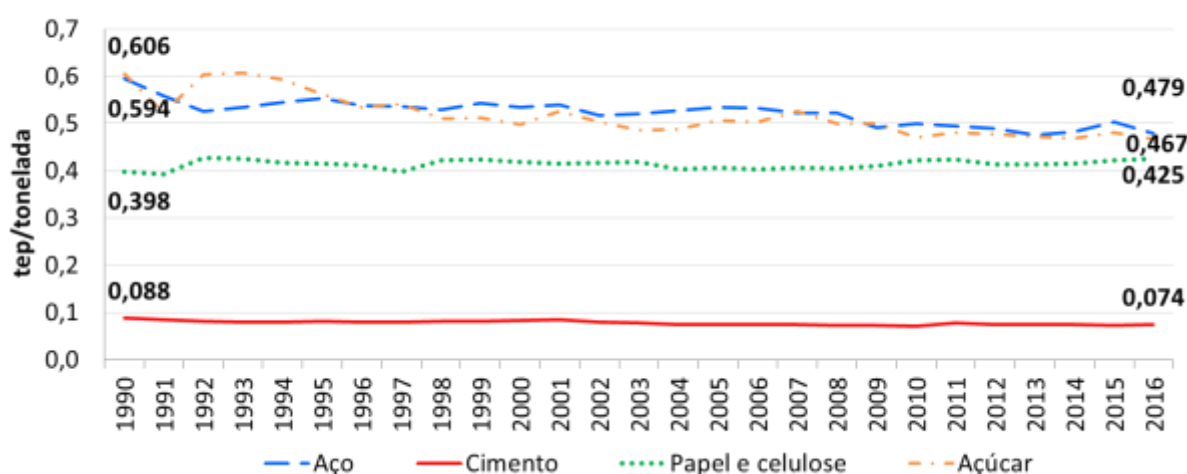
Fonte: EPE, com dados de BEN/EPE e IBGE.

Pode-se notar que o crescimento da intensidade energética da indústria entre 2000 e 2005 foi influenciado pelo aumento da intensidade nos setores de ferroligas, cerâmica, açúcar e outros da metalurgia (em especial alumínio). Entre 2005 e 2010, o crescimento de intensidade no setor de cerâmica foi compensado pela queda nos setores de cimento, siderurgia e açúcar, contribuindo para a estabilidade do indicador da indústria (-0,1%). Entre 2010 e 2016, a intensidade da indústria indicou crescimento suave, com aumento de intensidade nos setores de papel e celulose, açúcar e outros da metalurgia se sobrepondo à redução nos setores de ferroligas, cimento, siderurgia e cerâmica.

Outra forma possível de analisar os ganhos ou perdas em termos de eficiência energética é através do indicador de consumo energético específico, medido pela relação consumo final de energia/produção física, isto é, quanto é consumido de energia em tep para produzir uma tonelada de produto. O Gráfico 24 ilustra a evolução do consumo energético específico entre 1990 e 2016 para quatro setores industriais de grande relevância no consumo de energia: aço, cimento, papel e celulose e açúcar.

Com exceção de papel e celulose, todos os setores apresentaram redução do consumo específico ao longo do horizonte. Cabe mencionar que o setor de ferroligas e cerâmica, de grande intensidade energética, não possuem dados suficientes para análise em termos de consumo específico, enquanto alumínio, embora bastante representativo nesse indicador (1,67 tep/t em 2015), possui dados apenas para alguns anos, não sendo possível analisar de forma aprofundada sua evolução.

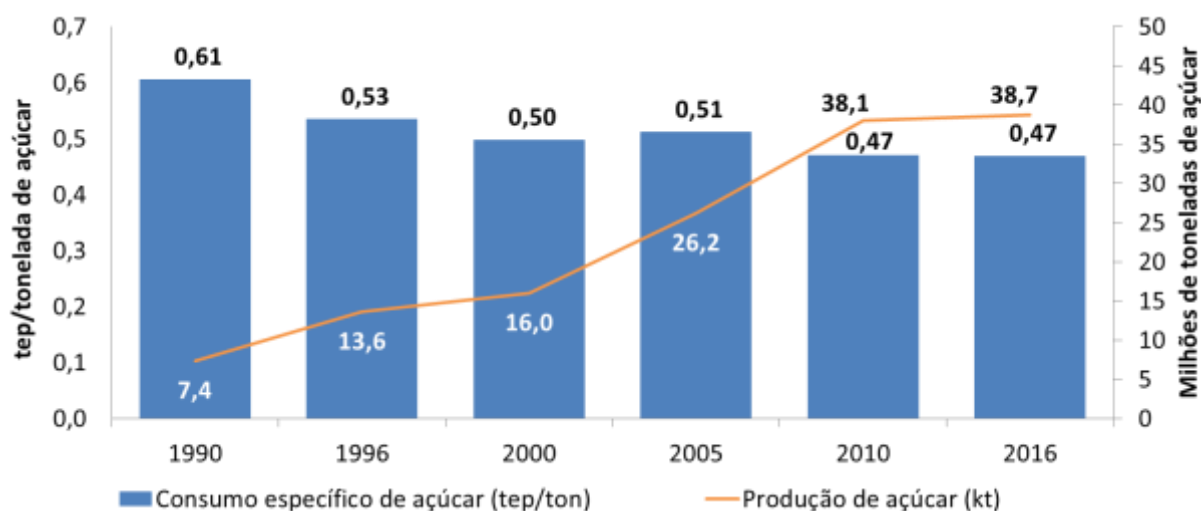
Gráfico 24 - Consumo específico de setores selecionados



Fonte: EPE, com dados do BEN/EPE, IABr, SNIC Ibá e ÚNICA.

O consumo energético específico para produção de açúcar, conforme Gráfico 25, reduziu 23% de 1990 a 2016. Entre 2005 e 2010, a queda deveu-se principalmente a investimentos em novas plantas e na modernização de plantas existentes, com favorecidos por incentivos dos governos federal e estaduais, com ganhos estruturais de eficiência energética. Entre 2010 e 2016 o setor sucroalcooleiro passou por uma crise, e a produção de açúcar, que vinha crescendo a ritmo acelerado (média de 8,6% por ano entre 1990 e 2010), teve crescimento mínimo neste período. O fechamento de usinas menos competitivas contribuiu para reduzir apenas marginalmente o consumo específico do açúcar.

Gráfico 25 - Consumo energético específico na indústria de açúcar

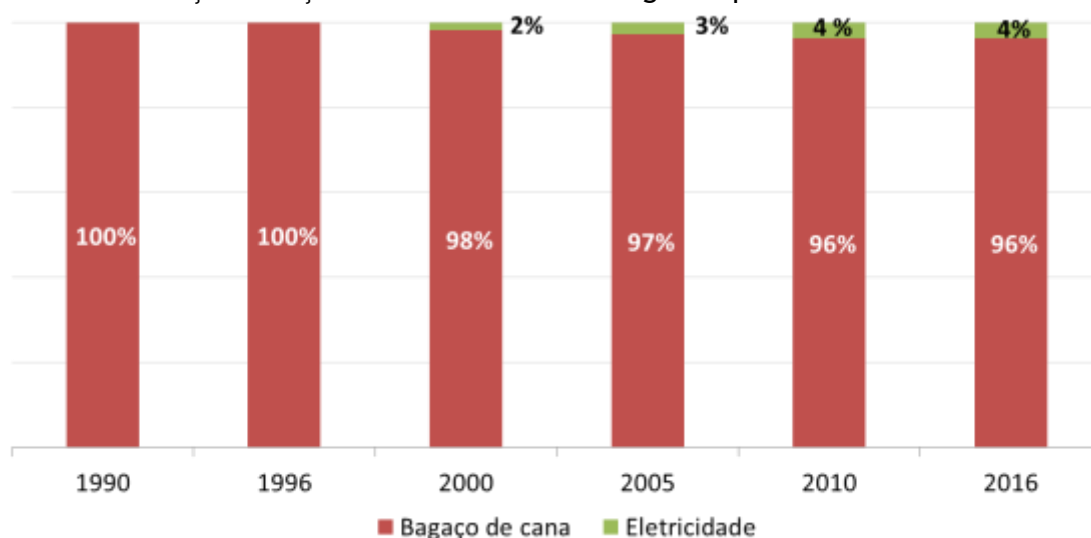


Fonte: EPE, com dados do BEN/EPE e UNICA.

A matriz energética da indústria de açúcar pode ser observada no Gráfico 26. O setor utiliza bagaço em sistemas de cogeração para geração de vapor e eletricidade que serão usados no processo. Com o crescente aumento da pressão das caldeiras, é necessário menos combustível para atender à demanda energética da indústria de açúcar (sendo possível exportar eletricidade para a rede).

O consumo específico de bagaço por produção de açúcar vem caindo, enquanto o consumo específico de eletricidade para produção de açúcar vem aumentando. Isso se reflete crescente participação da eletricidade na matriz energética do segmento.

Gráfico 26 - Produção de açúcar: consumo final energético por fonte

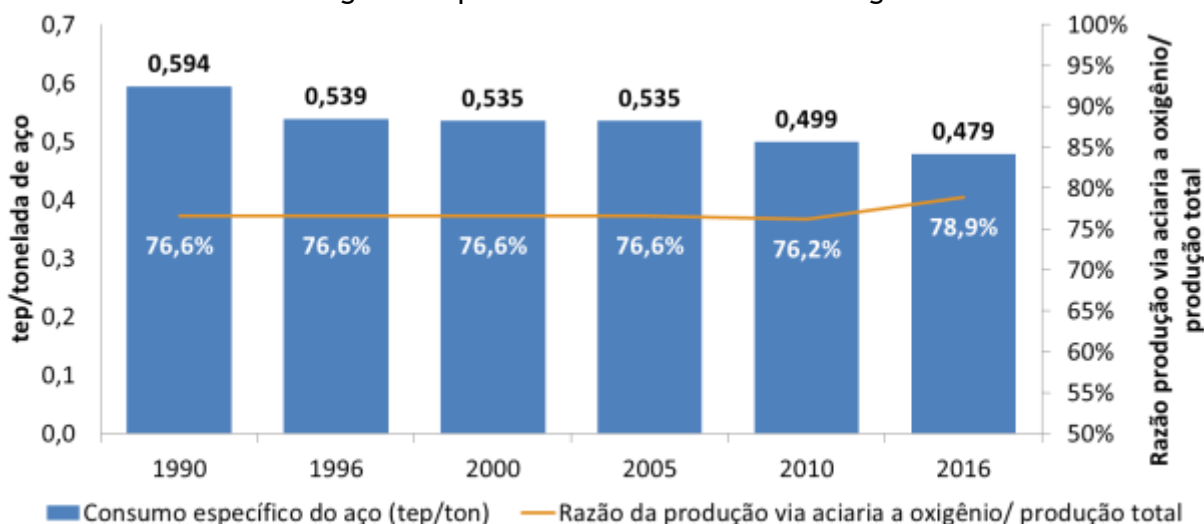


Fonte: BEN/EPE.

No Gráfico 27 é possível observar a evolução do consumo específico da indústria siderúrgica. Em 1996 era necessário 0,539 tep para produzir uma tonelada de aço, montante que caiu para 0,479 tep/t em 2016 (-11,1%).

A redução do consumo específico da siderurgia ao longo desse horizonte se deve, em parte, à efficientização dos processos provenientes de investimentos em modernização das plantas antigas, assim como à entrada de novas unidades com elevado padrão tecnológico.

Gráfico 27 - Consumo energético específico na indústria de siderurgia

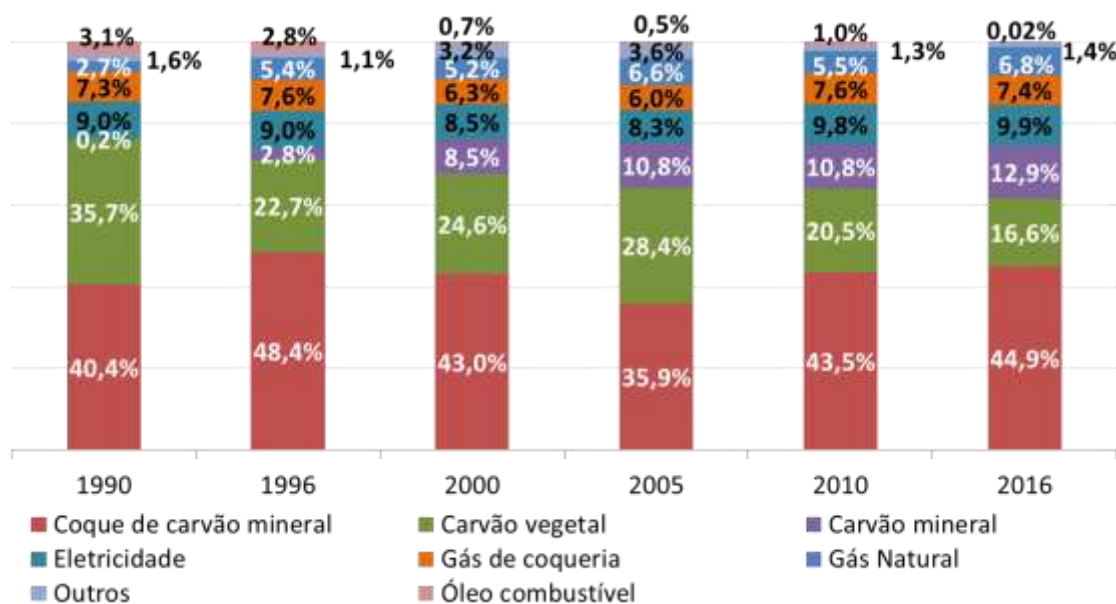


Fonte: EPE, com dados do BEN/EPE e IABr.

A queda mais acentuada entre de 2010 e 2016 em relação ao histórico está relacionada ao crescimento da participação relativa da produção de aço das novas plantas (mais eficientes) frente às antigas, cujas produções foram significativamente reduzidas nos últimos anos em função da crise econômica no país e da queda nos preços internacionais do aço bruto. Cabe destacar que a redução do consumo específico ocorreu mesmo com a elevação da participação da produção proveniente de aciarias a oxigênio no total da produção, de 76,6% em 1990 para 78,9% em 2016, as quais são mais energointensivas.

Em relação à matriz energética da siderurgia, observa-se no Gráfico 28 que o coque de carvão mineral e o carvão vegetal são os principais energéticos utilizados. Além do uso energético, o coque e o carvão vegetal são utilizados como redutor no alto forno, e o uso de um ou de outro é uma questão tecnológica. Em função da menor competitividade da tecnologia com carvão vegetal, a expansão da siderurgia foi maior com o uso de coque e com aciarias elétricas, e portanto se observa redução da participação do carvão vegetal na matriz.

Gráfico 28 - Produção siderúrgica: consumo final energético por fonte

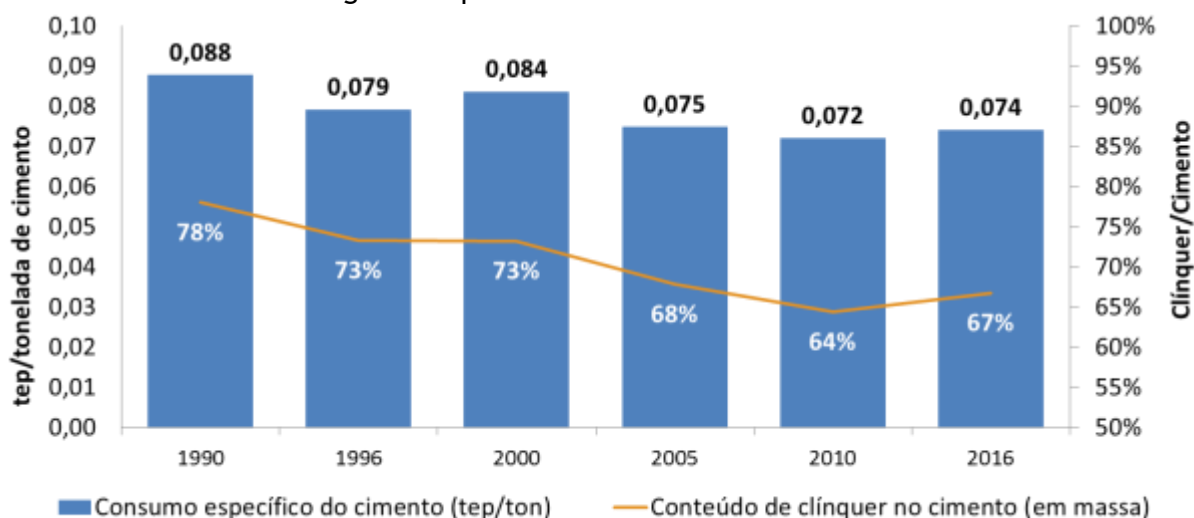


Fonte: BEN/EPE.

Com relação ao cimento, houve redução de 16% no seu consumo específico entre 2000 e 2016, saindo de 0,088 tep/t para 0,074 tep/t (Gráfico 29). Esse ganho de eficiência está, em boa parte, relacionado à participação do clínquer na composição do cimento, que vem reduzindo historicamente.

O clínquer é um componente básico do cimento e sua produção é energointensiva, e demanda a maior parte da energia térmica do processo. Na produção de cimento mistura-se ao clínquer algumas adições, de acordo com os percentuais máximos permitidos, as quais podem ser subprodutos de outras atividades e matérias-primas alternativas, como escórias provenientes de siderúrgicas, cinzas de termelétricas e fíler calcário (SNIC, 2008). O Uso de adições permite reduzir a participação de clínquer na produção de cimento e, conseqüentemente, reduzir o consumo energético sem necessariamente alterar o nível de produção.

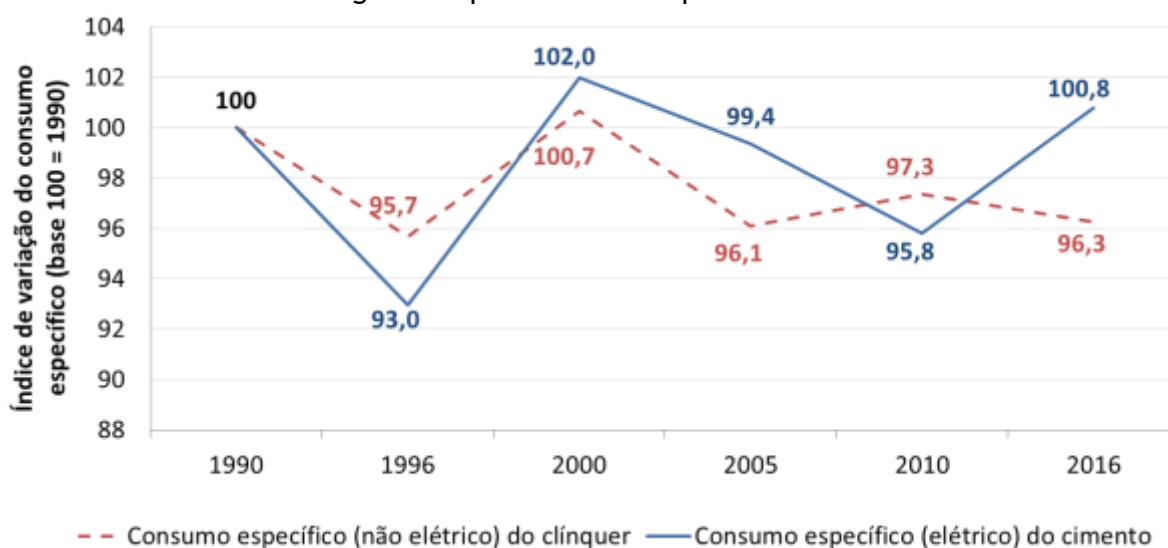
Gráfico 29 - Consumo energético específico na indústria de cimento



Fonte: EPE, com dados do BEN/EPE e SNIC.

O Gráfico 30 permite avaliar, separadamente, o consumo específico não elétrico (basicamente térmico) relativo à produção de clínquer e o consumo específico elétrico advindo da produção de cimento. Observa-se que o consumo específico do clínquer oscilou ao longo de todo horizonte, mas com uma leve tendência de queda, sobretudo a partir de 2000. Entre 1990 e 2016 o consumo específico variou em -3,7% (De 0,100 tep/t para 0,096 tep/t). A redução no consumo (não elétrico) do clínquer deve-se também à substituição ao longo dos anos da produção com a tecnologia via úmida para a via seca com pré-aquecedores e pré-calcinadores mais eficientes.

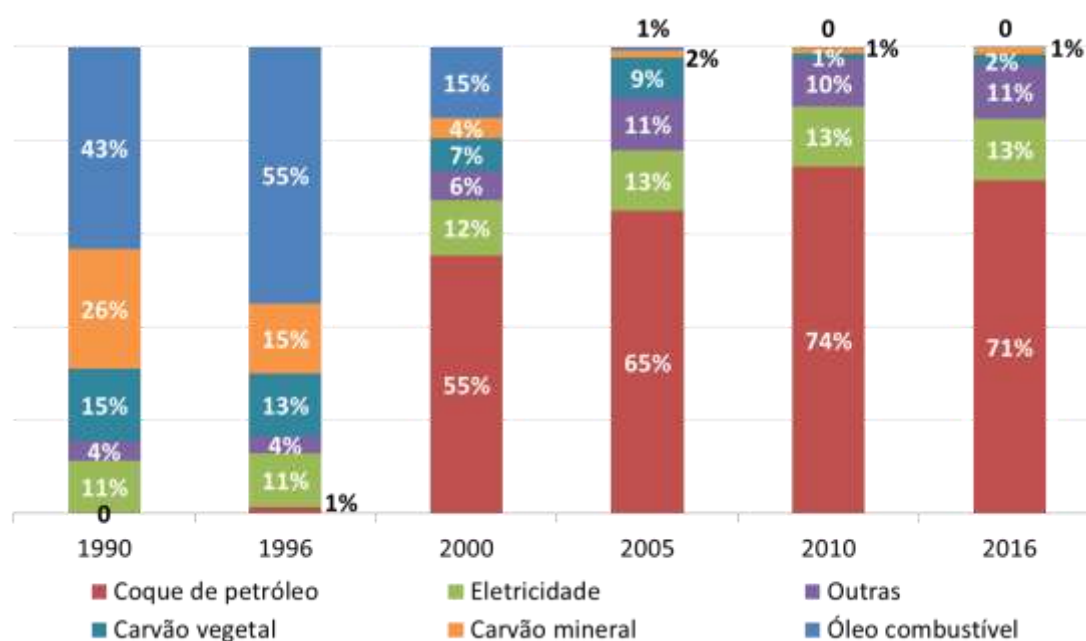
Gráfico 30 - Consumo energético específico do clínquer e do cimento



Fonte: EPE, com dados do BEN/EPE e SNIC.

Em relação ao cimento, a redução contínua do consumo específico entre 2000 e 2010 (-6,1%) está relacionada às melhorias realizadas no setor nesse período, com investimento em máquinas mais eficientes. Com a crise brasileira, em meados de 2014, a retração da indústria de construção civil impactou sobremaneira a indústria de cimento, com o volume de produção acumulando queda de 19% em 2016, em relação à produção física de 2014. Em função disso, o setor operou com alto nível de ociosidade nos últimos anos, contribuindo para o aumento do consumo específico em 2016, a um patamar próximo ao valor de 1990 (0,0098 tep/t).

Gráfico 31 - Produção de cimento: consumo final energético por fonte



Fonte: BEN/EPE.

A matriz energética da indústria de cimento, ilustrada no Gráfico 31, sofreu mudanças ao longo do tempo. Até 1979 o óleo combustível era o principal combustível consumido, mas com o segundo choque do petróleo e a elevação dos preços no mercado internacional, a indústria de cimento e o governo federal assinaram um acordo para reduzir a demanda por derivados de petróleo – o chamado Protocolo do Carvão. E em poucos anos o óleo combustível foi substituído por carvão vegetal e mineral. Com o sucesso do programa, o país passou a exportar óleo combustível, e então a Petrobras voltou a oferecer óleo combustível a preços competitivos para a indústria de cimento.

A partir de 1997 foi dispensada a exigência de anuência prévia para a importação de derivados de petróleo pela indústria brasileira, através de Portaria do extinto Departamento

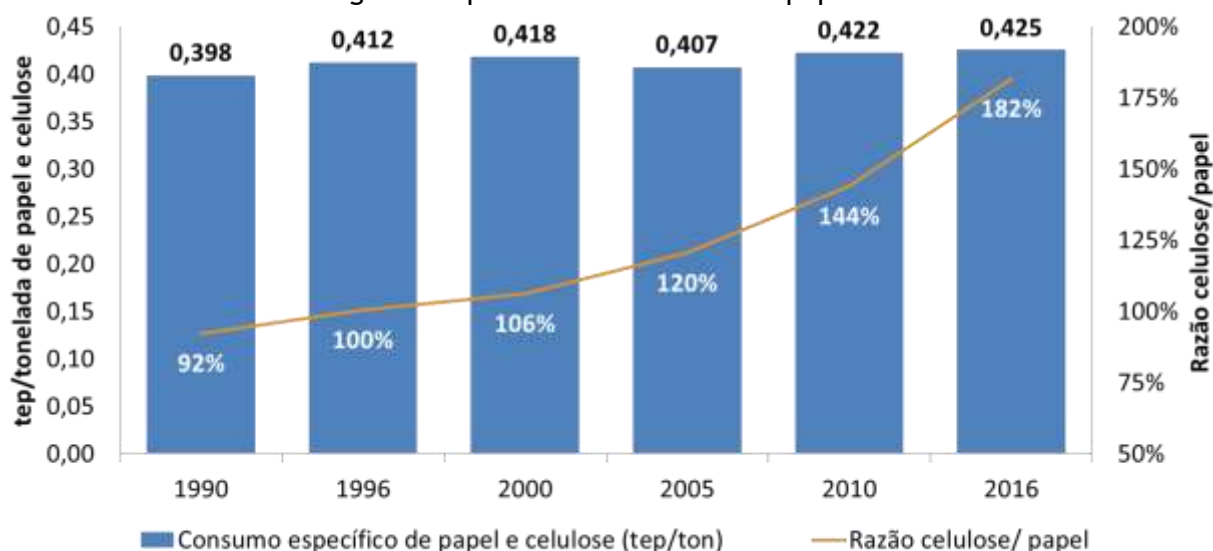
Nacional de Combustíveis. A partir disto, o setor começou a importar e consumir coque de petróleo, em função do baixo preço e garantia de abastecimento.

Portanto, observa-se no Gráfico 31 que até 2000 o óleo combustível, carvão mineral e vegetal predominavam, e após 2000 o coque de petróleo passou a ser o principal combustível. A partir de 2000 também é possível observar a crescente participação de combustíveis alternativos (outras), principalmente de coprocessamento de resíduos.

A indústria de papel e celulose (Gráfico 32) apresentou um comportamento do consumo específico bastante irregular, porém com tendência de crescimento. Em 1990 o consumo específico era 0,398 tep/t, atingindo 0,418 tep/t em 2000 e 0,425 tep/t em 2016, um crescimento total de 6,8% no horizonte.

Uma possível explicação para esse comportamento é a relação entre produção de celulose e produção de papel, que veio aumentando consideravelmente nos últimos vinte e seis anos, de 92% em 1990 para 182% em 2016. A fabricação de celulose é mais energointensiva do que a produção de papel e vem crescendo a ritmo acelerado (4,8% ao ano, em média, entre 2010 e 2016), impulsionada pelo bom posicionamento do produto nacional no mercado global, devido a sua alta competitividade. Atualmente, o Brasil é o maior exportador mundial de celulose (FAO, 2017) e em 2016 o país exportou quase 70% da celulose produzida (Ibá, 2017). O mesmo não acontece com a produção de papel, que cresceu apenas 0,8% ao ano, em média, no mesmo período.

Gráfico 32 - Consumo energético específico na indústria de papel e celulose



Fonte: EPE, com dados do BEN/EPE e Ibá.

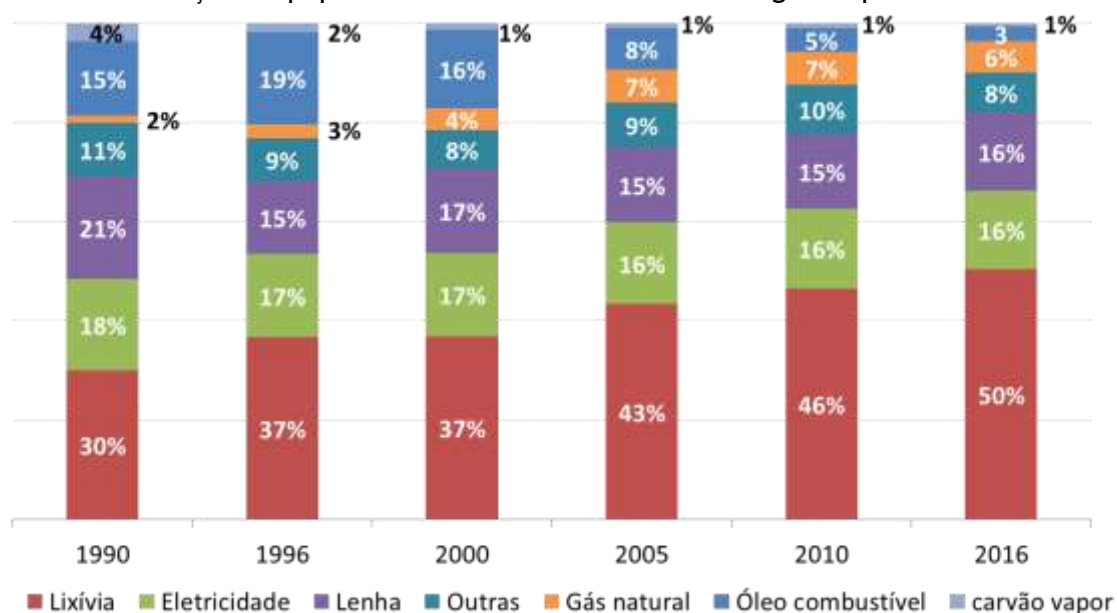
Assim, apesar de ter havido melhorias no processo produtivo ao longo dos anos, esta evolução é compensada pela entrada em operação de novas plantas de celulose, que,

apesar de serem referência mundial em termos de competitividade, aumentaram o consumo específico do setor como um todo. Como visto anteriormente, entre 2000 e 2016, o setor aumentou sua fatia no consumo final energético total da indústria, partindo de 10% para 15%.

A matriz energética do setor produtor de papel e celulose pode ser vista no Gráfico 33. Em 2016, 74% da demanda energética da indústria de papel e celulose foi atendida com energia renovável, principalmente com lixívia, cavacos e resíduos de madeira. A lixívia, ou licor negro, é um fluido resultante do processo de produção da celulose, que quando queimada em caldeiras resulta na geração de energia e recuperação de elementos químicos. Os cavacos e resíduos de madeira estão associados à madeira que chega às fábricas como matéria prima para produção de celulose, e são amplamente utilizados na indústria de celulose. A produção em fábricas de papel (não integradas) utiliza um mix energético menos renovável e mais eletrointensivo.

A maior participação relativa entre a produção de celulose e a produção de papel contribuiu para aumentar a participação da lixívia na matriz do setor.

Gráfico 33 - Produção de papel e celulose: consumo final energético por fonte



Fonte: BEN/EPE.

Dessa forma, quando se analisa a eficiência energética nos setores da indústria nos últimos anos, tanto em termos de intensidade energética quanto de consumo específico, observamos movimentos nas duas direções. Alguns setores lograram reduzir seu consumo específico e sua intensidade energética, como ocorreu com cimento e siderurgia, enquanto

outros aumentaram, sendo o caso de papel e celulose, química e outros da metalurgia. O Setor de açúcar mostrou resultados conflitantes quando se analisa a intensidade energética e o consumo específico, com aumento no primeiro e redução no segundo, mesmo quando se considera o horizonte entre 2000 e 2016.

4.4 Impactos de mudanças estruturais

O crescimento da indústria foi diferente em cada período, alguns setores cresceram mais que outros resultando em mudanças na participação dos setores no valor agregado e no consumo da indústria, e que a intensidade energética dos setores também variou.

O Gráfico 34 apresenta a decomposição da variação do consumo energético da indústria em efeito atividade, estrutura e intensidade.

Entre 2000 e 2010 o consumo energético da indústria aumentou principalmente em função do aumento da atividade industrial. Entre 2014 e 2016 a indústria apresentou queda na atividade, levando à redução do consumo de energia.

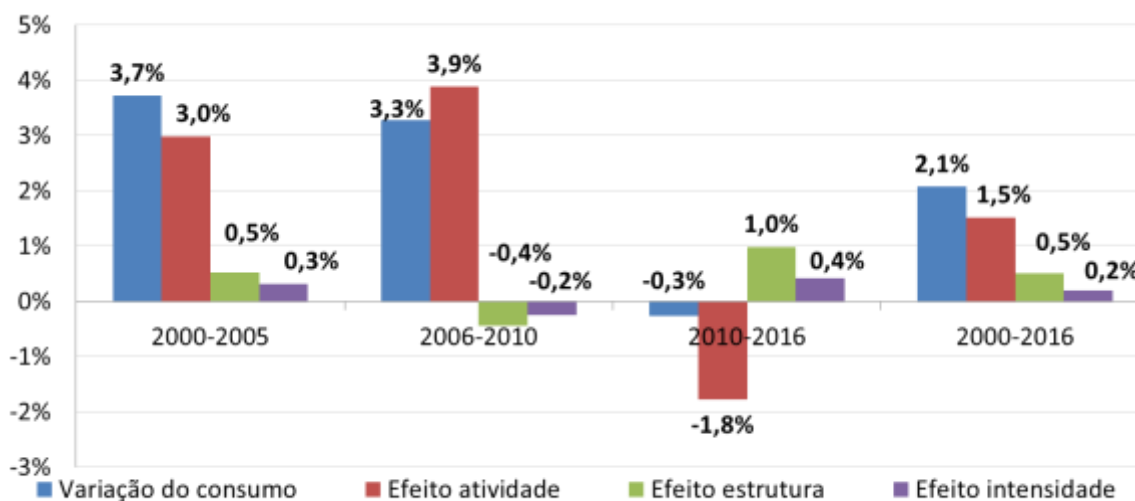
O efeito intensidade levou ao aumento do consumo entre 2000 e 2005 e entre 2011 e 2016, e a uma pequena redução entre 2006 e 2010. Cabe ressaltar que o aumento da intensidade não necessariamente significa que a indústria ficou menos eficiente, pois fatores como alteração na estrutura dos segmentos influenciaram na intensidade.

As alterações na estrutura da indústria levaram ao aumento do consumo entre 2000 e 2005 e entre 2011 e 2016 (maior participação de energointensivos) e redução do consumo entre 2006 e 2010 (menor participação dos energointensivos).

Entre 2006 e 2010, o crescimento abaixo da média dos segmentos da siderurgia e ferroligas, ambos energointensivos, resultou em efeito estrutura que reduz o consumo energético.

Já entre 2011 e 2016, enquanto a maioria dos setores apresentou contração com a recessão da indústria, o setor de papel e celulose apresentou crescimento expressivo, aumentando sua participação relativa e contribuindo para o aumento do consumo na indústria, por ser energointensivo.

Gráfico 34 - Decomposição da variação do consumo energético na Indústria (2000 a 2016)



Fonte: EPE, com dados do BEN/EPE e IBGE.

4.5 Indicador ODEX

O indicador ODEX é um índice de conservação de energia que considera a variação de indicadores de consumo e pondera em relação ao peso no consumo. No caso da indústria, foi considerado o consumo específico para os segmentos da siderurgia, papel e celulose, cimento e açúcar, e intensidade energética para os segmentos de outros alimentícios, têxtil, química, cerâmica, ferroligas, outros da metalurgia, mineração e outras indústrias, em função da disponibilidade de informações.

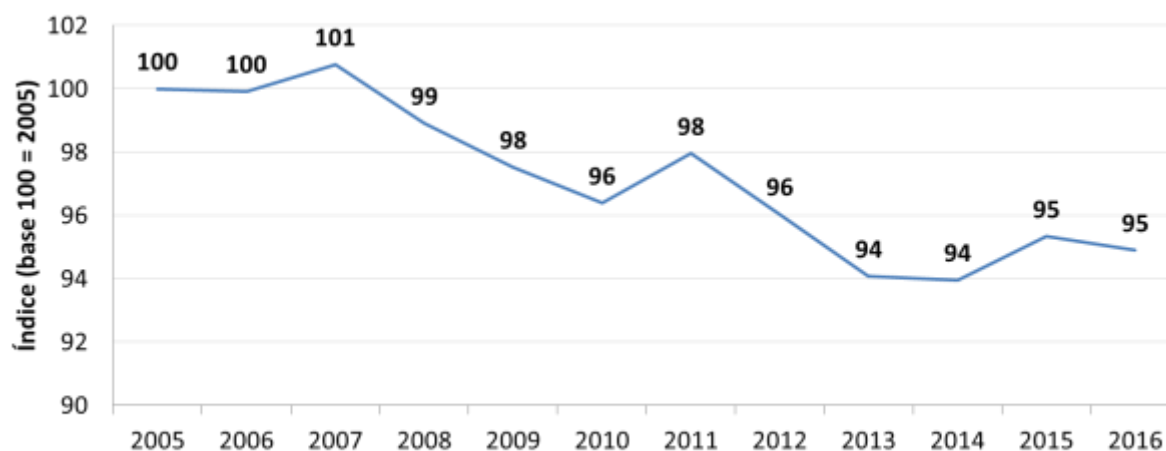
A vantagem do uso do ODEX é que este diminui a influência do efeito estrutura, ou seja, a maior participação de um segmento industrial mais energointensivo não influencia no indicador.

Seria ideal que não fosse utilizado o valor agregado, e sim a produção física para todos os segmentos, e inclusive estratificar alguns subsegmentos. Porém, faltam informações de produção física e de consumo energético neste nível de desagregação.

No caso de segmentos industriais mais heterogêneos, como é o caso da química e das ferroligas, por exemplo, o indicador ainda pode ser influenciado pela variação da estrutura dos subsegmentos. Com a maior participação de subsegmentos mais energointensivos, o indicador tende a aumentar, mesmo que isto não signifique uma perda de eficiência.

O Gráfico 35 mostra o ODEX para o setor industrial.

Gráfico 35 - ODEX do consumo de energia do setor industrial



Fonte: EPE

Em 2016 o ODEX da indústria foi de 95, ou seja, 5% menor que o ODEX em 2005, com redução média de 0,5% a.a. Os segmentos que contribuíram para a redução do ODEX foram: outros da metalurgia, ferroligas, mineração, siderurgia, açúcar, cimento e química. Já os segmentos de outras indústrias, têxtil, outros alimentícios, cerâmica e papel e celulose se tornaram mais energointensivos neste período.

Observa-se um aumento do indicador entre 2014 e 2015, influenciado principalmente pelos setores siderúrgico, de açúcar, papel e celulose e outras indústrias. Neste período o Brasil passa por uma crise econômica, com queda de 8,1% do VA da indústria, e alguns segmentos operavam com capacidade ociosa, fora do ponto ótimo. Nos setores de açúcar e siderurgia, o consumo específico aumentou entre 2014 e 2015, mas em 2016 voltou ao patamar de 2014, com a saída de plantas menos competitivas.

5. SETOR AGROPECUÁRIO

5.1 Panorama do setor

A agropecuária é um dos setores que apresenta menor consumo relativo de energia no Brasil, superando somente os segmentos comercial e público. O período decenal, entre os dois últimos Censos Agropecuários, realizados pelo IBGE, ficou marcado por aumento da produção agrícola e pecuária estimulado pela ampliação do consumo interno e pela ampliação do mercado externo. Nesse período entre 1996 e 2006, em especial a partir de 1999, o PIB do agronegócio começou a crescer significativamente (CEPEA, 2017).

De 1996 a 2000, houve uma pequena redução percentual na participação do setor agropecuário apesar do discreto crescimento em termos absolutos. Já entre os anos 2000 e 2016, a participação relativa do setor agropecuário na matriz energética brasileira apresentou um decréscimo de 5,1% para 4,3% (Tabela 11), embora o consumo final energético em valores absolutos apresente um crescimento médio anual de 1,7%, passando de 7.288 mil tep em 1996 para 10.291 em 2016.

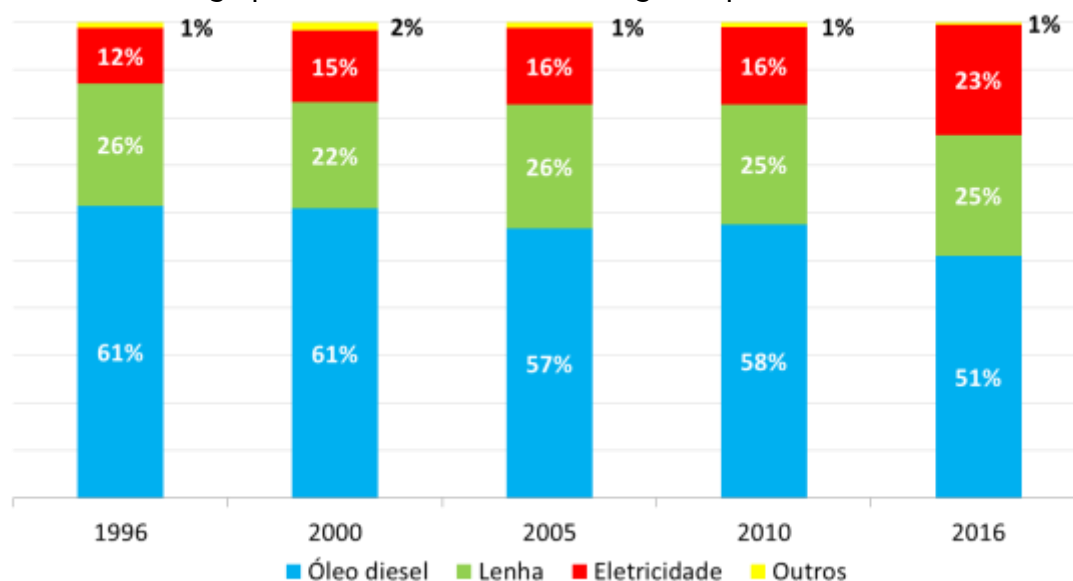
Tabela 11 - Consumo final energético do setor agropecuário

<i>Setor agropecuário</i>	<i>1996</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2016</i>
Consumo final do setor [10 ³ tep]	7.288	7.322	8.361	10.029	10.291
Participação no consumo final energético	5,1%	4,7%	4,6%	4,5%	4,3%

Fonte: EPE (2017).

De acordo com o Gráfico 36, a demanda de energia no setor agropecuário é basicamente restrita a três energéticos: o óleo diesel, a eletricidade e a lenha. Outros energéticos, como o GLP, carvão vegetal e óleo combustível apresentam participação bastante pequena nos últimos 20 anos. O etanol hidratado começou a ter seu uso contabilizado a partir de 2006 e tem uso restrito, geralmente, atrelado aos aviões de pequeno porte utilizados na aplicação de defensivos agrícolas.

Gráfico 36 - Setor agropecuário: consumo final energético por fonte.



Fonte: BEN/EPE.

O diesel se destaca como principal energético do setor agropecuário nacional, com participação de 51% em 2016. Este consumo final energético está diretamente correlacionado à frota de máquinas agrícolas¹⁶ do setor. Tendo em vista os incrementos da área plantada de cultura de grãos e da mecanização das lavouras, houve, necessariamente, um aumento da frota agrícola e incremento no consumo de diesel. Essa ampliação da frota se verifica fortemente com a elevação do patamar de vendas de máquinas agrícolas que ao longo desse período chegou a aumentar mais de 8 vezes em 2013. O gráfico a seguir (Gráfico 37) indica a trajetória das vendas de máquinas agrícolas desde 1996:

¹⁶ As máquinas e os implementos agrícolas são projetados para realizar a execução de operações em diversas fases do cultivo (correção e preparo do solo, plantio, trato cultural, colheita e pós-colheita) e devem ser utilizadas de acordo com as suas características e com as necessidades do plantio.

Gráfico 37 - Evolução de vendas das máquinas agrícolas.



Fonte: ANFAVEA (2017).

Na pecuária, o aumento da intensificação da criação dos rebanhos também tem como resultado a necessidade do desenvolvimento de culturas agrícolas para servirem como ração para o rebanho, com isso também há necessidade de aumento da frota de máquinas agrícolas.

Nota-se que o volume consumido de diesel se relaciona com a área por tipo de sistema de produção (extensivo, semi-intensivo e intensivo) e as unidades produzidas anualmente em escala de produção de carcaça, isto é, para os sistemas mais intensificados há maior consumo de óleo diesel devido ao uso de outras culturas na suplementação alimentar do rebanho, e também pela pecuária apresentar, em geral, alta tecnificação¹⁷.

O consumo de lenha, por exemplo, ainda se deve basicamente a sistemas de secagem de grãos, nas produções agrícolas, e para aquecimento, na atividade pecuária. Na última década a lenha teve participação crescente, de 22% em 1996 para 25% do total em 2016.

A eletricidade é consumida basicamente em dois sistemas: os sistemas de irrigação (na agricultura) e os sistemas de refrigeração (na pecuária).

Na matriz energética do setor isto se reflete no incremento de 847 mil tep em 1996 para 2.387 mil tep em 2016, ampliando a sua participação de 12% para 23%, respectivamente, e

¹⁷ É a otimização dos processos produtivos e o desenvolvimento de novos produtos através da aplicação de novas tecnologias a fim de obter uma produção mais rentável e competitiva em relação ao mercado externo.

configurando a eletricidade como a terceira principal fonte de energia do segmento. Em decorrência da expansão de culturas a regiões antes não adaptadas, há um crescente aumento pela demanda de diversos implementos agrícolas, dentre os quais os recursos hídricos para irrigação. Na pecuária os crescentes números de unidades de refrigeração para a produção de leite e unidades frigoríficas para abate dos rebanhos são as principais demandas elétricas.

5.2 Evolução do consumo final de energia

Na última década, o agronegócio foi responsável por cerca de 30% do PIB e a atividade agropecuária cresceu a taxas superiores às taxas de crescimento da economia do país. Isto foi consequência de um aumento da produtividade agrícola, da ampliação do efetivo de rebanhos¹⁸ e da crescente demanda internacional por alimentos.

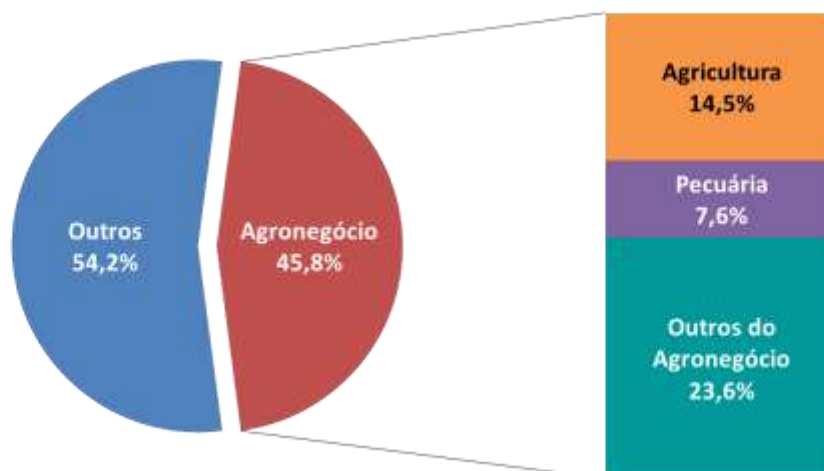
Percebe-se que este setor vem obtendo ganhos de produtividade, em parte, associados a ganhos de eficiência energética. Segundo dados do Censo Agropecuário do IBGE, em 2006, a área dos estabelecimentos agropecuários abrangia cerca de 334 milhões de ha, isto é, 42% da área nacional. Desse total, atualmente, parte das principais culturas (soja, milho e cana-de-açúcar) já tem algum nível de mecanização¹⁹ no plantio e/ou na colheita.

E apesar do histórico recente positivo, a evolução do valor adicionado (preço) das *commodities* nas últimas décadas em um cenário econômico internacional de menor crescimento da produção e a desaceleração da demanda mundial do segmento de agronegócio, notadamente da China, pode vir a gerar efeitos adversos para a agricultura e a pecuária brasileira, sendo esse o principal mercado de destino de suas exportações.

¹⁸ Com base nos dados do IBGE da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), entre 1996 e 2015, o efetivo de rebanhos, em cabeças (que inclui bovinos, suínos-total e galináceos-total) cresceu a taxa em torno de 3% a.a.

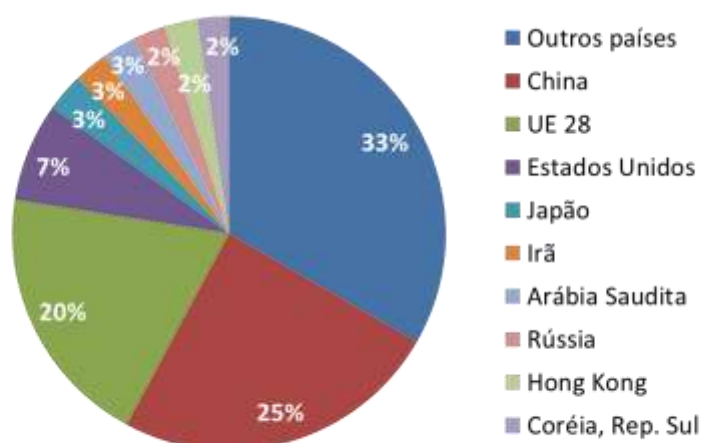
¹⁹ Segundo Censo Agropecuário do IBGE (2006), a cana e o milho apresentavam maior percentual de colheita mecânica exclusiva, a soja naquele período ainda era colhida de forma mista (manual e mecânica). Estima-se hoje que em alguns estados com relevo e topografia adequados à mecanização das lavouras de cana-de-açúcar, o índice de mecanização pode ultrapassar 70% (Conab,2017).

Gráfico 38 - Exportações do agronegócio por segmento em 2016



Fonte: EPE (elaborado a partir de dados CEPEA/2016).

Gráfico 39 - Países destino das exportações do agronegócio em 2016



Fonte: EPE (elaborado a partir de dados CEPEA/2016).

Os rumos da política agrícola dos últimos anos, baseados na capacidade do setor de superar os efeitos adversos das crises econômicas internas e internacionais e visando o cumprimento de suas funções tradicionais de abastecimento do mercado interno, geração de divisas e de energia renovável, tem buscado assegurar aos produtores rurais as condições necessárias à expansão de suas atividades e à elevação de sua competitividade, com maior inserção no mercado internacional.

Nesse sentido, segundo informado no Plano Agrícola e Pecuário - PAP 2016/17 vigente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) visa aperfeiçoar o Zoneamento

Agrícola de Risco Climático (ferramenta de suporte que utiliza metodologia reconhecida pela comunidade científica e validada pela Embrapa) e o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural, que são os instrumentos de gestão de riscos baseados em informações climáticas associadas às exigências das plantas e características dos solos, com o intuito de minimizar a vulnerabilidade da atividade agropecuária frente a riscos catastróficos, sobretudo aqueles oriundos de fenômenos climáticos adversos). Além dessa ferramenta e do programa, atualmente, há outras iniciativas públicas relevantes que possibilitam a minimização do consumo de combustíveis, a redução de emissão de GEE e eficientização dos sistemas produtivos no geral.

Tabela 12 - Histórico de programas de incentivo ao setor agropecuário nos PAPs

Programas dos Planos Agrícola e Pecuário (PAPs)	Objetivos
ABC (Agricultura de Baixo Carbono)	Reduzir emissão de GEEs na agricultura financiando: recuperação de áreas e pastagens degradadas, implantação e ampliação de sistemas de integração lavoura-pecuária-florestas, correção e adubação de solos, implantação de práticas conservacionistas de solos, implantação e manutenção de florestas comerciais, implantação de agricultura orgânica, recomposição de áreas de preservação permanente ou de reserva legal e outras práticas que envolvem produção sustentável e culminem em baixa emissão de gases causadores do efeito estufa.
MODERAGRO	Visa a modernização e a conservação dos recursos naturais, fomenta a produção, o beneficiamento, a industrialização, o acondicionamento e o armazenamento de produtos da agricultura e da pecuária. ²⁰
MODERINFRA	Incentiva a irrigação e a produção em ambiente protegido, financia os investimentos relacionados aos sistemas de irrigação, inclusive infraestrutura elétrica e reserva de água, e aquisição, implantação e recuperação de equipamentos e instalações para proteção de cultivos inerentes à olericultura, fruticultura, floricultura, cafeicultura e produção de mudas de espécies florestais.
MODERFROTA	Busca a modernização da frota e financia tratores agrícolas, implementos associados e colheitadeiras, além de pulverizadores autopropelidos e equipamentos (preparo, secagem e beneficiamento de café), além de itens usados (tratores e colheitadeiras com idade máxima de 8 a 10 anos isolados ou associados com sua plataforma de corte, pulverizadores autopropelidos, plantadeiras e semeadoras usados com idade máxima de 5 anos, revisados e com certificado de garantia emitido por concessionário autorizado).
INOVAGRO	Incentivo à inovação tecnológica na produção agropecuária, apoio os investimentos necessários à incorporação de inovação tecnológica nas propriedades rurais, visando aumento da produtividade, adoção de boas práticas agropecuárias e de gestão da propriedade rural e inserção competitiva dos produtores rurais nos diferentes mercados consumidores. Financia, desde que vinculados aos seus objetivos, a implantação de sistemas para geração e distribuição de energia alternativa (eólica, solar e biomassa) exclusivamente para consumo próprio, compatível com a demanda energética da atividade.

Fonte: EPE (elaborado a partir de dados MAPA/Conab).

O histórico recente do consumo de diesel, de eletricidade e de lenha, principalmente, se contrapõem a tais objetivos de redução do consumo de combustíveis e refletem que ainda não se alcançou esse patamar de desenvolvimento agropecuário no país. Resultados

²⁰ Inclui apicultura, aquicultura, avicultura, chinchilicultura, cunicultura, floricultura, fruticultura, palmáceas, olivicultura, produção de nozes, horticultura, ovinocaprinocultura, pecuária leiteira, pesca, ranicultura, sericultura e suinocultura, ações relacionadas a defesa animal, particularmente.

satisfatórios nesses programas podem modificar a tendência do consumo final energético agrícola e pecuário no futuro.

O consumo de eletricidade, por exemplo, exclusivamente relacionado ao sistema agropecuário no âmbito rural é bastante relevante, em torno de 70%, e apresenta uma trajetória semelhante em termos de consumo por ano (GWh/ano). A partir desses dados é possível criar um indicador de valor adicionado sobre o consumo de eletricidade tanto no setor rural como exclusivamente para o consumo de energia elétrica no setor agropecuário.

Tabela 13 - Demanda elétrica do setor rural

Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Brasil (GWh) Agropecuário	14.893	16.166	16.491	17.061	17.262	17.761
% consumido em GWh do Agropecuário/Rural - TOTAL	71%	70%	70%	66%	67%	65%
Brasil (GWh) Rural - TOTAL	21.027	22.952	23.455	25.671	25.899	27.267

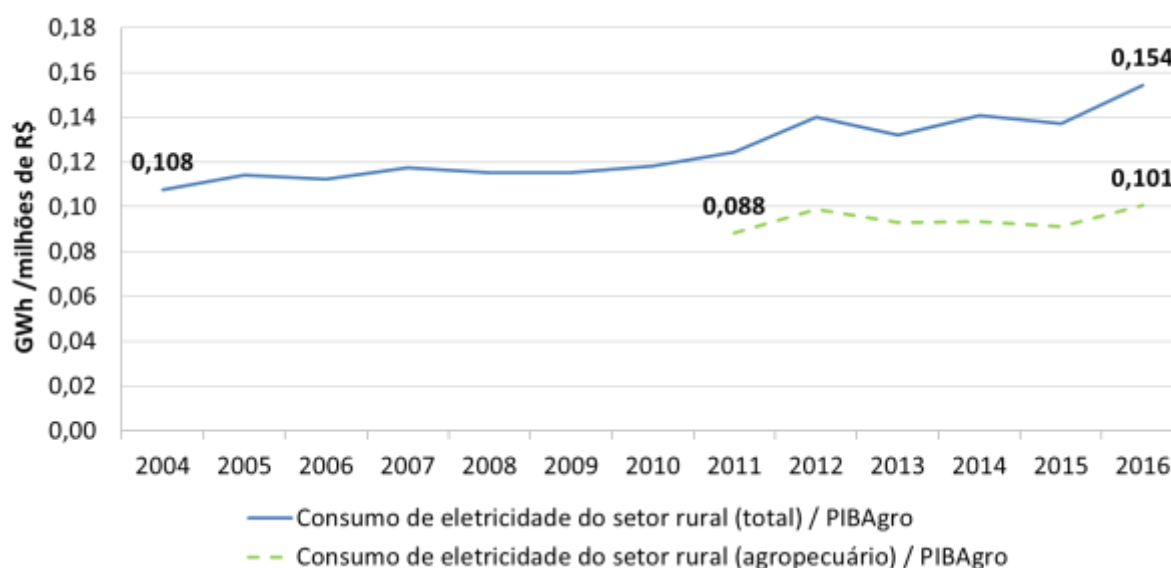
Fonte: EPE.

A partir desses dados é possível criar um indicador de valor adicionado sobre o consumo de eletricidade tanto no setor rural como exclusivamente para a demanda elétrica no setor agropecuário.

Dado que o setor agropecuário responde por cerca de 70% do consumo de energia elétrica em relação ao setor rural total²¹ e muito embora sua participação caia ligeiramente ao longo deste período, podemos notar conforme abaixo no Gráfico 40 que o agropecuário é o responsável por ditar a tendência do indicador do perfil de consumo de eletricidade. E apresenta-se em uma trajetória ascendente de maior crescimento entre os anos de 2011 e 2016. Exatamente, no período em que o país foi impactado pela crise mundial, esse aumento evidencia que pelo lado da demanda há um aumento de consumo de eletricidade associado ao crescimento da agropecuária, porém baseado em produtos de menor valor agregado que no histórico nacional.

²¹ Conforme definição da classe rural na Resolução 414/2010 da Aneel, inclui além do agropecuário, outros setores como rural residencial, cooperativa de eletrificação rural, agroindustrial, serviço público de irrigação, escola agrotécnica e aquicultura.

Gráfico 40 - Indicador do perfil de consumo de eletricidade no setor rural (agropecuário e total) pelo PIB agropecuário



Fonte: EPE.

5.3 Evolução do consumo final de energia por segmento

5.3.1 Agricultura

O aumento expressivo da produção agrícola no Brasil é mostrado na Tabela 14 e se deu basicamente pelo melhor manejo e desenvolvimento de cultivos mais adaptados às condições climáticas brasileiras.

Contudo, parte do aumento dessa produtividade foi consequência do aumento da mecanização das culturas agrícolas. Já o crescimento do cultivo em áreas não adaptadas aumentou a necessidade de áreas irrigadas para manutenção dessa tendência de crescimento de produtividade.

Tabela 14 - Evolução da safra de itens selecionados

Produção [10^3 t]	1996	2000	2005	2010	2016*	$\Delta\%$ a.a. (2016/1996)
Cana-de-açúcar	317.106	326.121	422.957	717.464	657.184	3,7%
Milho	29.653	32.321	35.113	55.364	97.712	6,1%
Soja	23.167	32.821	51.182	68.756	114.075	8,3%
Arroz	8.652	11.135	13.193	11.236	12.328	1,8%
Trigo	3.293	1.726	4.659	6.171	5.186	2,3%

*dados preliminares para as safras 2016/2017

Fonte: IBGE (2016)/ Conab (2017).

A cultura agrícola que apresentou maior evolução desde 1996 foi a soja, com crescimento médio anual de 8,3%. O milho aparece em segunda posição, com aumento de 6,1% ao ano. Cana de açúcar, trigo e arroz completam a tabela, com +3,7%, +2,3% e +1,8% ao ano, respectivamente.

Neste ponto cabe uma avaliação acerca da efficientização dos processos agrícolas no Brasil, ao longo das últimas duas décadas. Essas principais culturas mostradas na tabela anterior apresentaram ritmo de crescimento de suas safras superior ao incremento na demanda de energia do setor agropecuário.

Assim, é natural deduzir que houve efficientização energética no segmento agrícola nacional, especialmente nas duas maiores lavouras: cana-de-açúcar e soja. Concomitantemente, constata-se que houve incremento de produtividade no campo, fato que também contribui para a redução da demanda de energia nas etapas de plantio, desenvolvimento da safra e colheita.

Tabela 15 - Indicador agrícola: produtividade agrícola de itens selecionados

<i>Indicadores Agrícolas [t/ha]</i>	<i>1996</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2016*</i>	<i>Δ% a.a. (2016/1996)</i>
Cana-de-açúcar	65,6	66,8	72,7	78,3	72,6	0,5%
Milho	2,4	2,6	2,9	4,3	5,6	4,3%
Soja	2,2	2,4	2,2	2,9	3,4	2,1%
Arroz	2,6	3,0	3,3	4,0	6,2	4,4%
Trigo	1,8	1,1	2,0	2,8	2,7	2,0%

* dados preliminares para as safras 2016/2017

Fonte: IBGE (2016)/ Conab (2017).

O indicador de produtividade (tonelada/área plantada) é analisado na Tabela 15 e é um importante indicador para compreensão das culturas que melhor absorveram o melhoramento genético e a mecanização no campo.

Nesta forma de análise, a cana e a soja perdem a liderança para arroz e milho, cujos indicadores de produtividade incrementaram 4,4% e 4,3% ao ano ao longo de vinte anos. Em terceiro lugar, a soja cresceu 2,1% e o milho, em quarto lugar, subiu 2,0% anualmente. Completando a relação temos a cana-de-açúcar, com médias anuais de +0,5%. Então, entende-se que as expansões das safras de cana, soja e trigo se deram muito mais por aumento de área plantada do que por evolução da produtividade.

5.3.2 Pecuária

Assim como na agricultura, o aumento da produtividade de proteína animal é consequência de melhor manejo dos rebanhos e melhores práticas zootécnicas, resultado de pesquisas da Embrapa²². A pecuária exige o uso da terra, de recursos naturais e energéticos.

A Tabela 16 registra a evolução temporal dos rebanhos bovino, suíno e de frangos no Brasil. Destes, a avicultura é a atividade que apresenta maior crescimento, com média de 3,1% ao ano. A pecuária aparece em segundo lugar com aproximadamente 218 milhões de cabeças de gado bovino em 2016, ou seja, crescimento de 37,8% em duas décadas. A suinocultura está na terceira posição, com incremento anual médio inferior a 2,0%.

Como os rebanhos bovino, suíno e de aves representaram, juntos, 98,5% do total de rebanhos (em cabeças) no ano de 2016 foram considerados como relevantes para a avaliação das correlações de demanda de energia neste segmento.

Tabela 16 - Evolução de rebanhos selecionados

<i>Efetivos dos Rebanhos [milhões de cabeças]</i>	<i>1996</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2016</i>	<i>Δ% a.a. (2016/1996)</i>
Bovinos	158,3	169,9	207,2	209,5	218,2	1,6%
Suínos	29,2	31,6	34,1	39	40,0	1,6%
Aves	728,1	842,7	999	1.238,9	1.352,3	3,1%

Fonte: IBGE (2017).

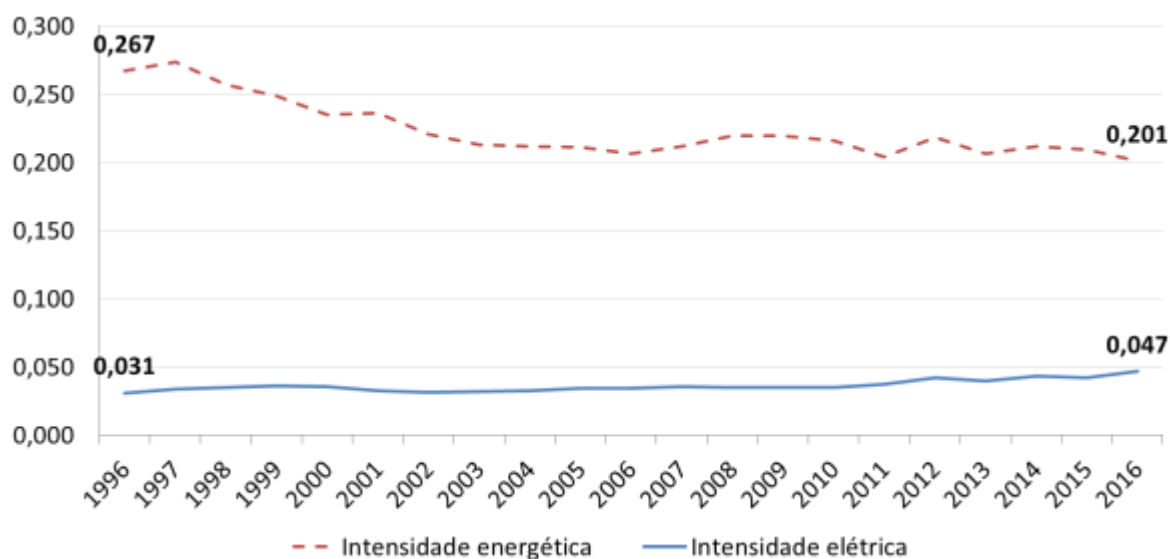
Na produção animal, o processo de intensificação foi bastante significativo na avicultura e suinocultura e, praticamente, não existiu no setor de bovinos. Conforme dados do IBGE (1996 e 2006), principalmente a partir dos anos 2000, houve uma grande expansão do rebanho avícola, contrastando com uma menor evolução dos rebanhos bovinos e suínos.

Considerando que a população brasileira de aves quase duplicou de 1996 a 2016, um aumento de cerca de 85% e que o consumo de energia do setor agropecuário cresceu apenas 41% no mesmo período, é natural deduzir que houve também ganhos de eficiência energética nos processos produtivos.

O Gráfico 41, por exemplo, mostra o histórico da intensidade energética e elétrica nas últimas duas décadas. Essa relação entre o consumo de energia total e o valor adicionado teve uma evolução decrescente de 1996 a 2016, isto é, a intensidade energética agropecuária partiu de 0,267 tep/10³ R\$ reduzindo-se para 0,201 tep/10³ R\$.

²² Mais informações no site da Embrapa: www.embrapa.br.

Gráfico 41 - Intensidade energética e elétrica do setor agropecuário



Fonte: EPE.

A demanda de energia na criação de animais varia muito de um rebanho para outro, dependendo essencialmente de dois fatores: se o rebanho é confinado ou não e se existe algum sistema de condicionamento ambiental para melhorar a produtividade²³ animal.

A suinocultura e a avicultura são desenvolvidas de forma intensiva, em ambientes confinados, mas na maior parte do Brasil predomina a pecuária extensiva principalmente quando se trata da bovinocultura. Os sistemas intensivos de produção animal e vegetal são mais produtivos e energointensivos, mas não necessariamente mais eficientes que os sistemas menos intensivos. Nesse sentido, a avicultura e a suinocultura tendem a um consumo final energético maior que o da atividade produtiva de bovinos.

Observa-se que em oposição à curva energética, a intensidade elétrica tem uma tendência ascendente, partindo de 0,031 tep/10³ R\$ em 1996 e alcançando o patamar mais alto em 2016, 0,047 tep/10³ R\$, o que pode ser explicado pelo aumento das taxas de abates dos rebanhos e pela intensificação e confinamento dos rebanhos. O abate indica uma maior necessidade de unidades de armazenamento refrigeradas e o aumento da intensificação aumenta a necessidade de máquinas para cultivo de ração, o que se reflete num consumo maior de eletricidade em detrimento a ampliação do valor agregado por esses produtos.

²³ Neste caso produtividade pode ser entendida como o ritmo de crescimento animal em regime de confinamento (especialmente na avicultura).

6. SETOR RESIDENCIAL

6.1 Panorama do setor

O setor residencial é o quarto maior setor econômico em termos de consumo final de energia. De acordo com a Tabela 17, o setor consumiu 24.851 mil tep em 2016, equivalente a 10,3% do consumo total de energia do país. Contudo, nota-se a redução de sua participação ao longo do tempo. Em 1996, terceiro maior setor na época, o consumo residencial foi 18.657 mil tep, o que correspondia a 12,9% do consumo total energético. Ainda que, em valores absolutos, o setor tenha crescido 1,4% ao ano entre 1996 e 2016, foi quatro vezes menor que o crescimento do setor energético, atualmente o terceiro maior setor.

Tabela 17 - Consumo final energético do setor residencial

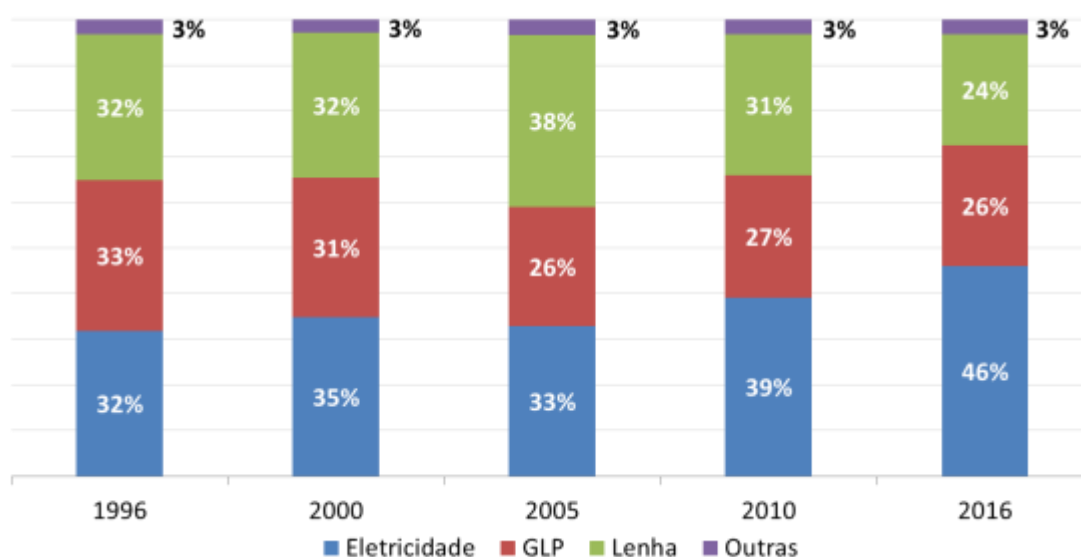
<i>Setor residencial</i>	<i>1996</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2016</i>
Consumo final do setor [10 ³ tep]	18.657	20.688	21.827	23.562	24.851
Participação no consumo final energético	12,9%	13,2%	12,0%	10,5%	10,3%

Fonte: EPE (2017)

A eletricidade é a principal fonte de energia nos domicílios brasileiros, cuja participação ampliou 14 pontos percentuais entre 1996 e 2016, atingindo 42% em 2016, como mostrado no Gráfico 42. O aumento do consumo de eletricidade, no horizonte analisado, reduziu a participação do GLP e da lenha, as fontes de energia mais populares nos domicílios depois da eletricidade. Contudo, a queda da participação da lenha é mais rápida, sugerindo a substituição deste energético pelo GLP, que geralmente é utilizado para os mesmos usos finais da lenha, porém é um combustível mais limpo e com maior eficiência de combustão²⁴. Por tanto, o aumento da participação de fontes modernas de energia, como a eletricidade e o GLP, que somam 72% da energia final consumida nos domicílios em 2016, sugere uma tendência de aumento do bem estar das famílias brasileiras no período.

²⁴ Segundo WHO (2016), a poluição do ar no interior das residências, decorrente da baixa eficiência de combustão das biomassas tradicionais, como a lenha e o carvão vegetal, eleva o risco de pneumonia, doenças crônicas pulmonares doenças cardiovasculares, câncer, entre outras doenças.

Gráfico 42 - Setor residencial: consumo final energético por fonte



Fonte: BEN/EPE.

Nota: As fontes de energia classificadas como Outras são: gás natural, querosene e carvão vegetal.

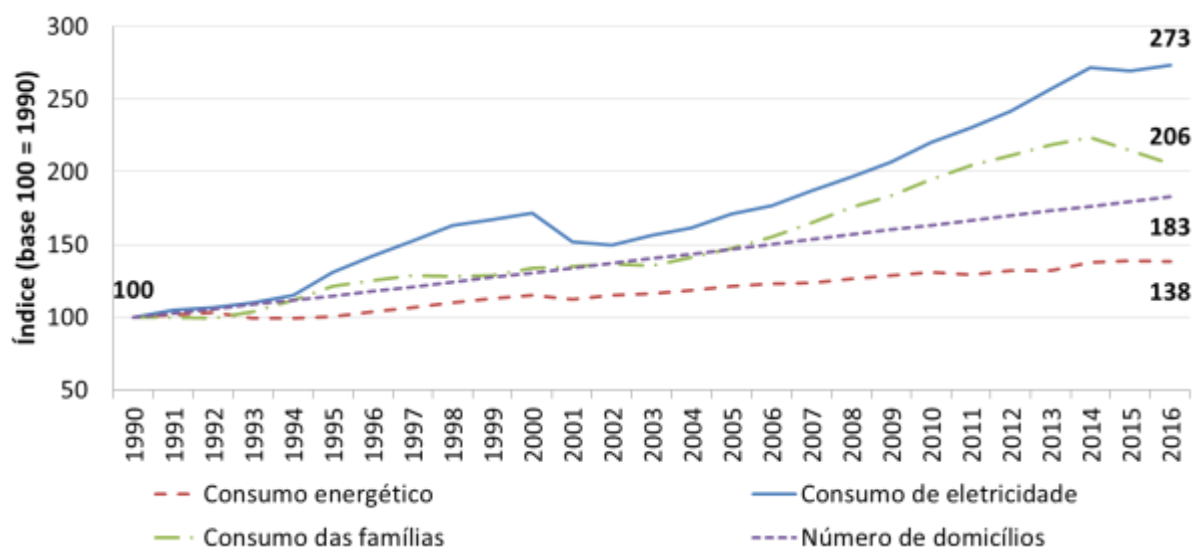
6.2 Evolução do consumo final de energia

Após os períodos de baixo crescimento econômico que caracterizaram as décadas de 1980 e parte da década de 1990, a estabilidade econômica e as políticas de distribuição de renda, implantadas nas últimas décadas, criaram condições para o aumento do consumo de energia pelas famílias, o que evidencia a importância de ações de eficiência energética no setor residencial.

A principal fonte de energia utilizada nos domicílios brasileiros é a eletricidade. A partir da segunda metade da década de 1990, após a estabilização da economia²⁵, observa-se o aumento do consumo das famílias (despesas com bens e serviços realizados pelas famílias) e, em patamares maiores, a elevação do consumo de eletricidade, como mostrado no Gráfico 43. Uma possível explicação para o aumento do consumo de energia elétrica acima das despesas das famílias era a existência de uma demanda reprimida por bens duráveis, como eletrodomésticos, acompanhado pelo aumento das horas de usos desses equipamentos.

²⁵ Entre meados da década de 1980 e 1994, havia no Brasil uma situação de contínua aceleração inflacionária. Com o passar dos anos, uma vez que os salários não foram reajustados no mesmo patamar inflacionário, houve perda do poder de compra das famílias. Em 1994, foi lançado o Plano Real, cujo um dos principais objetivos foi a estabilização econômica.

Gráfico 43 - Consumo elétrico e energético, consumo das famílias e número de domicílios (1990 = 100)



Fonte: EPE

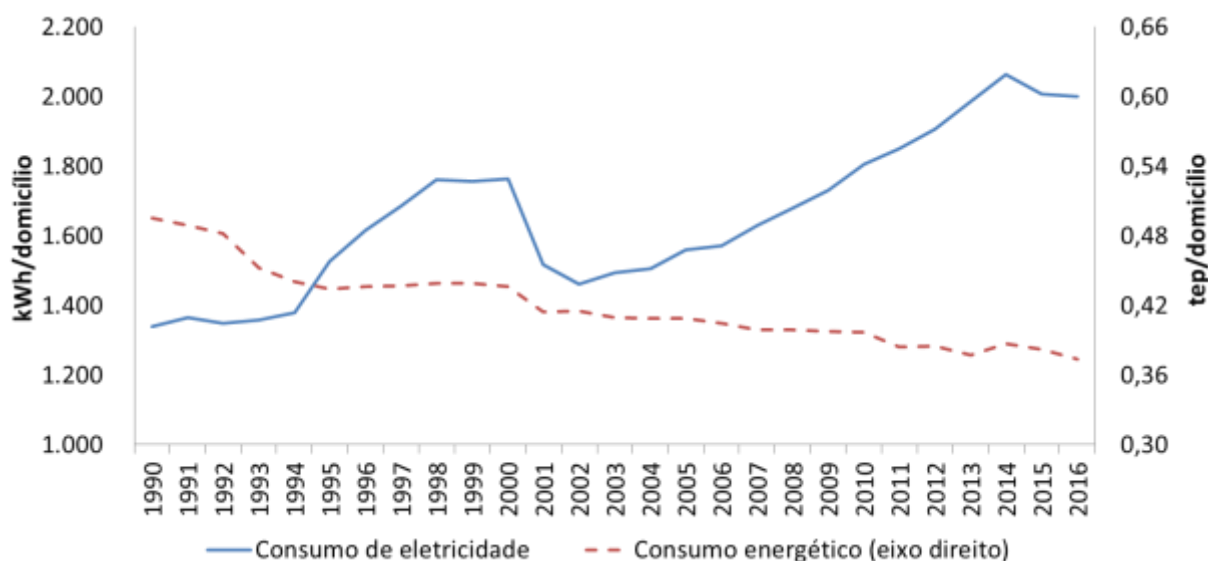
Neste contexto, em 2000, o consumo das famílias registrava aumento de 34%, com relação a 1990, enquanto o consumo de eletricidade crescia 72% no período. Com o racionamento de eletricidade²⁶ em 2001, o consumo residencial de energia elétrica reduziu significativamente e levou à incorporação de novos hábitos de consumo e uso da energia elétrica pelas famílias. Restabelecida as condições de oferta de eletricidade, o retorno ao patamar total de consumo observado em 2000 foi gradual e ocorreu apenas em 2006.

Entre 2002 e 2014 o crescimento do consumo de energia elétrica acompanhou a despesa das famílias. Contudo, em 2015, como consequência da crise que atingiu a economia brasileira, o consumo residencial de energia elétrica reduziu, ainda que em proporções menores que o consumo das famílias. Esse resultado foi influenciado pelas condições adversas do mercado de trabalho e pelo aumento das tarifas de energia elétrica.

O consumo energético por domicílio apresentou tendência decrescente ao longo do período, como mostra o Gráfico 44. Em 1990 o consumo médio era 0,50 tep e passou para 0,37 tep em 2016, queda de 1,1% ao ano. Parte desse resultado é fruto da substituição da lenha e do carvão vegetal por fontes de energia mais modernas, como o GLP, destinados, principalmente à cocção de alimentos e ao aquecimento de água para o banho.

²⁶ Em 2001 houve um racionamento de energia elétrica no Brasil e o governo federal estipulou uma meta obrigatória de redução de 20% do consumo residencial nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Essa medida vigorou entre meados de 2001 e o início de 2002.

Gráfico 44 - Consumo elétrico e energético por domicílio



Fonte: EPE

Com relação ao consumo de energia elétrica por domicílio, entre 1990 e 1994 registrou-se crescimento marginal, passando de 112 kWh para 115 kWh por mês. A partir de 1994, após a estabilização da economia, houve um crescimento mais significativo até o ano 2000, em média 4,2% ao ano, quando o consumo elétrico atingiu 147 kWh por mês. Com o racionamento de energia, esta tendência se reverteu, reduzindo 14% quando comparado com o ano anterior. De 2002 até 2014, em um contexto de incorporação de novos hábitos de consumo das famílias, a demanda elétrica apresentou trajetória crescente, com média de 2,9% ao ano, o fez com que o consumo passasse de 124 kWh em 2003 para 172 kWh por mês em 2014. Entretanto, no ano seguinte, a crise econômica brasileira impactou o consumo de eletricidade, reduzindo 2,7% em 2015, atingido 167 kWh.

Cabe destacar ainda que nesse período houve mudanças no perfil das famílias brasileiras. Em 1990 havia 4,1 habitantes por domicílio enquanto que em 2016 esse indicador passou para 3,1. Apesar de apenas alguns usos finais da energia serem diretamente proporcionais à quantidade de moradores, parte da variação da demanda de energia no período pode ser explicada pela queda da quantidade do número de habitantes por domicílio. Em termos de energia elétrica, o consumo por habitante segue a mesma trajetória do consumo por domicílio. Entre os anos 1994 e 2000, período de maior crescimento, o consumo de eletricidade por habitante passou de 29,2 kWh para 39,9 kWh por mês. Após reduzir 13,0% em 2001, o consumo per capita volta a aumentar e atinge 53,5 kWh por mês em 2016.

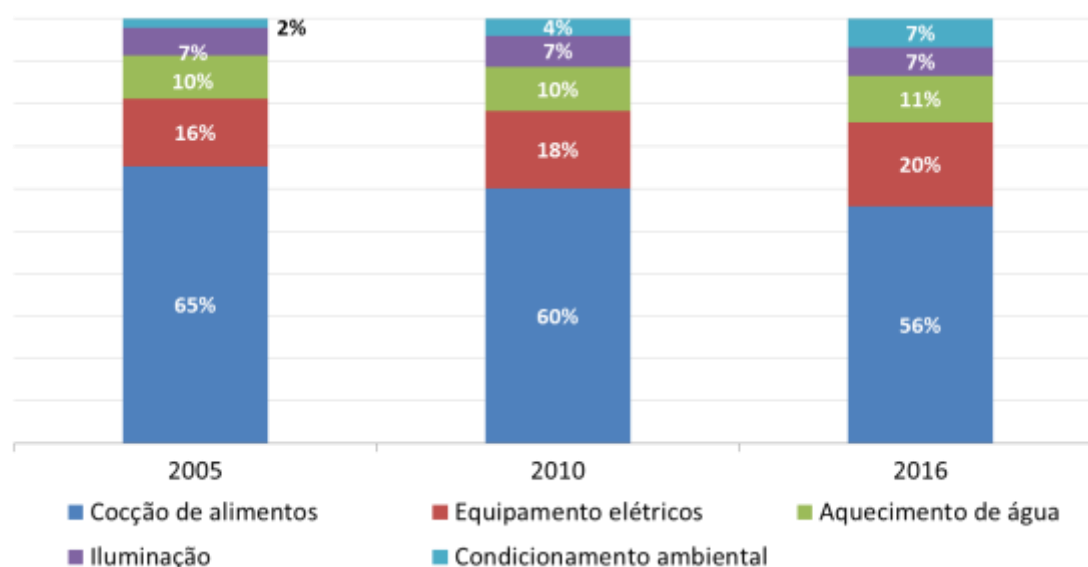
O aumento do consumo de energia residencial no período evidencia a importância de ações de eficiência energética no setor. Após o racionamento de eletricidade, foram lançados

eletrodomésticos mais eficientes no mercado, em parte induzidos pela Lei de Eficiência Energética, que estabeleceu as normas para a definição de índices mínimos de eficiência energética para equipamentos comercializados no Brasil. Além disso, a estabilidade econômica, as políticas de distribuição de renda, o aumento do rendimento médio da população mais pobre e os incentivos tributários para a aquisição de equipamentos da linha branca²⁷, criaram condições para o aumento da posse de equipamentos domésticos pelas famílias brasileiras. O aumento da posse introduziu aparelhos novos mais eficientes nas residências, levando à redução do consumo médio do estoque e, conseqüentemente, ao aumento da conservação de energia.

6.3 Consumo de energia por usos finais

A tendência do consumo de energia no setor residencial pode ser analisada por meio da decomposição da participação do consumo por usos finais, como mostrado no Gráfico 45. Em 2005, o principal uso final da energia das residências era o uso para a cocção de alimentos, seguido por equipamentos elétricos, aquecimento de água, iluminação e condicionamento ambiental, respectivamente. Apesar da manutenção dessa ordem em 2016, observa-se, principalmente, a redução da participação do uso para a cocção de alimento e aumento do uso de equipamentos elétricos.

Gráfico 45 - Consumo de energia residencial por uso final

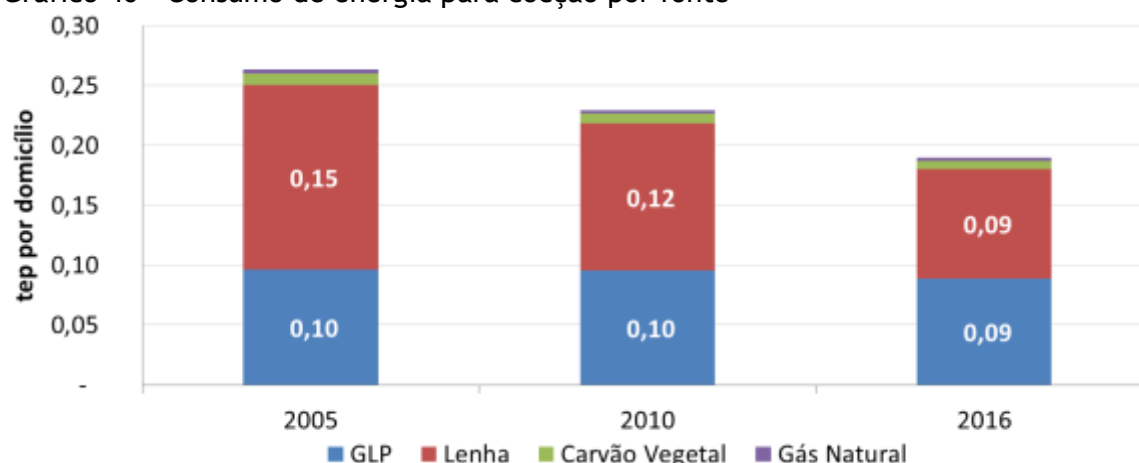


Fonte: EPE

²⁷ Como resposta à crise global de 2008, o governo federal adotou políticas contra-cíclicas, entre elas, a redução das alíquotas do imposto sobre produtos industrializados (IPI) para a linha branca (fogões, tanquinhos, refrigeradores e máquinas de lavar roupas) entre 2011 e 2014.

A redução da participação da cocção de alimento pode ser explicada pelo processo de transição energética das famílias. De acordo com o Gráfico 46, em 2005, a principal fonte de energia para cocção de alimentos era a lenha. Contudo, ao longo do período analisado, as famílias, majoritariamente pobres e da zona rural, substituíram parcialmente esse combustível, com baixa eficiência de combustão por GLP, mais eficiente e limpo. Assim, o consumo de combustíveis para cocção de alimentos reduziu aproximadamente 3% ao ano, passando de 0,26 em 2005 para 0,19 tep por domicílio em 2016.

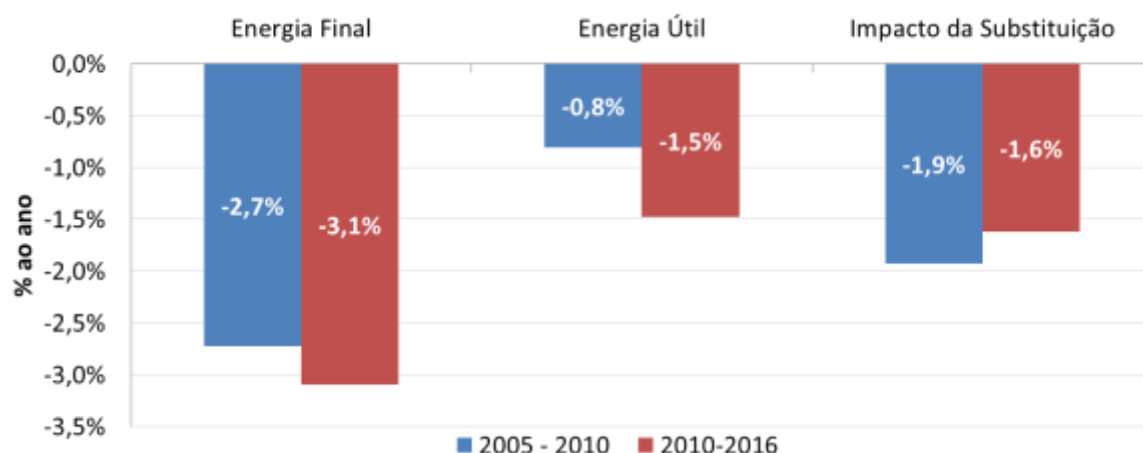
Gráfico 46 - Consumo de energia para cocção por fonte



Fonte: EPE

Entre 2005 e 2010, a substituição da biomassa tradicional por combustíveis modernos e mais eficientes contribuiu para a redução de 2,7% ao ano no consumo final de energia para cocção no setor residencial, como mostrado no Gráfico 47. Contudo, em termos de energia final, o consumo diminuiu 0,8% ao ano nesse período. Assim, o efeito substituição, calculado pela diferença entre as variações de energia final e de energia útil, registrou queda anual de 1,9%. Já no período entre 2010 e 2016, a tendência de substituição se mantém, porém em menor grau, cerca de 1,6% ao ano. Esse resultado sugere que nos últimos anos, ocorreu conservação de energia no uso de combustíveis para cocção, decorrente da substituição de combustíveis pelas famílias, mas com uma velocidade menor que aquela registrada entre 2005 e 2010.

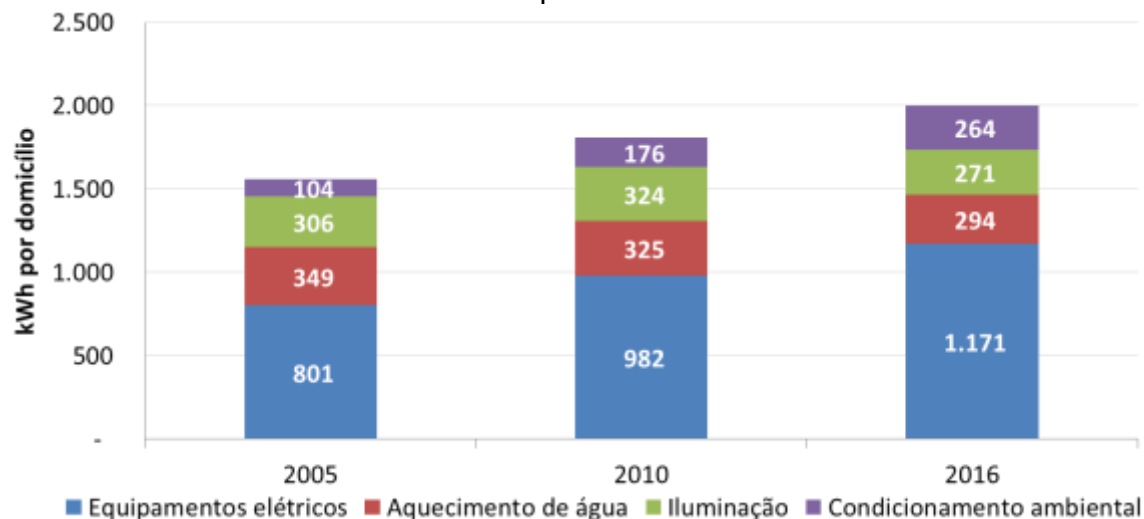
Gráfico 47 - Efeito substituição na cocção residencial



Fonte: EPE

Com a exceção do uso para cocção de alimentos, a eletricidade é a fonte de energia predominante nos demais usos. O Gráfico 48 apresenta a decomposição do consumo da energia elétrica para os seguintes usos: equipamentos elétricos, aquecimento de água, iluminação e condicionamento ambiental.

Gráfico 48 - Consumo elétrico residencial por uso final



Fonte: EPE

Em 2005 o consumo por domicílio, para os usos destacados no gráfico, foi 1.559 kWh, sendo que 51,4% desse consumo foram destinados ao uso exclusivo de equipamentos elétricos. O uso para aquecimento de água consumiu 22,4% do total, enquanto que a iluminação teve participação de 19,6%. Por sua vez, o uso para conforto térmico demandou 6,7% da energia elétrica. Já em 2016, o consumo por domicílio aumentou 28,3%, atingindo 2.000 kWh, e os grandes equipamentos elétricos continuaram sendo responsáveis pela

parcela majoritária com 75,2% do consumo. A participação do uso para aquecimento de água caiu para 18,9%, assim como o montante de eletricidade destinado à iluminação, reduzido para 17,4%. Por fim, o uso para condicionamento ambiental demandou 16,9% da energia elétrica em 2016.

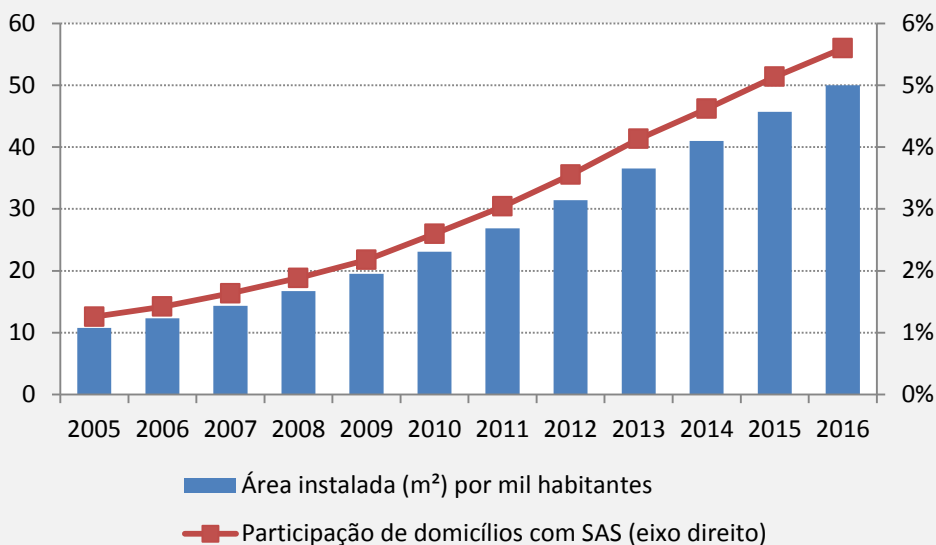
O aumento da posse e do uso de eletrodomésticos, incluindo aparelhos de ar condicionado, pode explicar a elevação do consumo de eletricidade por domicílio neste período. A redução do uso de chuveiros elétricos se deve à maior penetração dos sistemas de aquecimento solar (SAS) e do uso do gás natural para aquecimento de água. No caso da iluminação, a redução do consumo, principalmente entre 2010 e 2016, é o resultado do fim da comercialização de lâmpadas incandescentes, com maior consumo médio, e da substituição por dispositivos mais eficientes: lâmpadas fluorescentes compactas e de LED (*light-emitting diode*).

Box: Sistema de Aquecimento Solar

O Sistema de Aquecimento Solar (SAS) é composto pelo coletor solar e pelo reservatório térmico (*boiler*). No processo de aquecimento, a água fria entra no reservatório térmico que alimenta o coletor solar onde ocorre o aquecimento. A substituição do chuveiro elétrico por SAS não representa o conceito de eficiência energética adotado neste estudo, pois, neste caso, a substituição entre as fontes de energia não implica reduzir a demanda efetiva por água quente. Contudo, a contabilização de seu uso é importante, pois representa o consumo evitado de energia elétrica a partir de uma fonte renovável.

O Gráfico 49 mostra o percentual de domicílios com coletores solares e a área instalada do equipamento no país. Entre 2005 e 2016 a participação de residências com SAS mais que triplicou, passando de 1,3% para 5,8%, o que corresponde ao aumento de mais de quatro vezes da área instalada de coletores por mil habitantes, resultado conjunto do desenvolvimento de um mercado autônomo e de programas de habitação de interesse social.

Gráfico 49 - Penetração de sistemas de aquecimento solar nas residências

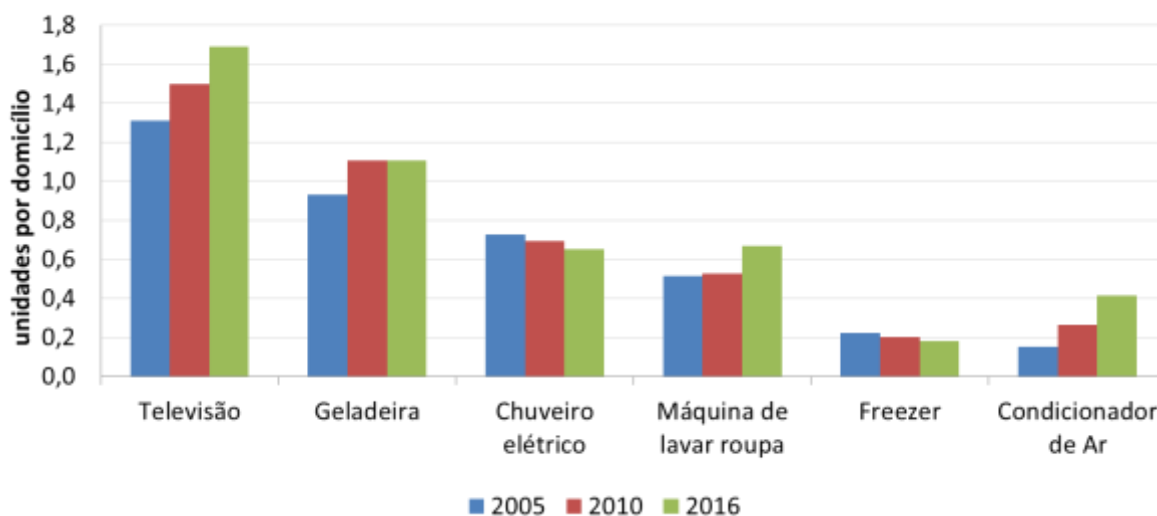


Fonte: Elaborado pela EPE com base nos dados da ABRAVA e do IBGE

6.4 Posse e consumo de eletricidade por equipamento

Na última década, é observado o aumento da posse da maior parte dos equipamentos elétricos nas residências. Com o aumento da posse, o consumo médio de energia do estoque de equipamentos tende a reduzir, devido à introdução de aparelhos novos mais eficientes. O Gráfico 50 mostra a posse dos principais equipamentos elétricos utilizados nos domicílios brasileiros: geladeiras, máquina de lavar roupa, televisores, chuveiros elétricos, condicionadores de ar e freezers.

Gráfico 50 - Posse média de equipamentos elétricos no setor residencial



Fonte: EPE

De acordo com o gráfico, o equipamento mais comum nos domicílios é a televisão, cuja posse em 2005 era 1,3 e passou para 1,7 aparelhos por domicílio em 2016. A posse de geladeiras, equipamento já com alta penetração nos domicílios, passou de 0,9 em 2005 para 1,1 em 2016. Esses indicadores sugerem que, em média, as famílias brasileiras possuem mais de uma televisão e geladeira em seus domicílios.

Os equipamentos que apresentaram maior crescimento no período analisado foram as máquinas de lavar roupa e os aparelhos de ar condicionado. Apesar do aumento marginal na segunda metade dos anos 2000, a posse de máquinas de lavar roupas passou de 0,5 em 2010 para 0,7 em 2016. Já a posse de equipamentos de ar condicionado cresceu cerca de 10% ao ano, passando de 0,1 para 0,4 equipamentos por domicílios em 2005 e 2016, respectivamente. Embora a elevação da posse de máquinas de lavar roupa e aparelhos de ar condicionado possa ter ocorrido, predominantemente, em domicílios situados em estratos de renda distintos, esse resultado indica a existência de uma demanda potencial para esses equipamentos.

Por outro lado, as posses de freezer e chuveiro elétrico apresentaram pequena redução no período. A posse de freezer caiu de 0,22 em 2005 para 0,18 equipamentos por domicílio em 2016, resultado, em grande parte, da mudança de hábito das famílias nas últimas décadas que substituem menos os equipamentos que atingem o fim da sua vida útil²⁸. A redução da posse do chuveiro elétrico também foi marginal, passando de 0,72 para 0,65 equipamentos por domicílio, resultado da expansão da rede de distribuição de gás natural residencial e da utilização de SAS no mercado autônomo e em programas de habitação de interesse social.

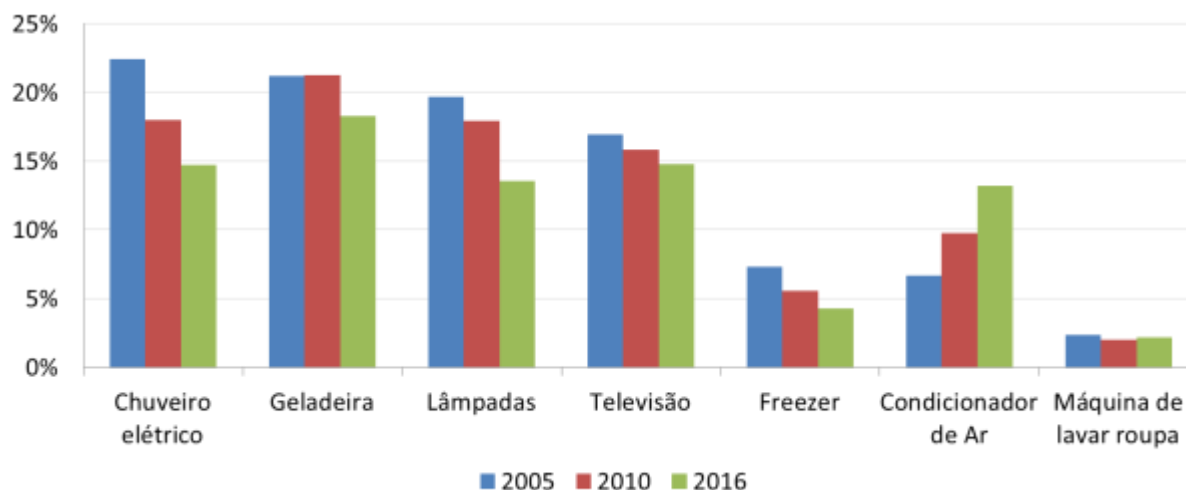
Além dos grandes equipamentos presentes nas residências, cabe destacar a participação das lâmpadas, dispositivo relevante no consumo total de energia elétrica do setor. A posse de lâmpadas acompanha o aumento do número de domicílios e a penetração de energia elétrica no país. Com relação ao último fator, em 2003 foi lançado o Programa Luz para Todos com o objetivo de universalizar o acesso à energia elétrica. Nesse contexto, a quantidade de domicílio com pelo menos uma lâmpada passou de 97,1% em 2005 para 99,8% em 2016.

Em 2016, os grandes equipamentos eletrônicos, somado com as lâmpadas, foram responsáveis por 81% do consumo total de eletricidade nos domicílios brasileiros, como indicado no Gráfico 51. O item responsável pelo maior consumo elétrico nas residências é a

²⁸ O freezer foi um equipamento historicamente relacionado ao hábito de estocar alimentos para mitigar os efeitos do processo inflacionário existente no Brasil até o início da década de 1990. No contexto atual, de maior estabilidade dos preços, não ocorre substituição dos equipamentos que atingiram o fim da sua vida útil, a posse média cai.

geladeira, com 18% do total. Em seguida, aparecem o chuveiro elétrico e a televisão, com 15% cada. Vale destacar o crescimento da participação do ar condicionado que em 2005 respondia por 7% do consumo e em 2016 representa 13%, resultado do aumento da posse nos últimos anos. Por outro lado, as lâmpadas perderam participação passando de 20% para 14% no período, consequência do fim da comercialização de lâmpadas incandescentes no país.

Gráfico 51 - Participação do consumo de energia elétrica residencial por equipamento



Fonte: EPE

A demanda por eletricidade pode ser analisado por meio da decomposição da variação do consumo por equipamento. Nesse caso, a variação do consumo corresponde ao somatório dos efeitos demográficos, associado ao aumento do número de domicílios e do crescimento populacional, do efeito posse de equipamento e do efeito intensidade. O efeito intensidade é uma *proxy* para o ganho de eficiência e pode ser entendido como o ganho relativo ao substituir tecnologias ou mudar hábitos de uso.

O Gráfico 52 apresenta a decomposição para o período entre os anos 2005 e 2010. De acordo com o gráfico, os aparelhos de ar condicionado e as geladeiras foram os equipamentos que registraram maior variação do consumo de eletricidade no período, cerca de 5 mil GWh. Em ambos os equipamentos, o principal fator que influenciou esse resultado foi o efeito posse, sendo mais expressivo no caso dos aparelhos de ar condicionado, que possui menor penetração nos domicílios. Por outro lado, o efeito posse contribuiu negativamente para a variação do consumo dos chuveiros elétricos e freezer, resultado da substituição por outras fontes de energia e de mudança de hábito dos consumidores, respectivamente.

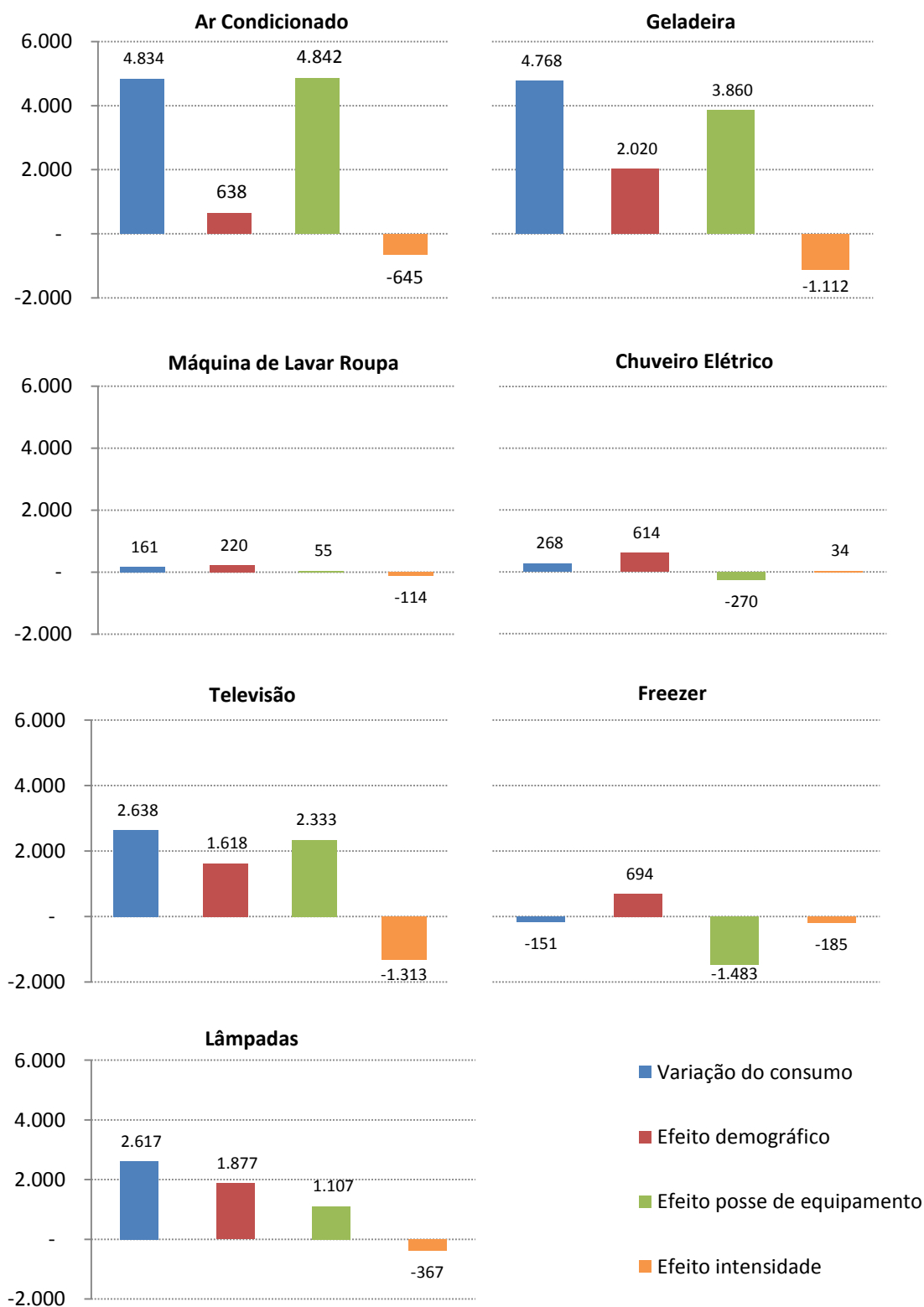
Com relação ao efeito intensidade, entre 2005 e 2010, o maior ganho, em termos absolutos, foi dos televisores, resultado da alta penetração dos equipamentos nas residências.

Contudo, em termos relativos, a máquina de lavar roupa é o equipamento que registrou maior consumo evitado no período, em que 71% do consumo elétrico para esse uso final foi atendido com possíveis ganhos de eficiência energética.

Como observado no período entre 2005 e 2010, os aparelhos de ar condicionado continuaram sendo os equipamentos com maior variação do consumo de eletricidade entre 2010 e 2016, decorrente do efeito posse, como indicado no Gráfico 53. No caso das geladeiras, a alta penetração do equipamento nas residências diminuiu o efeito da posse, o que contribuiu significativamente para reduzir a variação do consumo de energia desse equipamento no período. No mesmo sentido do período anterior, o chuveiro elétrico foi o único equipamento que não apresentou o efeito intensidade negativo. Isso ocorreu devido ao aumento da penetração de chuveiros elétricos com maior potência nas regiões mais frias do país.

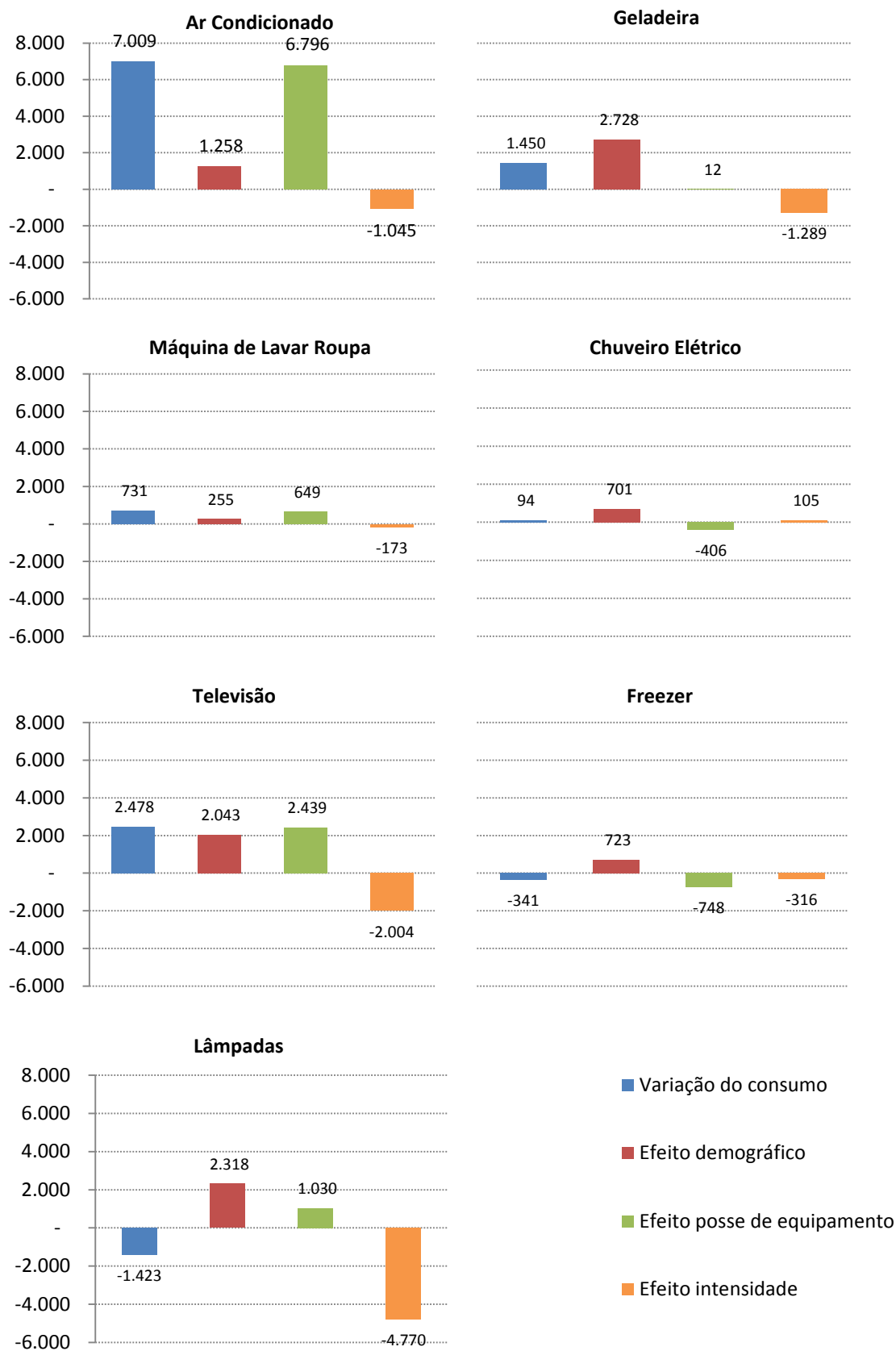
Vale ressaltar que o maior destaque nesse período são as lâmpadas. Enquanto que entre 2005 e 2010, a variação do consumo de eletricidade desses dispositivos foi positiva, cerca de 2,6 mil GWh, entre 2010 e 2016, a variação foi negativa, aproximadamente -1,4 mil GWh. No primeiro período, o principal fator que influenciou o aumento do consumo para esse fim foi o efeito demográfico, sendo influenciado, além do crescimento ordinário do número de domicílios, pelo processo de universalização do acesso à energia elétrica iniciado em 2003. Já no período subsequente, a inflexão da variação do consumo é justificada pelos ganhos de eficiência energética decorrente do fim da comercialização das lâmpadas incandescentes mais populares nas residências, com maior consumo médio, e da maior penetração de lâmpadas fluorescentes compactas e de LED, com menor consumo específico.

Gráfico 52 - Decomposição do consumo de eletricidade por equipamento entre 2005 e 2010 (GWh)



Fonte: EPE

Gráfico 53 - Decomposição do consumo de eletricidade por equipamento entre 2010 e 2016 (GWh)



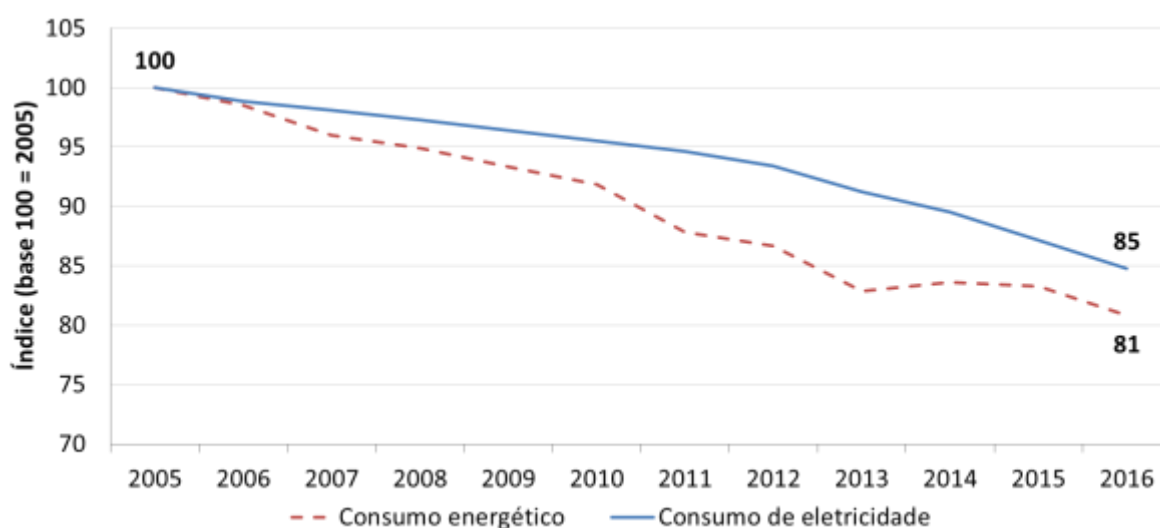
Fonte: EPE

6.5 Indicador ODEX

O indicador ODEX é um índice de conservação de energia que agrega a tendência de consumo de diferentes usos finais, ou equipamentos, com base em seus pesos no consumo total. No caso do setor residencial, para os equipamentos elétricos, a tendência é calculada pela variação do consumo de energia por equipamento, enquanto que para o aquecimento de água e cocção, a tendência é avaliada em função da variação do consumo por domicílio.

No cálculo do ODEX para o setor residencial brasileiro, foram considerados quatro usos finais (aquecimento de água, cocção e iluminação) e cinco equipamentos elétricos (geladeira, televisão, máquina de lavar roupa, freezer e ar condicionado). O Gráfico 54 mostra o ODEX para o setor residencial calculado para o consumo energético e para o consumo de eletricidade.

Gráfico 54 - ODEX do setor residencial



Fonte: EPE

De acordo com o gráfico, o ODEX calculado para o consumo de eletricidade apresenta redução de 15% entre 2005 e 2016. Esse resultado é consequência de interações entre fatores econômicos, sociais, hábitos e políticas públicas ativas, discutidas nas seções anteriores. Contudo, vale destacar que a tendência de queda do indicador é mais forte a partir de 2012, consequência do cronograma de banimento do uso de lâmpadas incandescentes, conforme a Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 1.007 de 31 de dezembro de 2010.

Por outro lado, o ODEX calculado para o consumo energético exibe redução de 19% no período analisado. Além do consumo de energia elétrica, esse indicador é influenciado pela substituição do consumo da lenha e do carvão vegetal, energéticos com baixa eficiência de

combustão, por GLP e gás natural, destinados principalmente para cocção de alimento e aquecimento de água para o banho.

Portanto, os resultados analisados sugerem que, quando consideramos os principais usos da energia, bem como os principais equipamentos elétricos, observamos uma tendência de conservação de energia no setor residencial no período analisado. Como apresentado neste capítulo, esse fenômeno é o resultado de interações complexas entre fatores econômicos, sociais, hábitos das famílias, mas também de políticas públicas ativas do Estado.

7. SETOR DE SERVIÇOS

7.1 Panorama do setor

O consumo final de energia do setor de serviços, que considera o setor comercial e público, de acordo com o BEN 2016 (EPE, 2016), tem um consumo de energia corresponde a 3,5% do consumo final energético do país, a fonte preponderante é a eletricidade, que concentra mais de 90% da energia total consumida nesse setor, em seguida o gás liquefeito de petróleo (GLP) com 5%.

É o setor que mais tem aumentado seu consumo final de energia nos últimos 20 anos. Nestas duas décadas, o consumo do setor quase duplicou ao desempenhar, em média, incremento de 3,5% ao ano. Em 2016, os 12.425 ktep alcançados pelo setor significaram 5,2% do consumo final energético do Brasil, conforme apresentado na Tabela 18.

A dinâmica de consumo do setor público, por caracterizar-se, majoritariamente, de um crescimento vegetativo, associado ao crescimento populacional bem como da expansão da área urbana construída, apresenta incremento anual médio de 2,3% no período apresentado na tabela abaixo. Por outro lado, no setor comercial, tal crescimento apresenta-se expressivamente acima da média dos demais setores deste estudo, apresentando variação de 4,2% ao ano, ou seja, 128% de crescimento em 20 anos.

Tabela 18 - Consumo final energético do setor de serviços

<i>Setor serviços</i>	<i>1996</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2016</i>
Consumo final do setor comercial [10 ³ tep]	3.689	4.968	5.452	6.731	8.399
Consumo final do setor público [10 ³ tep]	2.554	3.242	3.451	3.636	4.026
Participação no consumo final energético	4,3%	5,2%	4,9%	4,6%	5,2%

Fonte: BEN/EPE.

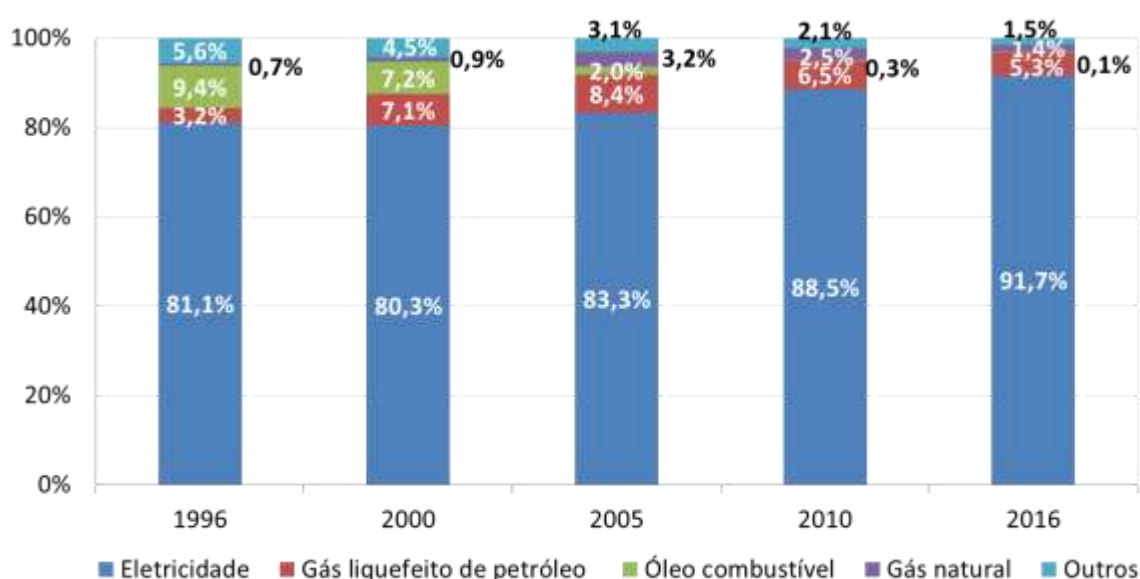
Em 2016, um terço do consumo do setor de serviços, aproximadamente, lastreou-se no setor público estando incluídas as atividades de iluminação pública, consumo das instalações do poder público Federal, Estadual e Municipal, serviços públicos de água, esgoto e saneamento, etc. Em valores absolutos, esta parcela registrou 4.026 ktep de consumo final energético, sendo 3.720 ktep somente de eletricidade. Já no setor comercial, de forma similar, a eletricidade desempenha protagonismo contabilizando 91% dos 8.399 ktep consumidos no mesmo ano. Além disso, é importante relatar a eletrificação que este setor vem apresentando nesses 20 anos, estando atrás somente do setor energético e do

agropecuário. Dentre os principais segmentos do setor comercial estão o comércio varejista e atacadista, shoppings centers e hotéis, principalmente pela demanda pelo serviço energético de climatização ambiental.

O Gráfico 55 demonstra a relevância da eletricidade frente à demais fontes no setor de serviços. Isto ocorre devido as principais necessidades as quais a energia se presta a atender neste setor, tais como: iluminação, refrigeração e força motriz. Outros serviços energéticos solicitados no desempenho das atividades são calor de processo e aquecimento direto, os quais, ainda que em menor proporção, também utilizam eletricidade como uma de suas fontes. É importante notar que o consumo de fontes como carvão vegetal, lenha, óleo diesel e óleo combustível foi substituído pelo consumo de gás natural, GLP e eletricidade para os dois últimos serviços energéticos mencionados.

Como principais resultados, o Gráfico 55 apresenta a penetração de mais de 10% da eletricidade da matriz do setor de serviços pautada no crescimento médio de 4,1% ao ano do consumo final desta fonte. O GLP e o gás natural foram as fontes que mais cresceram neste setor nos últimos 20 anos com as respectivas variações médias de 6,1% e 7,3% ao ano. No entanto, observa-se dois movimentos antagônicos entre o primeiro e o segundo decênio para estas fontes. De 1996 a 2006 tanto o GLP quanto o gás natural empenharam o papel de substituição de fontes mencionado anteriormente apresentando crescimento superior a 13% ao ano. Nos 10 anos seguintes os dois energéticos sofreram redução no consumo devido aos aspectos conjunturais do mercado de petróleo apresentando taxas negativas de 0,9% ao ano para o GLP e de 5,7% ao ano para o gás natural.

Gráfico 55 - Evolução do consumo final energético, por fonte, no setor de serviços



Fonte: BEN/EPE.

7.2 Perfil dos segmentos do setor de serviços

O conjunto de serviços energéticos requisitado pelo setor, tais como, iluminação, refrigeração, força motriz e aquecimento direto, traduz um maior consumo de eletricidade concentrando em cerca de 90% da energia total consumida, em seguida o GLP com 6%. Frente à alta demanda por eletricidade no setor, é importante destacar o aumento da geração distribuída, com aproximadamente 111 GWh, onde 90% da penetração dessa fonte está instalada no segmento comercial (Tabela 19).

Tabela 19 - Unidades consumidoras com geração distribuída no segmento de serviços

Classe de Consumo	Quantidade	Potência Instalada (kW)
Serviços	2.484	69.453
Comercial	2.308	62.770
Iluminação Pública	7	61
Poder Público	137	5.559
Serviço Público	32	1.063

Fonte: ANEEL (2017)

7.3 Indicadores de eficiência do setor

O consumo de energia do setor de serviços está correlacionado com seu o respectivo valor adicionado para economia brasileira, o que induz a utilização da intensidade energética como um indicador de monitoramento da eficiência do setor. De fato, a heterogeneidade do setor de serviços força a utilização de um indicador geral para a representação de seus segmentos de forma abrangente. Em relação à eletricidade, a correlação mencionada é ainda maior devido à relevância desta fonte nos serviços energéticos requisitados pelo setor, conforme visto anteriormente. Entretanto, a análise das intensidades energética e elétrica não retrata diretamente a evolução de eficiência sendo necessárias considerações adicionais.

Na década de 90, a economia brasileira atravessou momentos de transição econômica frente aos altos índices inflacionários, o que acarretou insuficientes investimentos em capacidade de geração e transmissão²⁹. Tais gargalos estruturais aliados a uma demanda crescente por energia elétrica reduziram o nível de armazenamento dos reservatórios,

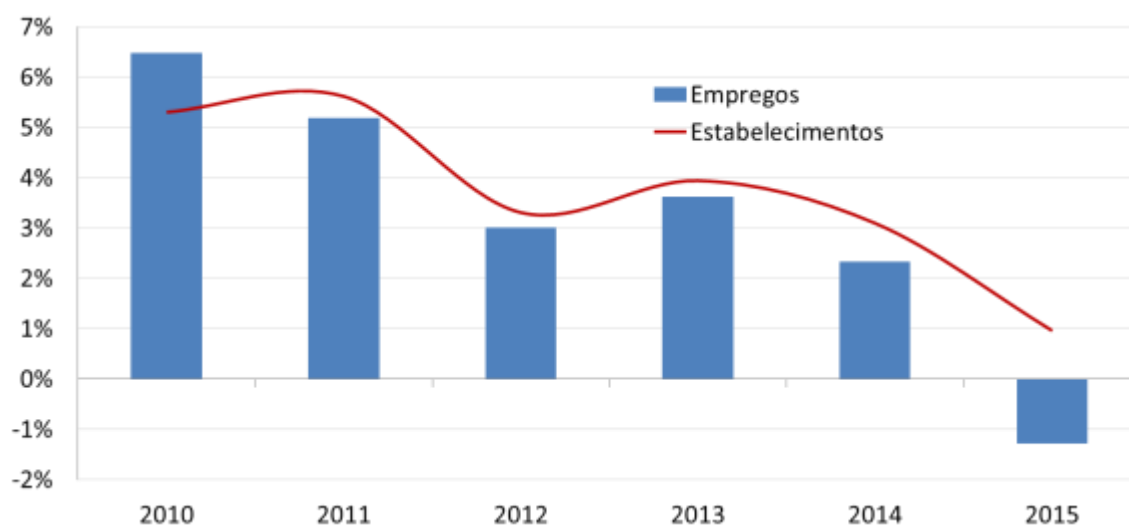
²⁹ No fim de 2000 e início de 2001, a água em excesso vertida em Itaipu poderia ter aliviado a crise, pois teria possibilitado uma economia de água nos demais reservatórios do Sudeste, o que foi inviabilizado devido à 3ª linha de Itaipu que ainda não estava concluída.

culminando no racionamento em 2001 e seus consequentes impactos³⁰ no consumo de eletricidade no setor de serviços.

O período de 2006 a 2010, corroborado pelo efeito de substituição de fontes, apresentou o maior ganho de participação da eletricidade (5,2%), fato que desencadeou queda da intensidade energética em detrimento do aumento da intensidade elétrica. Por outro lado, os índices mínimos de eficiência definidos em 2001 contrabalancearam o crescimento do consumo de eletricidade trazendo certa estabilidade ao indicador.

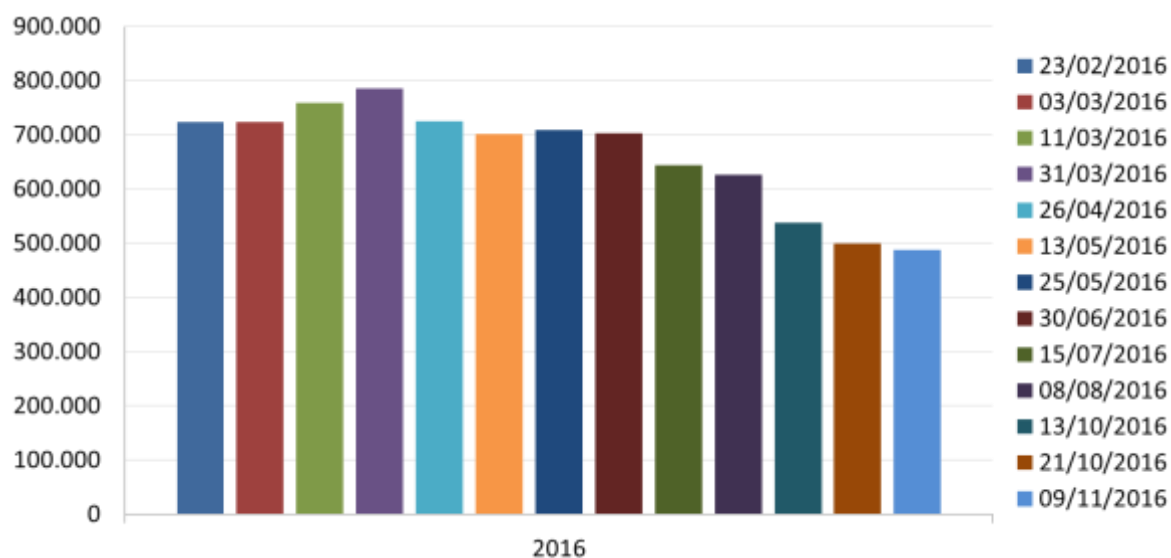
No período seguinte, 2010-2016, a expectativa dos agentes do setor deteriorou-se frente aos efeitos da crise mundial iniciada em 2008, vide a adversidade no mercado de trabalho e um crescimento mais modesto de novos empreendimentos, conforme dados do Ministério do Trabalho e Emprego exibidos no Gráfico 56. Outra evidência relevante é a expectativa de expansão da área bruta locável (ABL) dos *shoppings centers* para o ano de 2016, Gráfico 57, divulgada periodicamente pela ABRASCE cujo montante corrobora com o efeito de desaquecimento econômico neste período.

Gráfico 56 - Evolução do número de empregados e estabelecimentos no setor de serviços



Fonte: RAIS/MTE

³⁰ Em 2001 houve um racionamento elétrico no Brasil e o governo federal estipulou uma meta obrigatória de redução de 20% da demanda para o setor comercial, nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Essa medida vigorou durante o segundo semestre de 2001 e o início de 2002.

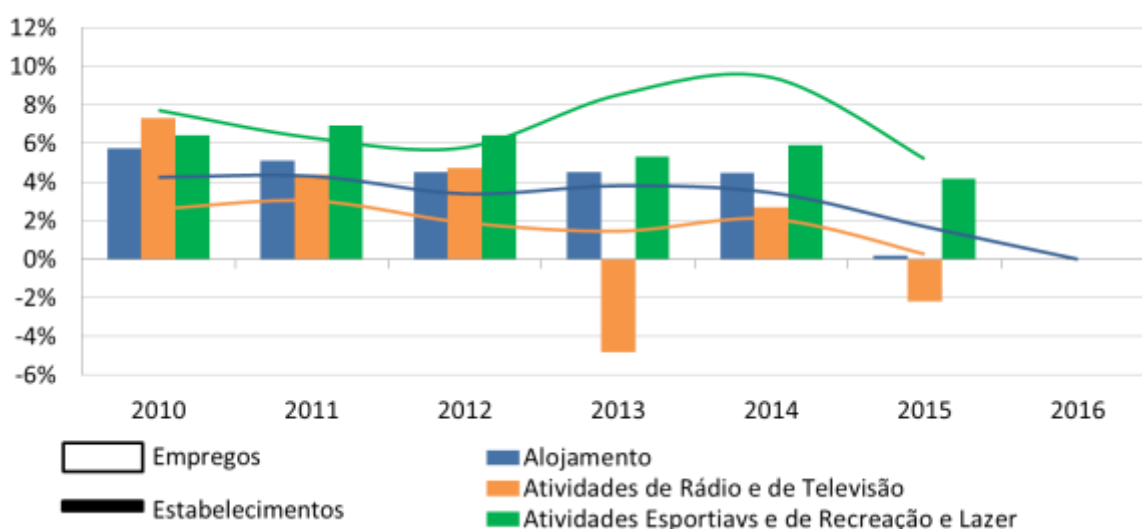
Gráfico 57 - Evolução da expectativa de expansão da ABL (m²) de “shoppings centers”

Fonte: ABRASCE (Associação Brasileira de Shopping Centers)

Entretanto, em alguns segmentos tais impactos foram atenuados devido aos eventos internacionais ocorridos no período como a Copa do Mundo (2014) e Olimpíadas (2016). Além disso, com a Resolução 414/2010 da ANEEL³¹ o consumo da classe comercial incorporou o consumo, antes contabilizado na classe residencial, da administração condominial: iluminação e instalações de uso comum de prédios ou conjunto de edificações. A maior parte deste reenquadramento do consumo ocorreu de forma abrupta em 2012 e o restante de forma gradual nos três anos seguintes.

³¹ A Resolução 414/2010 da ANEEL normatizou as condições gerais de fornecimento de informações acerca do consumo de energia elétrica propondo uma abertura mais detalhada das subclasses do setor comercial, segundo inciso 3 do Art.5º.

Gráfico 58 - Evolução do número de empregados e estabelecimentos em segmentos selecionados do setor de serviços



Fonte: RAIS/MTE

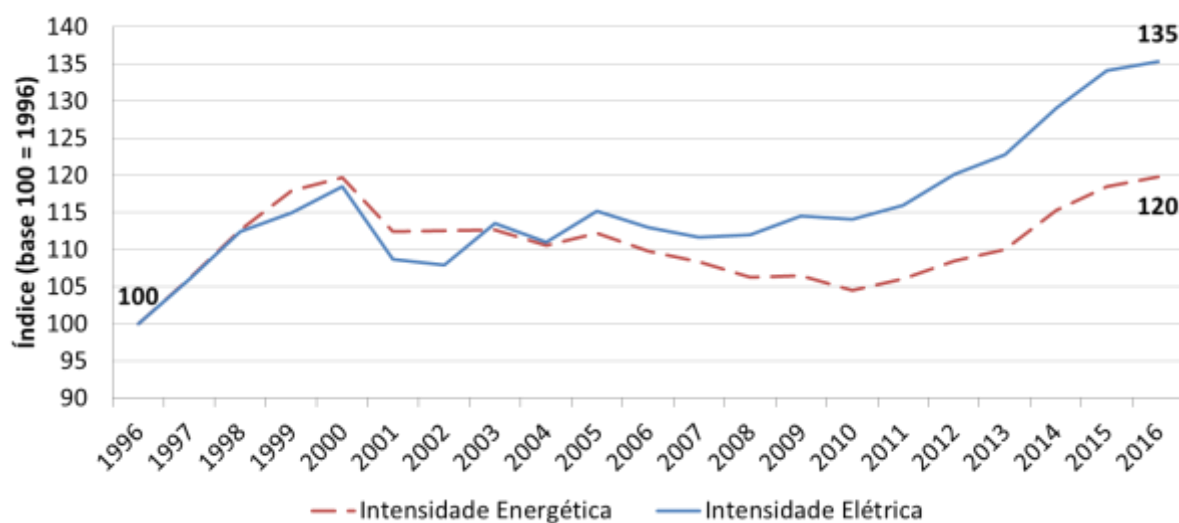
Frente às observações mencionadas, torna-se difícil aferir alterações nos níveis de eficiência energética para o setor de serviços, intuindo, apenas de forma qualitativa, aumento de eficiência frente aos investimentos realizados no período do recurso de 0,5% da receita operacional líquida (ROL) das distribuidoras para Eficiência Energética da ANEEL.

O Gráfico 59 ilustra a evolução da intensidade energética e elétrica, ou seja, a relação entre o consumo de energia e o valor adicionado do setor de serviços. No ano de 2016, por exemplo, a intensidade energética da indústria alcançou 0,229 tep/10³ R\$ frente aos 0,022 tep/10³ R\$ do conjunto comércio, serviços e público.

Portanto, naturalmente os indicadores de intensidade energética e elétrica demonstram-se, nesses setores, inferiores aos níveis observados no segmento industrial, sobretudo nos energointensivos.

Observa-se que entre 1996 e 2000 a tendência de ambas as curvas é ascendente, quando se atinge o pico (patamar 119). A partir de 2001 há um declínio das intensidades, em decorrência da crise de racionamento de eletricidade.

Gráfico 59 - Evolução do perfil de demanda de energia dos setores de comércio e serviços



Fonte: EPE

7.4 Análises por segmento

Como visto nas seções anteriores, o vetor energético do setor de serviços pauta-se na eletricidade como fonte motora, significando 26% do consumo de eletricidade total do país, conforme Tabela 20. Além disso, o valor agregado deste setor correspondeu a mais de 65% do PIB brasileiro em 2014, segundo IBGE, fazendo com que a análise desta fonte por segmento seja relevante do ponto de vista da eficiência.

Tabela 20 - Consumo de eletricidade no setor de serviços

Consumo de eletricidade (GWh)	1996	2000	2005	2010	2016
Setor serviços	58.850	76.710	86.223	106.697	132.497
Setor serviços (% demanda de eletricidade)	21%	23%	23%	23%	25%
Setor comercial	34.775	47.510	53.492	69.718	89.218
Setor público	24.075	29.200	32.731	36.979	43.278

Fonte: BEN/EPE.

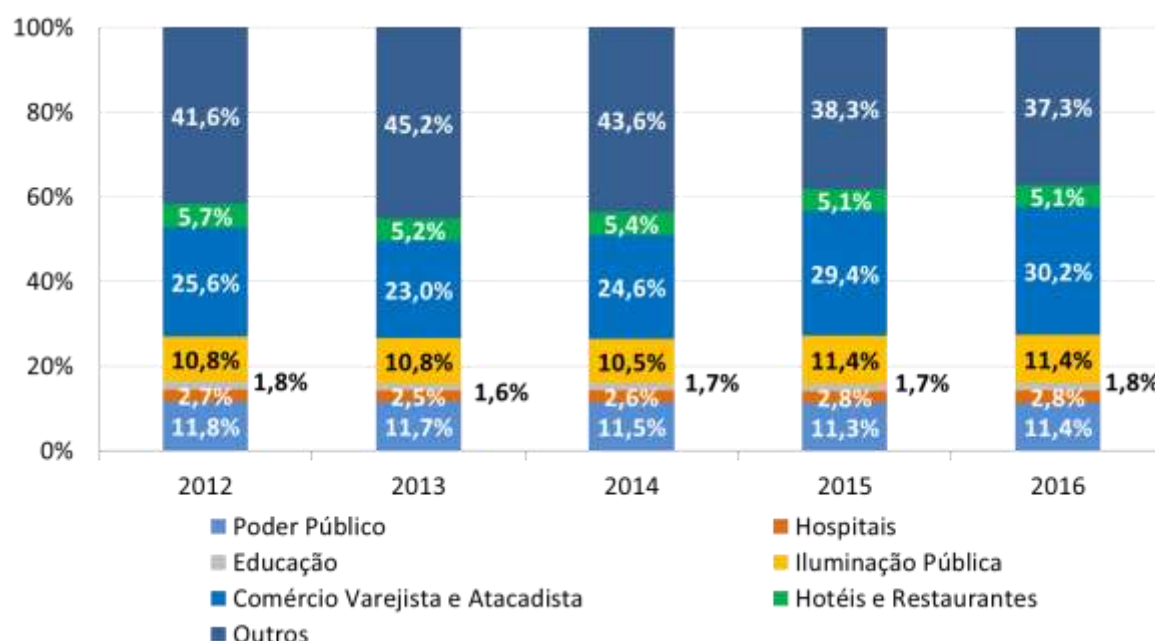
Na última década, a eletricidade teve um incremento de consumo de 50% (ou 4,1% ao ano) majoritariamente devido ao segmento de comércio varejista e atacadista, cujas taxas de crescimento do consumo de eletricidade beiraram 7% ao ano.

O Gráfico 60 mostra a distribuição do consumo de eletricidade no setor de serviços por segmento, a partir de 2012. O segmento de comércio varejista e atacadista é o mais representativo além de ser o segmento que mais cresce em relação ao consumo de energia elétrica no setor de serviços. O ganho de quase 5% de participação setorial, de 2012 a

2016, deu-se, sobretudo, ao aumento do uso de equipamentos de condicionamento ambiental além do aumento do número de estabelecimentos comerciais no período.

Os segmentos associados ao setor público somam 32,7%, em 2016, de participação no consumo de energia elétrica do setor de serviços, com destaque para iluminação pública e poder público, ambos com 11,4%, conforme ilustrado no Gráfico 60.

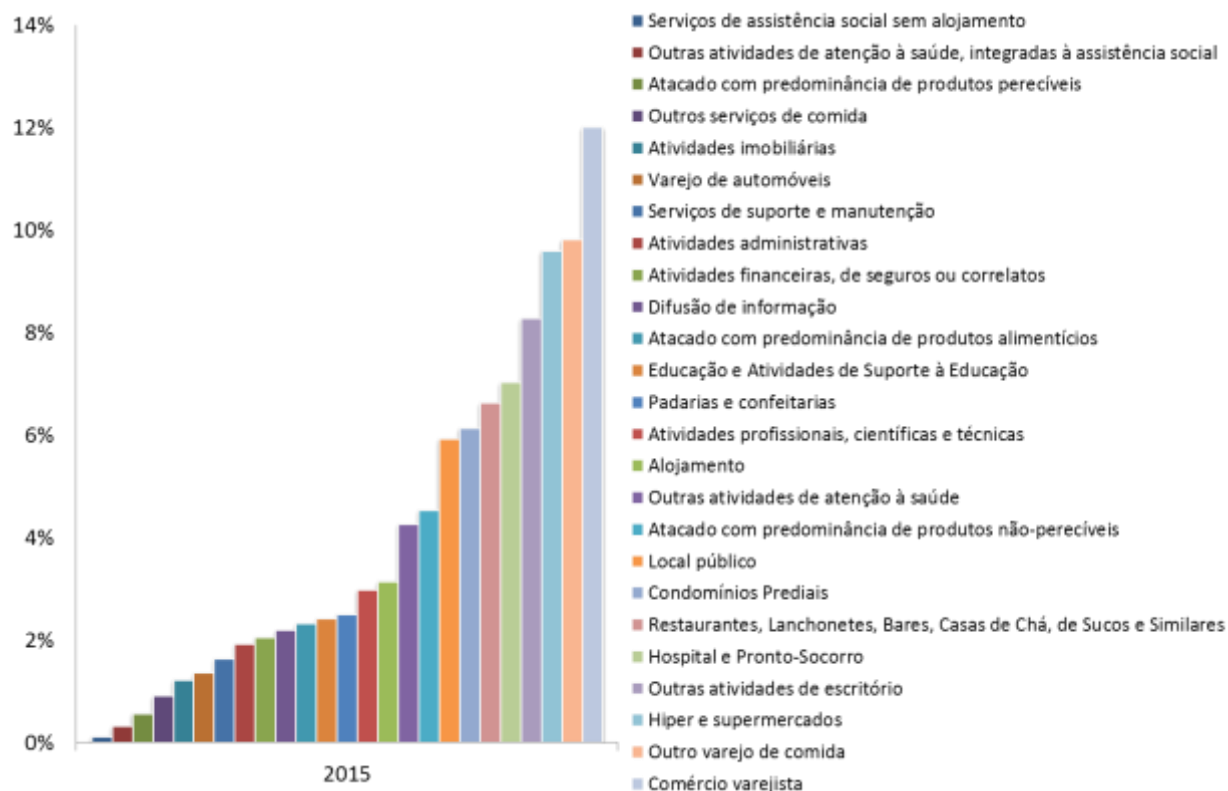
Gráfico 60 - Consumo de eletricidade do setor de serviços por segmento



Fonte: EPE

A distribuição do consumo de eletricidade no segmento comercial pode ser observada no Gráfico 61, onde cerca da metade do consumo, ou seja, 53% está concentrado em seis segmentos, que são: comércio varejista (12%), outros varejo de comida (9,8%), hiper e supermercados (9,6%), outras atividades de escritório (8,3%), hospital e pronto-socorro (7,0%), restaurantes, lanchonetes, bares e similares (6,6%).

Gráfico 61 - Participação do segmento comercial no consumo de eletricidade (ano 2015)



Fonte: Pesquisa do Setor Comercial³², EPE, FOCO 2015.

O segmento de comércio varejista é o que apresenta o maior consumo de eletricidade e uma das maiores áreas totais deste segmento comercial. No entanto, o indicador de consumo por m² é um dos menores, devido às características desse tipo de comércio: como porte (microempresas), equipamentos com uso predominante de iluminação e climatização. Entretanto, comparando esse indicador com o segmento das Padarias e Confeitarias, este apresenta o maior consumo de eletricidade do setor comercial, 218 kWh/ m², isto se deve aos principais equipamentos utilizados, que são: sistemas de aquecimento (fornos elétricos, estufas, chapas, cafeteiras, etc.) e sistemas de refrigeração (geladeiras, balcões frigoríficos, câmaras de conservação, refrigerador de água e aparelhos de ar condicionado), etc.

Em termos de consumo de eletricidade por área (kWh/m²), a Tabela 21 relaciona a distribuição desse indicador. Destacam-se os cinco maiores consumidores por área, que são: padarias e confeitarias, hiper e supermercados, difusão de informação, restaurantes,

³² Esses resultados são referentes ao Projeto Caracterização do Uso de Energia no Setor de Serviços, nível nacional, conforme Contrato nº CT-EPE-012-2014, firmado entre a EPE - Empresa de Pesquisa Energética e a Foco Opinião e Mercado, os recursos são provenientes do Acordo de Empréstimo nº 8.095-BR, formalizado entre a República Federativa do Brasil e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento - BIRD, em 1º de março de 2012.

lanchonetes, bares, casas de chá, de sucos e similares, atividades administrativas e outro varejo de comida, que totalizam 33% do consumo total de eletricidade do segmento comercial.

Tabela 21 - Consumo de eletricidade por área para os segmentos do setor de serviços em 2015

Segmentos do setor de serviços	Consumo kWh/ m ²	Eletricidade GWh
1 Padarias e confeitarias	218	2.193
2 Hiper e supermercados	180	8.382
3 Difusão de informação	138	1.914
4 Restaurantes, lanchonetes, bares, casas de chá, de sucos e similares	136	5.794
5 Atividades administrativas	118	1.684
6 Outro varejo de comida	117	8.576
7 Hospital e pronto-socorro	106	6.145
8 Atacado com predominância de produtos alimentícios	102	2.036
9 Outras atividades de atenção à saúde	101	3.731
10 Atividades financeiras, de seguros ou correlatos	95	1.793
11 Atacado com predominância de produtos não-perecíveis	83	3.967
12 Alojamento	82	2.750
13 Outros serviços de comida	76	800
14 Atividades imobiliárias	56	1.072
15 Comércio varejista	50	10.490
16 Varejo de automóveis	50	1.190
17 Atividades profissionais, científicas e técnicas	48	2.601
18 Serviços de assistência social sem alojamento	48	109
19 Atacado com predominância de produtos perecíveis	47	500
20 Outras atividades de atenção à saúde, integradas à assistência social	46	278
21 Outras atividades de escritório	44	7.234
22 Local público	43	5.181
23 Serviços de suporte e manutenção	43	1.432
24 Educação e Atividades de Suporte à Educação	30	2.119
25 Condomínios Prediais	9	5.361
Total		87.332

Fonte: FOCO (2015) Pesquisa do Setor Comercial.

Nota: trata-se da pesquisa realizada no setor de serviços, conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE1 (classificação usada com o objetivo de padronizar os códigos de identificação das unidades produtivas do país), nas seções G, I, J, K, L, M, N, P, Q, R e S. da CNAE 2.0.

8. SETOR DE TRANSPORTES

8.1 Panorama do setor

O consumo no setor transportes está relacionado aos movimentos observados nos setores residencial, agropecuário e industrial, em especial. Assim, tanto o forte crescimento do consumo das famílias nas últimas décadas, como a forte expansão da produção agropecuária e industrial, explicam o crescimento do consumo observado neste setor. No que se refere a eficiência energética, o setor de transportes é de difícil monitoramento, mas apresenta grandes oportunidades.

O consumo final energético do setor de transportes cresceu 3,1%, entre 1996 e 2016, alcançando 82.651 10³ tep. Neste mesmo período, a participação do setor no consumo final energético aumentou de 31,1% para 34,3%, posicionando-se atrás apenas da indústria (35%), como pode ser observado na Tabela 22.

Tabela 22 - Consumo final energético do setor transportes

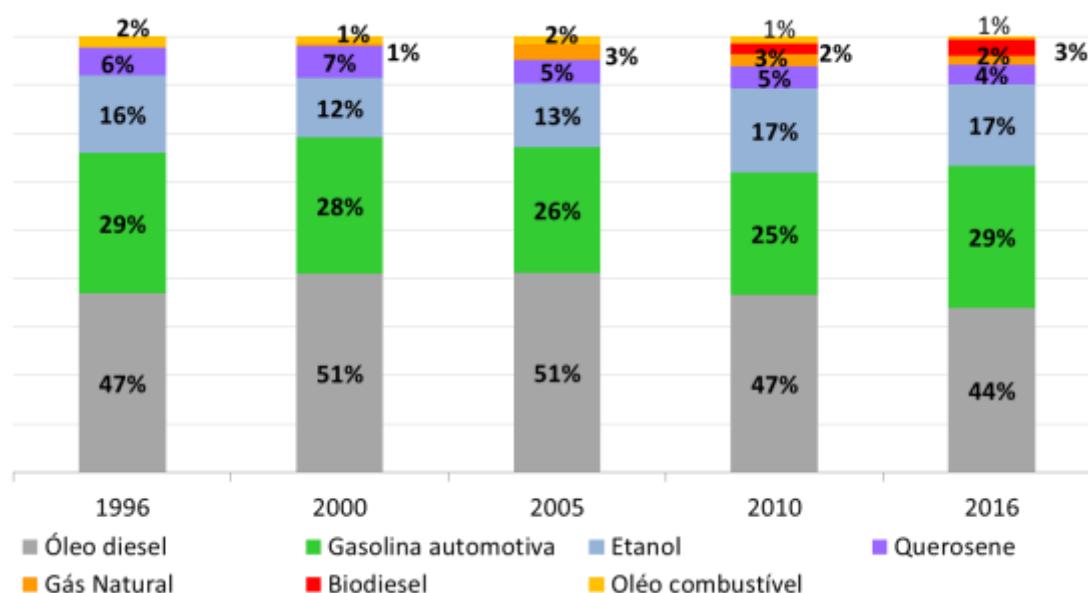
<i>Setor transportes</i>	<i>1996</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2016</i>
Consumo final do setor [10 ³ tep]	44.783	47.385	52.720	69.720	82.651
Participação no consumo final energético	31,1%	30,1%	28,9%	31,2%	34,3%

Fonte: BEN/EPE.

8.2 Evolução do consumo final de energia

O Gráfico 62 mostra a matriz energética no setor, por fonte. Destaca-se que, entre 1996 e 2016, houve redução das parcelas de óleo diesel de 47% para 44% e o crescimento da demanda de biodiesel que alcançou 3% em 2016, a partir de 0% em 2005. O etanol teve sua participação reduzida de 16%, em 1996, para 12% em 2000, devido ao declínio do Proálcool. No entanto, impulsionado pelo início das vendas de veículos de tecnologia *flex fuel* em 2003, o etanol voltou a expandir sua penetração que alcançou 17% em 2016.

Gráfico 62 - Consumo de energia no setor transportes por fonte

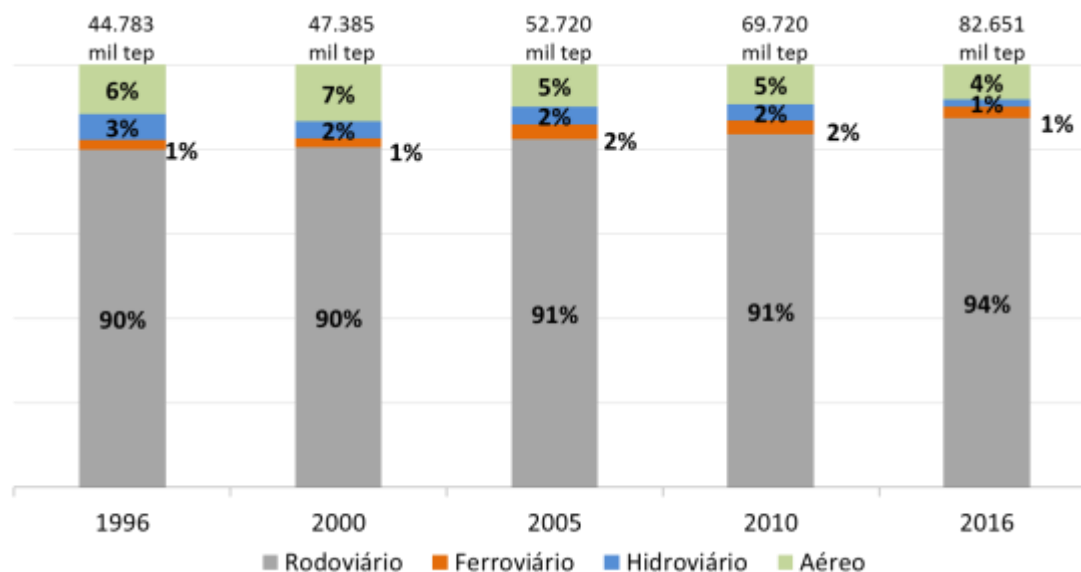


Fonte: EPE (2017c).

A predominância destes combustíveis é explicada pela estrutura de transportes no Brasil, que é majoritariamente rodoviária (caminhão, ônibus, automóveis, comerciais leves e motocicletas). Os modais ferroviário, hidroviário e aeroviário representaram em 2000, somados, 10% da demanda de energia do setor transportes, sendo esta participação ainda menor em 2016. A aviação nacional, por exemplo, caiu dois pontos percentuais, de 7% para 4%, no mesmo intervalo.

O consumo total do setor transportes subiu 47% entre 2000 e 2010, (média anual de 3,9%), de 47,4 milhões de tep para 69,7 milhões de tep. Entre 2010 e 2016, no entanto, este crescimento perdeu ritmo e cresceu 3,1% na média anual alcançando 82,7 milhões de tep conforme pode ser visto no Gráfico 63.

Gráfico 63 - Consumo de Energia no Setor Transportes por Modal



Fonte: EPE (2017c).

Outra característica do consumo de energia final no setor de transportes brasileiro é a preponderância do transporte de passageiros em relação ao setor de cargas. De acordo com o documento “Consolidação de bases de dados do setor transporte: 1970-2010” publicado pela EPE em 2012, a participação do transporte de passageiros aumentou de 55% para 58,4% entre 2000 e 2010 (EPE, 2012).

8.3 Evolução do transporte de passageiros

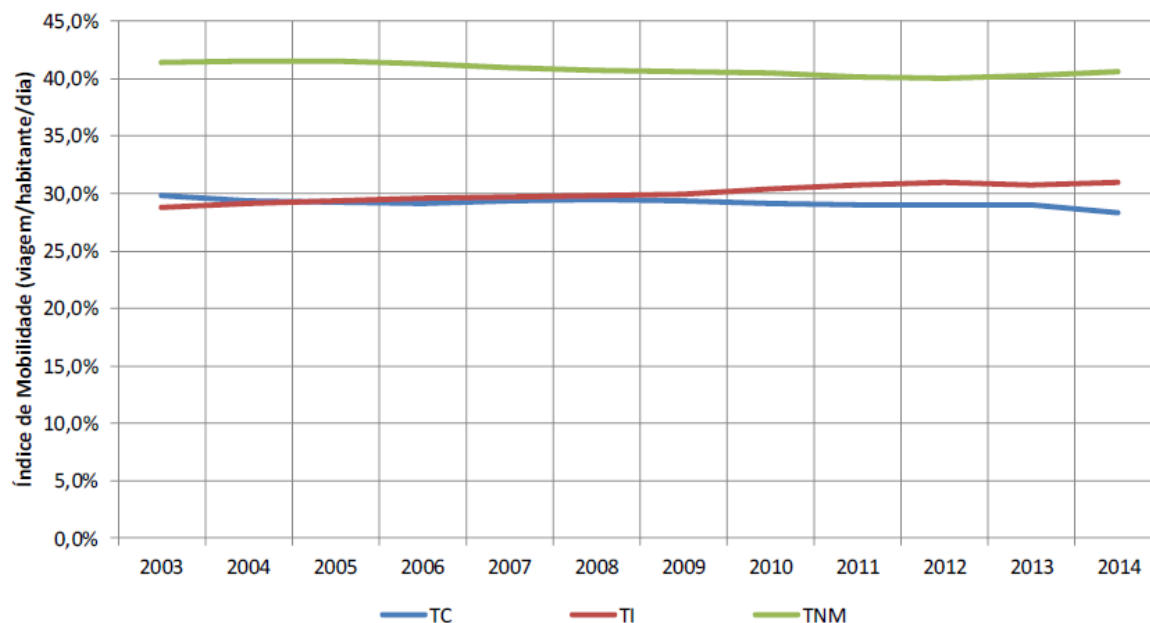
A preponderância do setor de transportes de passageiros no consumo total de energia final em detrimento do transporte de carga é sustentada pela expansão do segmento do transporte individual representado pelos automóveis, comerciais leves e motocicletas e, em menor grau, pelo transporte coletivo (ônibus).

No Gráfico 64, observa-se a evolução do índice de mobilidade (viagem/habitante/dia) de acordo com o sistema de informação da mobilidade urbana da Associação Nacional de Transporte Público (ANTP), segundo a qual a distribuição entre transporte coletivo (ônibus municipal, ônibus metropolitano, trilhos), transporte individual (moto, automóveis) e transporte não motorizado (a pé, bicicleta), não apresentou variações significativas entre 2003 e 2014.

Por outro lado, verifica-se uma inversão de posição entre o transporte coletivo e o individual. Em 2003, o transporte coletivo era o segundo modo agregado, com 29,8% do total de viagens, enquanto em 2014 o posto de segundo colocado ficou com o transporte individual,

com 31,0%. Contribuiu para este resultado a expansão das motos cuja participação no índice de mobilidade passou de 2% para 4% no período estudado (ANTP, 2016).

Gráfico 64 - Evolução da divisão modal



Fonte: ANTP (2016)

8.3.1 Veículos leves

A Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) informa a quantidade de carros vendidos a cada ano, reproduzida na Tabela 23. No período de 1996 a 2010, o crescimento foi significativo: 98,9%. Outro intervalo de destaque ocorreu entre 2010 e 2016, quando as vendas anuais foram afetadas pela crise econômica e política no país, reduzindo-se em 40,3%.

Tabela 23 - Licenciamento de veículos leves

Vendas [unidades]	1996	2000	2005	2010	2016	2016/1996
Veículos leves novos	1.673.136	1.403.644	1.619.840	3.329.029	1.988.601	+0,9%/ano

Fonte: ANFAVEA.

Entre 2000 e 2016, a frota de veículos leves no Brasil cresceu em média 5,2% ao ano, alcançando 38,8 milhões de unidades. Deste total, os veículos *flex fuel*, que passaram a ser vendidos a partir de 2003, representaram cerca de 68% em 2016. (vide Tabela 24).

Tabela 24 - Frota automotiva brasileira³³

Frota	2000	2003	2005	2010	2016	$\Delta\%$ a.a. (2016/2000)
Quantidade [milhões de unidades]	17,8	19,6	20,9	28,7	38,8	+5,2%
% de veículos flex	0,00%	0,20%	5,70%	42,80%	67,90%	N.A

Fonte: elaboração EPE³⁴.

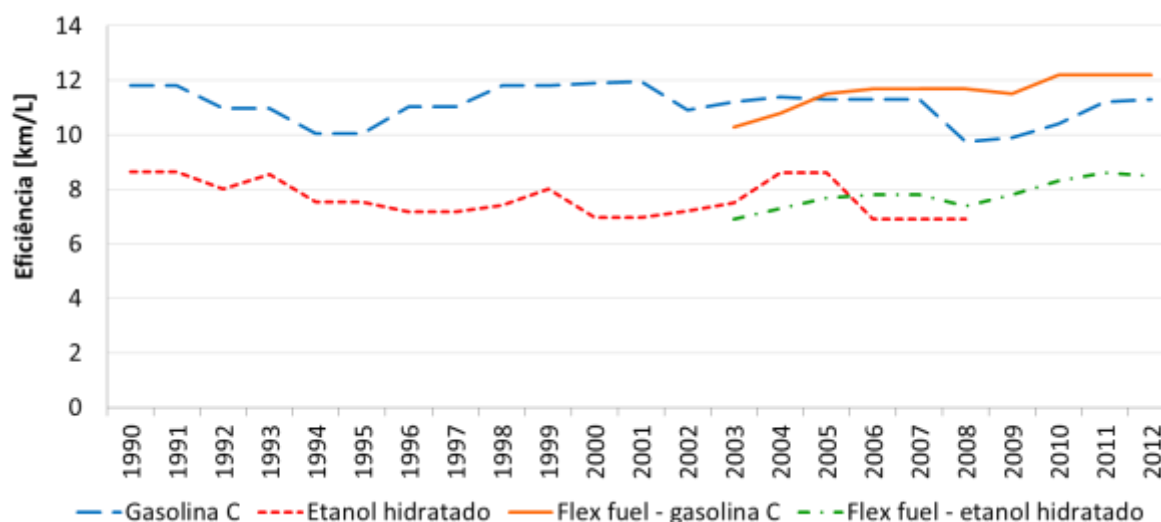
8.3.2 Rendimento de veículos leves

Como mencionado anteriormente, a análise sobre eficiência energética no setor de transportes é de difícil execução já que envolve diversos parâmetros e o monitoramento de suas evoluções, dentre os quais o consumo específico [km/l] por tipo de veículo.

A evolução do rendimento médio da frota de veículos leves não é apenas influenciada pelo rendimento dos novos veículos vendidos, mas é função de fatores tais como: forma de direção dos indivíduos, estado de manutenção dos veículos e das vias, ambiente de uso (urbano e intensidade), dentre outros aspectos.

No Gráfico 65 é apresentado um histórico do rendimento estimado dos veículos, diferenciando o tipo de veículo e o combustível utilizado.

Gráfico 65 - Evolução da eficiência (consumo específico) dos veículos leves



Fonte: MMA (2014).

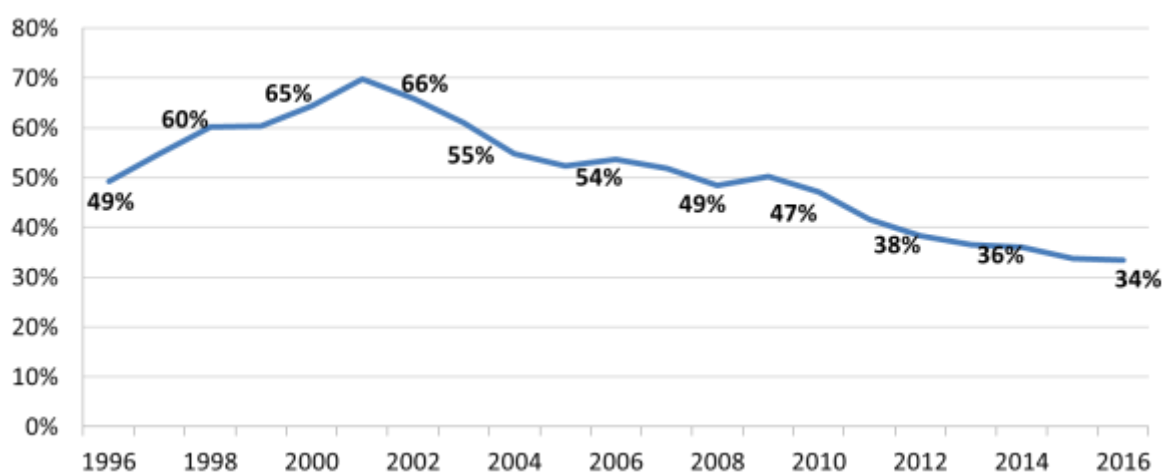
³³ Inclui carros e veículos comerciais leves;

³⁴ Não existe atualmente no Brasil um consenso sobre a frota nacional de automóveis, devido à incerteza em relação ao sucateamento de veículos ao longo dos anos. A EPE estuda a questão e trabalha com uma curva típica de sucateamento veicular.

Observa-se um aumento da eficiência dos veículos *flex fuel* em 17% entre 2003 e 2009, de 10,3 km/l para 12 km/l, quando consumindo gasolina. Já os veículos a gasolina apresentaram redução de 15% na eficiência no mesmo período, chegando a 9,5 km/l em 2009.

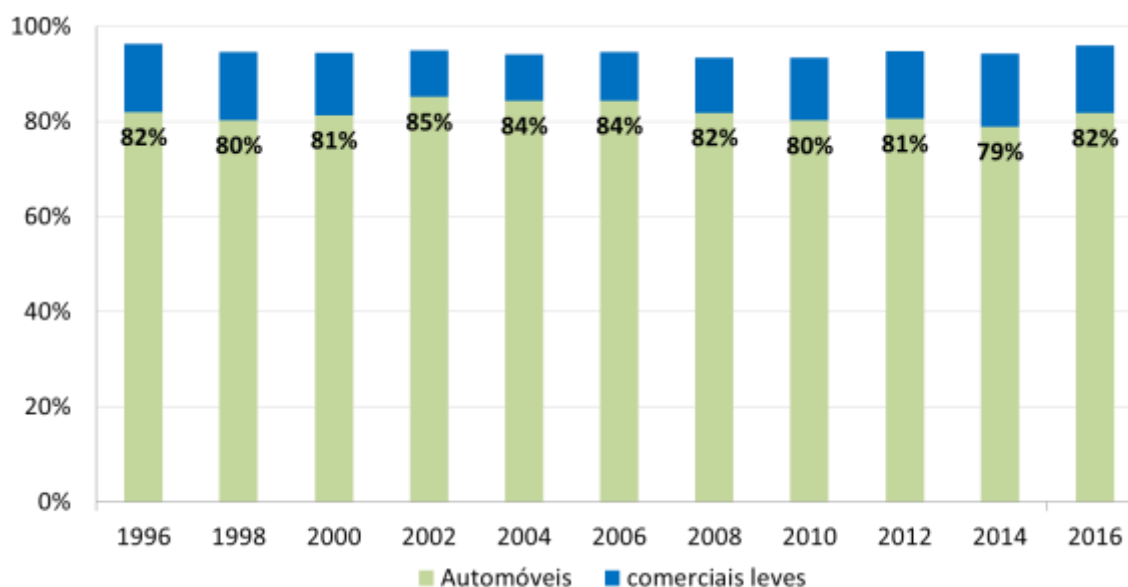
Para fins de análise da eficiência média veicular, deve-se também levar em consideração a redução das vendas dos automóveis de 1000 cc a partir de 2001 e o aumento da participação, nas vendas, de veículos com maior motorização (Gráfico 66) e de veículos comerciais leves (Gráfico 67), que tendem a consumir mais combustível por distância percorrida.

Gráfico 66 - Participação dos automóveis 1000cc no total licenciado



Fonte: ANFAVEA (2017).

Gráfico 67 - Proporção de comerciais leves e automóveis na produção de veículos leves



Fonte: ANFAVEA (2017).

Recentemente alguns programas e políticas específicas de eficiência energética vêm sendo introduzidos no setor, o que tem melhorado, mesmo que singelamente, a análise setorial. A partir do lançamento do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), em novembro de 2008, a autonomia (km/l) de veículos ciclo Otto novos à venda no mercado nacional passou a ser medido em laboratório, com ciclos de condução padrão urbano e rodoviário, e combustíveis de referência (gasolina, etanol e gás natural). O programa tem como objetivo principal permitir que o consumidor compare a eficiência energética de veículos de uma mesma categoria, atuando, assim, como elemento de redução de assimetria de informação no mercado (INMETRO, 2014).

A evolução do PBE veicular possibilita o aprimoramento de análises do consumo específico médio dos veículos novos vendidos no Brasil. No entanto, dado o nível de detalhamento das estatísticas por ele produzidas, a análise do impacto que estes veículos, de fato, apresentam no consumo específico médio da frota de veículos novos requer, idealmente, igual nível de detalhamento das vendas de veículos novos, o que nem sempre é possível. Por exemplo, dois veículos de mesma categoria, mesma marca e mesmo modelo, mas com versões diferentes, podem apresentar classificações distintas, dependendo da transmissão de velocidades, o uso ou não de ar condicionado, o tipo de direção assistida e o tipo de motor utilizado (a gasolina, a etanol ou “flex”).

Na primeira edição, publicada em 2009, o PBE veicular (PBEV) contou com a adesão voluntária de cinco marcas e 54 modelos/versões de veículos. Em sua sexta edição,

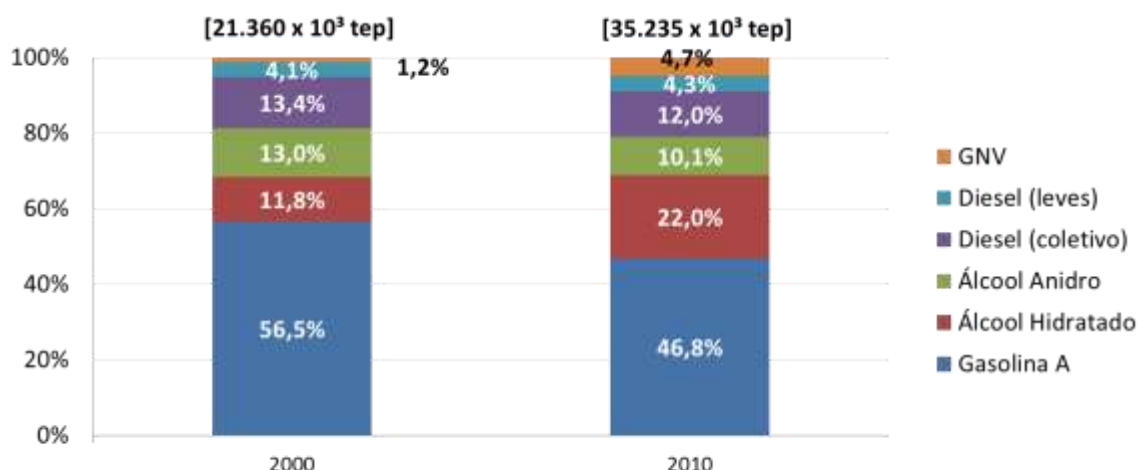
publicada em 2014, o referido programa aumentou consideravelmente sua abrangência com a adesão de 36 marcas e 496 modelos/versões. Em 2017, foi lançada a 9ª edição do PBEV no qual foram listados carros de 33 marcas, totalizando 864 modelos e versões.

Cabe destacar também que o expressivo aumento da adesão dos fabricantes nos últimos anos foi impulsionado pelo programa do Governo Federal criado em 2012, denominado Inovar-Auto, que cria incentivos fiscais para, entre outros aspectos, a melhoria da eficiência energética dos veículos. Para se beneficiar dos incentivos, os fabricantes precisam aderir ao PBEV e atender, em médio prazo, padrões de eficiência energética em toda sua linha de produtos (CETESB, 2012).

8.3.3 Consumo Final

No Gráfico 68, observa-se a evolução do consumo final de combustíveis no transporte de passageiros, entre 2000 e 2010. Neste período, a inserção da tecnologia de veículos leves *flex fuel* repercutiu no aumento da demanda pelo etanol hidratado, cuja participação passou de 11,8% para 22,0%. Nota-se também a expansão do GNV que é utilizado em veículos convertidos através do kit GNV (conjunto de equipamentos que possibilitam o uso deste combustível paralelamente à gasolina e ou ao etanol) e mostra-se competitivo principalmente para veículos que percorrem longas distancias diariamente e que recebem benefícios fiscais locais (descontos no IPVA, por exemplo).

Gráfico 68- Evolução do consumo de combustíveis por veículos leves



Fonte: EPE (2012) e EPE (2013c).³⁵

³⁵ Assumindo que os combustíveis consumidos no transporte rodoviário foram utilizados integralmente no o transporte de passageiros, a exceção do diesel, cujo consumo foi desagregado

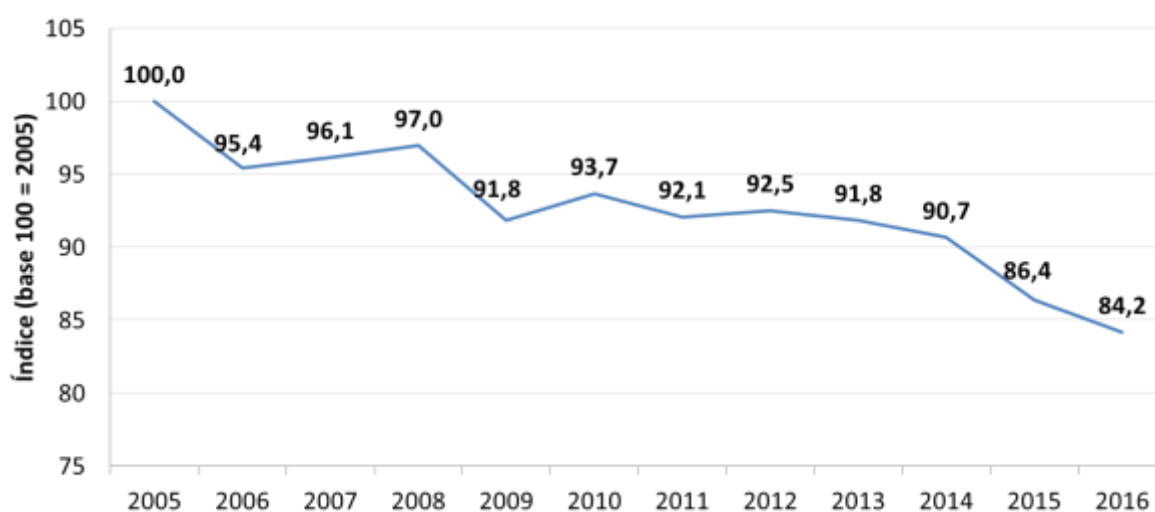
8.4 Indicadores

8.4.1 ODEX

A evolução do ODEX para o setor de transportes apresentou redução de 15,8% entre 2016 e 2005, alcançando o patamar de 84,2 como pode ser observado no Gráfico 69. Os indicadores de unidade de consumo que constituem o ODEX de transportes compreendem medidas de monitoramento da atividade de transporte de passageiros e carga no Brasil com base nos seguintes segmentos:

- transporte individual de passageiros
- transporte rodoviário de cargas,
- transporte ferroviário de cargas,
- transporte aquaviário de cargas,
- transporte aeroviário de passageiros.

Gráfico 69- ODEX do setor de transportes

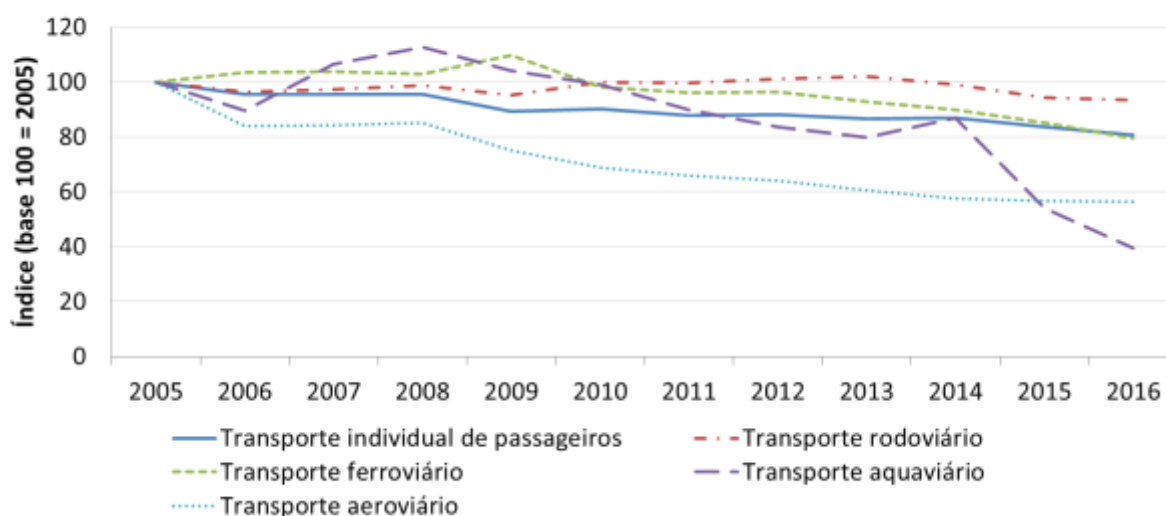


Fonte: EPE

A evolução dos indicadores de unidade de consumo que constituem o ODEX de transporte é apresentada no Gráfico 70.

entre coletivo (ônibus), leves (comerciais leves, por exemplo *vans* e *pickups*) e carga a partir de estimativas das NT SDB-Abast nº 1/2012.

Gráfico 70 - Indicadores de unidade de consumo do setor de transportes



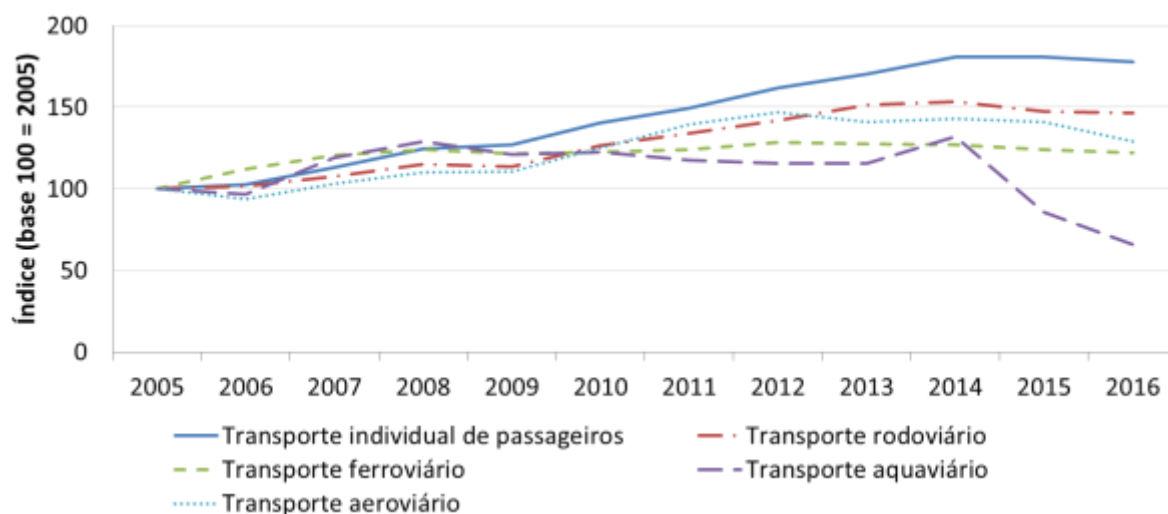
Fonte: EPE

8.4.2 Análise dos indicadores de consumo do ODEX

Os indicadores de consumo do ODEX são calculados pela razão entre o consumo de energia de cada segmento selecionado e a correspondente medida de atividade.

No Gráfico 71 encontram-se os consumos de energia utilizados em cada um dos componentes do ODEX, indicando, com exceção do transporte aquaviário de cargas, a tendência de crescimento do consumo até 2014 e relativa estabilização nos anos seguintes influenciada pelo cenário econômico nacional. Em especial no segmento aquaviário, verifica-se um crescimento em 2014 e declínio nos anos seguintes, devido em grande medida ao comportamento do consumo de óleo combustível observado no Balanço Energético Nacional (BEN).

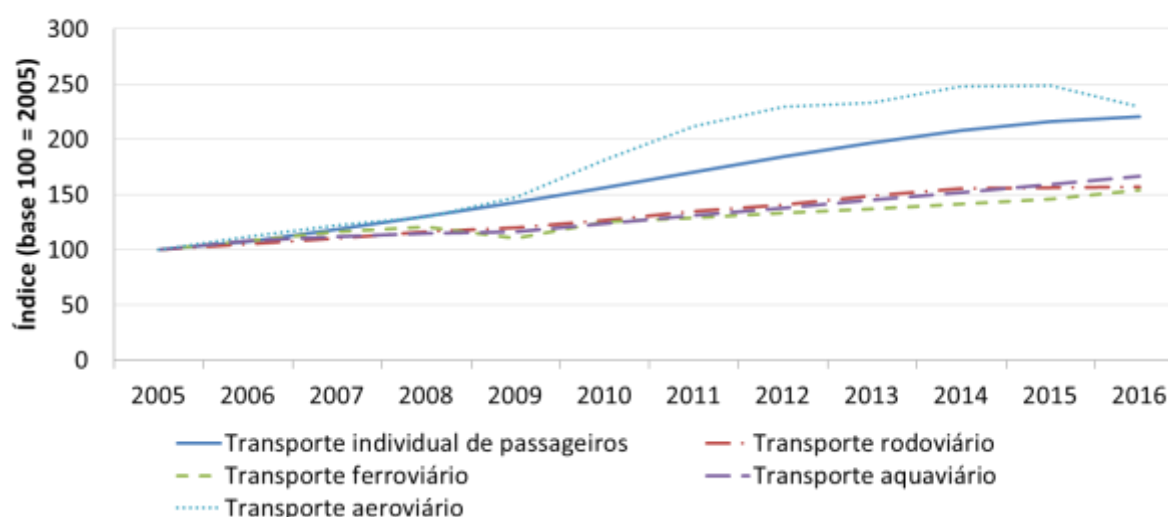
Gráfico 71 - Consumo de energia por componente do ODEX



Fonte: EPE

No Gráfico 72, encontram-se as medidas de atividade por componente do ODEX que indicam tendência de crescimento ao longo do período analisado. O segmento do transporte aéreo, no entanto, apresenta um comportamento diferenciado tendo em vista o crescimento mais acelerado no período de 2009 a 2014 e um declínio nos anos subsequentes.

Gráfico 72 - Medida de atividade por componente do ODEX



Fonte: EPE

Transporte individual de passageiros

O monitoramento da atividade de transporte individual de passageiros é avaliado por meio da razão entre o consumo de combustíveis utilizados em veículos leves e os tamanhos de

suas respectivas frotas. Os combustíveis compreendidos são gasolina A, etanol anidro e hidratado e gás natural veicular (GNV). Os veículos envolvidos são automóveis, motocicletas e veículos comerciais leves a gasolina e *flex fuel*.

O objetivo é identificar o consumo de energia por unidade de transporte individual de passageiros equivalente, identificando a trajetória do uso da energia final para este tipo de atividade. Nota-se que quando avaliado entre 2005 e 2016, o indicador apresenta um declínio de cerca de 20% ao longo do período, devido ao ritmo de crescimento da medida de atividade (frota de veículos leves) superior ao verificado no consumo de energia.

Transporte rodoviário de cargas

A proposta de monitoramento do transporte rodoviário de cargas se baseia na razão entre o consumo de óleo diesel no transporte rodoviário e a frota de caminhões em cada ano. O volume de óleo diesel informado pelo Balanço Energético Nacional (BEN) não apresenta a abertura entre os segmentos consumidores (caminhões, tratores, veículos comerciais leves e ônibus).

O cálculo do valor destinado exclusivamente a caminhões baseou-se em fatores de participação destes veículos sobre o consumo total de diesel do transporte rodoviário presente em estudos da EPE (EPE, 2012). A frota de caminhões utilizada foi calculada pelo modelo de transporte desenvolvido pela EPE. Nota-se que quando avaliado entre 2005 e 2016, o indicador apresenta um declínio de 6% ao longo do período. Este declínio se deve à estabilização da medida de atividade (frota de caminhões) associado à redução do consumo de energia no período de análise.

Transporte ferroviário de cargas

O transporte ferroviário de cargas foi calculado pela razão entre o consumo energético do setor ferroviário informado pelo Balanço Energético Nacional (BEN) e o valor da atividade de transporte ferroviário de carga em tonelada-quilômetro (t-km). A avaliação deste indicador entre 2005 e 2016 identificou uma queda do consumo por t-km de 21%. Este comportamento se deve à relativa estabilidade do consumo de energia neste segmento associada ao crescimento da medida de atividade (t-km) ao longo do período analisado.

Transporte aquaviário de cargas

O transporte aquaviário de cargas foi calculado pela razão entre o consumo energético do setor ferroviário informado pelo Balanço Energético Nacional (BEN) e o valor da atividade de transporte aquaviário de carga em tonelada-quilômetro (t-km). A avaliação deste indicador entre 2005 e 2016 identificou uma queda do consumo por t-km de 60%. Este declínio é

resultante da retração do consumo de energia observado principalmente a partir de 2014, associado ao crescimento da medida de atividade (t-km) ao longo de todo período analisado.

Transporte aeroviário de passageiros

O transporte aéreo de cargas foi calculado pela razão entre o consumo energético do setor aeroviário informado pelo Balanço Energético Nacional (BEN) e a quantidade de passageiros transportados informados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Nota-se a redução gradativa do valor do indicador ao longo do período 2005-2016, atingindo ao final do período uma redução de 44%. Este resultado é decorrente de um crescimento da medida de atividade superior ao crescimento da medida de consumo ao longo do período analisado.

9. CONCLUSÃO

Esta Nota Técnica consolida o segundo ciclo de trabalho da EPE na elaboração do banco de dados de indicadores de eficiência energética, o que representa um passo fundamental para a disseminação e discussão dos indicadores nacionais de eficiência energética no Brasil.

As práticas de eficiência energética podem ser uma das estratégias mais eficazes para se atender a demanda energética. Evitar o desperdício e conseguir realizar um serviço energético com uma quantidade menor de energia resulta em diversos benefícios para a sociedade. O usuário final tem um custo menor com energia, com ganhos de competitividade e benefícios para toda a sociedade, inclusive por meio da redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

O monitoramento do progresso da eficiência energética é um dos pilares fundamentais para que sejam identificadas e direcionadas ações apropriadas, compondo uma abordagem sistêmica necessária para a promoção do uso eficiente de energia no Brasil.

Nos últimos 20 anos, a oferta interna de energia (OIE) apresentou crescimento expressivo, fortemente correlacionada com o produto interno bruto (PIB). A participação de energias renováveis na matriz energética brasileira manteve-se estável com valores superiores a 40%. Manter estes patamares já é um grande desafio para o Brasil, sendo este um dos maiores percentuais de energias renováveis do mundo.

Nesse contexto, as intensidades energéticas primária e final cresceram e isto está associado, dentre outros fatores, à primarização da economia do país, ou seja, mais energia para obtenção de produtos com baixo valor agregado, principalmente no período entre 2011 e 2016. Porém, este indicador visto de forma agregada pode ocultar diversos avanços em relação a ganhos de eficiência em setores específicos.

No setor energético, destaca-se a redução em 17% do consumo específico para a produção de etanol, entre 1996 e 2016, o que representa melhoria de eficiência no consumo de bagaço para a produção do vapor necessário nos processos de produção de etanol. O aumento em 16%, no mesmo período, do rendimento na produção de eletricidade a partir do bagaço ratifica a melhoria de eficiência no segmento sucroalcooleiro.

O crescimento da indústria foi heterogêneo em cada período analisado, resultando em mudanças na participação no valor agregado, no consumo final e, conseqüentemente, na intensidade energética. Entre 2000 e 2010 o consumo energético da indústria aumentou principalmente em função do aumento da atividade industrial. Entre 2014 e 2016 a indústria

apresentou queda na atividade, levando à redução do consumo de energia. O efeito intensidade levou ao aumento do consumo entre 2000 e 2005 e entre 2011 e 2016, e a uma pequena redução entre 2006 e 2010. Cabe ressaltar que o aumento da intensidade não necessariamente significa que a indústria ficou menos eficiente, pois fatores como alteração na estrutura dos segmentos influenciaram na intensidade.

As alterações na estrutura da indústria levaram ao aumento do consumo entre 2000 e 2005 e entre 2011 e 2016 (maior participação de energointensivos) e redução do consumo entre 2006 e 2010 (menor participação dos energointensivos). Entre 2006 e 2010, o crescimento abaixo da média dos segmentos da siderurgia e ferroligas, ambos energointensivos, resultou em efeito estrutura que reduz o consumo energético. Já entre 2011 e 2016, enquanto a maioria dos setores apresentou contração com a recessão da indústria, o setor de papel e celulose apresentou crescimento expressivo, aumentando sua participação relativa e contribuindo para o aumento do consumo na indústria, por ser energointensivo.

Em 2016 o ODEX da indústria foi de 95, ou seja, 5% menor que o ODEX em 2005, com redução média de 0,5% a.a. Os segmentos que contribuíram para a redução do ODEX foram: outros da metalurgia, ferroligas, mineração, siderurgia, açúcar, cimento e química.

O setor agropecuário apresentou modificações significativas na produção tanto no segmento agrícola como pecuário ampliando seu consumo final energético ao longo de todo o horizonte. Inicialmente, entre 1996 e 2005, os maquinários agrícolas foram implementados, os frigoríficos se consolidaram e ambos se destacaram como os principais fatores que contribuíram para ampliar o valor agregado e o consumo final energético. Especificamente na pecuária, a partir do ano 2000, o atendimento do consumo interno e a exportação de carnes (aves, suínos e bovinos) comprimiu ainda mais a intensidade energética.

Em 2006, a intensidade energética atingiu o seu menor patamar devido ao processo de mecanização das lavouras que sinalizavam uma agricultura eficiente mais produtiva e a produção recorde no abate de bovinos (o maior consumo per capita de carne bovina com 42,8 kg/hab). A intensificação da pecuária, expressivamente na avicultura e na suinocultura, e a constante necessidade de irrigação das culturas ampliaram significativamente o consumo de combustíveis, em especial da eletricidade entre 2006 e 2010. A partir de 2011, o pico de mecanização em determinados cultivos e a elevada participação da bovinocultura extensiva na maior parte do país para atendimento ao mercado externo, associados aos impactos das recentes crises econômicas, ditaram um aumento da intensidade elétrica. Entretanto, o consumo de energia se mantém relativamente baixo até o período atual.

No setor residencial, após os períodos de baixo crescimento econômico que caracterizaram as décadas de 1980 e parte da década de 1990, a estabilidade econômica e as políticas de

distribuição de renda, implantadas nas últimas décadas, criaram condições para o aumento do consumo de energia pelas famílias, especialmente, energia elétrica. A elevação do rendimento médio da população e o advento da Lei de Eficiência Energética, que estabeleceu as normas para a definição de índices mínimos de eficiência energética para equipamentos comercializados no Brasil, criaram condições para o aumento da posse de equipamentos novos mais eficientes pelas famílias. Nesse contexto, o ODEX calculado para o consumo energético do setor residencial exhibe redução de 19% entre 2005 e 2016, influenciado principalmente pelo fim da comercialização de lâmpadas incandescentes e a substituição por dispositivos mais eficientes.

O setor de serviços apresenta características de atividades muito diversificadas e com insuficiência de dados. Nesse setor, estão agregadas as atividades dispareas como hospitais, hotéis, bares, restaurantes, supermercados, escolas, escritórios e comércio varejista, entre outros. Devido à heterogeneidade e insuficiência de dados, o setor de serviços necessita de indicadores de eficiência energética mensuráveis, intuindo, apenas de forma qualitativa, aumento de eficiência frente aos investimentos realizados no âmbito do Programa de Eficiência Energética da ANEEL. No entanto, diversas ações sistematizadas de eficiência energética vêm sendo implementadas há mais de 20 anos, com destaque para as que apresentam impacto no setor de serviços: banimento das lâmpadas incandescentes, etiquetagem de equipamentos e de edificações, Selo PROCEL, Selo CONPET, compras públicas sustentáveis, índices mínimos, RELUZ e etc.

O crescimento da renda per capita e a estabilidade econômica acrescidos de condições favoráveis de financiamento para aquisição de veículos, que vigoraram principalmente na primeira década do novo milênio, impactaram no significativo crescimento da frota de veículos leves e motos. A renovação da frota por veículos de menor consumo específico (km/l), estimulada por políticas de eficiência energética como o PBEV e o INOVAR AUTO proporcionou um declínio do consumo de energia por unidade de transporte individual de passageiros equivalente de 20% entre 2005 e 2016.

No transporte rodoviário de cargas, o crescimento do PIB e, em especial, o crescimento da produção agropecuária para abastecimento do mercado interno e externo impactou o crescimento da frota de caminhões no período estudado. A renovação da frota por veículos de menor consumo específico contribuiu para que a razão entre o consumo de óleo diesel no transporte rodoviário e a frota de caminhões apresentasse declínio de 6% entre 2005 e 2016. Além dos indicadores de transporte individual de passageiros e do transporte rodoviário de carga, os indicadores do transporte ferroviário e aquaviário de cargas e do aeroviário de passageiros contribuíram para redução de 15,8% do ODEX de transporte entre 2005 e 2016.

O rendimento médio da geração de eletricidade brasileira vem sofrendo decréscimo ao longo dos últimos 20 anos por conta da perda de participação da fonte hidráulica, que era de aproximadamente 90% em 1996 e chegou a 66% em 2016. A participação de fontes termelétricas passou de aproximadamente 10% para 30% no mesmo período. Este movimento indica a necessidade de mais energia primária por GWh gerado. Apesar de esse efeito ter sido suavemente atenuado pela maior expansão da fonte eólica e pela melhora do rendimento médio das termelétricas ao longo do período, o rendimento médio total da geração elétrica, que em 1996 foi de cerca de 80%, atingiu aproximadamente 60% em 2016.

A estruturação da base de dados é fundamental para as ações em eficiência energética. A coleta, elaboração e manutenção de dados estatísticos relacionados à eficiência energética no país requer uma estrutura institucional com esta incumbência, que garanta o acompanhamento dos resultados efetivamente obtidos em programas de eficiência energética, bem como a inserção destas informações em uma base de dados com acesso livre a partes interessadas. Além disso, é de suma importância uma maior aproximação dos principais agentes dos setores de consumo, com a finalidade de melhorar o fluxo da informação e aprimorar a qualidade da mesma.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. “Revista Abrava nº 16 - edição de maio de 2013”. Disponível em <http://www.abrava.com.br/>, acessado em 05/11/2013: ABRAVA, 2013.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Apresentação realizada no 10º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética (COBEE) por Máximo Pompermayer. Rio de Janeiro, 2013.

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. “Anuário da Indústria Automobilística Brasileira”. São Paulo: ANFAVEA, 2017.

BRASIL. “Decreto Presidencial de 18 de julho de 1991 - Institui o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural - CONPET e dá outras providências.”, 1991.

BRASIL. “Lei nº 10.847 - Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética - EPE e dá outras providências.”, 2004.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº1.877 - MME & MIC”, 1985.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº553 - MME, MCT & MDIC”, 2005.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº132 - MME, MCT & MDIC”, 2006.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº362 - MME, MCT & MDIC”, 2007a.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº363 - MME, MCT & MDIC”, 2007b.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº364 - MME, MCT & MDIC”, 2007c.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº298 - MME, MCT & MDIC”, 2008.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº238 - MME, MCT & MDIC”, 2009.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº959 - MME, MCT & MDIC”, 2010a.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº1007 - MME, MCT & MDIC”, 2010b.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº1008 - MME, MCT & MDIC”, 2010c.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº323 - MME, MCT & MDIC”, 2011a.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº324 - MME, MCT & MDIC”, 2011b.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº325 - MME, MCT & MDIC”, 2011c.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº326 - MME, MCT & MDIC”, 2011d.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. “Emissões Veiculares no Estado de São Paulo”. São Paulo: CETESB, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Indicadores da Agropecuária. Observatório Agrícola. Ano XXVI, nº 09 de Setembro de 2017, p. 01-120. Brasília: Conab, 2017.

EC - European Commission. Consulta ao banco de dados do sítio da Eurostat: <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/transport/data/database>>, acessado em 20/02/2014: Eurostat, 2013.

ELETOBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras. “Pesquisa de Posse e Hábitos do Consumo de Energia (PPH)”. Rio de Janeiro, ELETOBRAS, 2006.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Balço Energético Nacional 2017 - ano base 2016”. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Plano Nacional de Energia 2030”. Rio de Janeiro: EPE, 2007.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Consolidação de bases de dados do setor transporte: 1970-2010”. Nota técnica SDB-Abast nº 1/2012. Rio de Janeiro: EPE, 2012.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Apresentações Setoriais Referentes ao Banco de Indicadores de Eficiência Energética”. Rio de Janeiro: EPE, 2013a.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Banco de Indicadores de Eficiência Energética”. Rio de Janeiro: EPE, 2013b.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. “Forestry Production and Trade”. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO/visualize>>, acessado em 05/11/2017: FAO, 2017.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. “Cenários Ibá - Estatísticas da Indústria Brasileira de Árvores, janeiro de 2017”. Disponível em <http://iba.org/images/shared/Cenarios/Cenarios_Jan_2017.pdf>, acessado em 10/11/2017: Ibá, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. “Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA”. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>, acessado em 04/10/2013: IBGE, 2013.

IEA - Agência Internacional de Energia. “Energy Efficiency Market Report”. Paris: IEA, 2013.

IEA - Agência Internacional de Energia. “Key World Energy Statistics”. Paris: IEA, 2013.

- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. “Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE”. Disponível em http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/veiculos_leves_2014.pdf, acessado em 14/03/2014: INMETRO, 2014
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. “A Crise na Produção do Etanol e as Interfaces com as Políticas Públicas”. Radar : tecnologia, produção e comércio exterior, Nº 39 (junho de 2015). Brasília: IPEA, 2015.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. “1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários”. Brasília: MMA, 2011.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. “2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários”. Brasília: MMA, 2014.
- MME - Ministério de Minas e Energia. “Plano Nacional de Energia 2030”. Brasília: MME, 2007.
- ODYSSEE-MURE. “Energy Efficiency Policies in the European Union”. Londres: ENERDATA, 2013.
- PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. “Relatório de Resultados do Procel 2013 - ano base 2012”. Rio de Janeiro: Procel, 2013. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B8C4A271C-8CC7-48B8-BDCE-16947CB6DEC4%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>
- SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. “Relatório anual de 2008”. Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdf/relat2008-9web.pdf>: SNIC, 2008.
- WHO - Organização Mundial da Saúde. “Burning opportunity: clean household energy for health, sustainable development, and wellbeing of women and children”. Geneva: World Health Organization, 2016.