

Atlas da Eficiência Energética Brasil | 2019

Relatório de Indicadores



Benchmarking
internacional
elaborado pela



International
Energy Agency

Colaboradores

NOTA TÉCNICA EPE/DEA/SEE/001/2020

Coordenação Executiva

Jeferson Borghetti Soares

Superintendentes

Angela Oliveira da Costa

Carla da Costa Lopes Achão

Superintendentes Adjuntos

Gustavo Naciff de Andrade

Marcelo Castelo Branco Cavalcanti

Consultores Técnicos

Arnaldo dos Santos Junior

Gláucio Vinícius Ramalho Faria

Patrícia Feitosa Bonfim Stelling

Rafael Barros Araújo

Coordenação Técnica

Felipe Klein Soares

Rogério Antônio da Silva Matos

Equipe Técnica

Aline Moreira Gomes

Allex Yujhi Gomes Yukizaki

Ana Cristina Braga Maia

Bruno Rodamilans Lowe Stukart

Daniel Kuhner Coelho

Fernanda Marques Pereira Andreza

Lidiane de Almeida Modesto

Patrícia Messer Rosenblum

Thiago Pastorelli Rodrigues

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Ministro de Estado

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior

Secretária-Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Reive Barros dos Santos



Empresa de Pesquisa Energética

Presidente

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

Diretor de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

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



Este relatório possui um capítulo de benchmarking internacional, que é o resultado de uma cooperação detalhada sobre dados e políticas entre a Agência Internacional de Energia (AIE) e a EPE. Representa um marco no relacionamento entre as duas instituições e é o resultado da primeira troca abrangente de dados entre a AIE e um país associado (não membro) na América Latina e do intercâmbio contínuo de conhecimento por meio do Programa de Eficiência Energética nas Economias Emergentes.

A equipe da AIE que contribuiu para a execução deste capítulo foi:

Coordenação Técnica

Edith Bayer

Equipe Técnica

Mafalda Leite da Silva

Mariano Berkenwald

Jacob Teter

Pharoah Le Feuvre

Till Bunsen

Joe Ritchie

Alison Pridmore

Peter Levi

Kevin Lane

Tiffany Vass

Hugo Salamanca

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivos e conteúdo.....	13
1.2	Relevância da eficiência energética.....	13
1.3	Políticas de eficiência energética - breve histórico.....	15
2.	PANORAMA ECONÔMICO E ENERGÉTICO.....	17
2.1	Oferta interna de energia e consumo final.....	17
2.2	Intensidade Energética.....	21
2.3	Eficiência energética global do Brasil.....	23
3.	INDÚSTRIA.....	25
3.1	Setor industrial.....	25
3.1.1	Panorama.....	25
3.1.2	Políticas vigentes.....	27
3.1.3	Análise de indicadores setoriais.....	28
3.2	Setor energético.....	42
3.2.1	Panorama do setor.....	42
3.2.2	Análise de indicadores setoriais.....	42
3.3	Lacunas, desafios e avanços necessários.....	45
4.	EDIFICAÇÕES.....	47
4.1.1	Panorama.....	49
4.1.2	Políticas vigentes de eficiência energética.....	51
4.1.3	Análise de indicadores setoriais.....	53
4.2	SERVIÇOS.....	57
4.2.1	Panorama.....	57
4.2.2	Políticas vigentes de eficiência energética.....	60
4.2.3	Análise de indicadores setoriais.....	61
4.3	Lacunas, desafios e avanços necessários.....	63
5.	SETOR DE TRANSPORTES.....	65

5.1	Panorama do setor brasileiro.....	65
5.2	Eficiência energética nos transportes no Brasil.....	67
5.3	Evolução do transporte de passageiros.....	67
5.3.1	Veículos leves.....	72
5.3.2	Rendimento de veículos leves.....	73
5.3.3	Consumo Final no Transporte de Passageiros.....	77
5.4	Evolução do transporte de cargas.....	78
5.4.1	Transporte de Cargas Rodoviário.....	81
5.4.2	Transporte de Cargas Ferroviário.....	83
5.4.3	Transporte de Cargas Aquaviário.....	83
5.4.4	Transporte de Cargas Aéreo.....	84
5.4.5	Consumo Final no Transporte de Cargas.....	84
6.	SETOR AGROPECUÁRIO.....	85
6.1	Panorama do setor.....	85
6.2	Políticas vigentes.....	86
6.3	Análise de indicadores de consumo final de energia por segmento.....	87
6.3.1	Agricultura.....	89
6.3.2	Pecuária.....	90
7.	CONCLUSÃO.....	91
8.	BENCHMARKING DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – BRASIL NO CONTEXTO GLOBAL.....	92
8.1	Introdução.....	92
8.2	Resumo dos resultados.....	93
8.3	Indústria.....	97
8.3.1	Eficiência energética na indústria: contexto global.....	99
8.3.2	Principais segmentos industriais consumidores de energia.....	102
8.4	Setor Residencial.....	115
8.4.1	Eficiência energética no setor residencial: o contexto global.....	116

8.4.2	Consumo de energia dos principais eletrodomésticos	121
8.5	Transportes	125
8.5.1	Estrutura do setor de transporte do Brasil no contexto global	126
8.5.2	Economia de combustível da frota de veículos	132
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – PIB e oferta interna de energia – 2000 a 2018	17
Gráfico 2 – Matriz energética por fonte	19
Gráfico 3 – Participação das fontes renováveis	20
Gráfico 4 – Comparação internacional do grau de renovabilidade de matrizes energéticas	20
Gráfico 5 – Consumo final energético por setor	21
Gráfico 6 – Evolução da intensidade energética no Brasil	22
Gráfico 7 – ODEX Brasil	23
Gráfico 8 – Setor industrial: consumo final energético por fonte (%)	26
Gráfico 9 – Participação dos setores no consumo final de energia da indústria	27
Gráfico 10 – Consumos de energia e valor adicionado da indústria e total Brasil	29
Gráfico 11 – Caminho da intensidade energética e PIB per capita na indústria	30
Gráfico 12 – Intensidade energética dos segmentos industriais (2018)	31
Gráfico 13 – Variação da intensidade energética dos segmentos energointensivos ...	31
Gráfico 14 – Consumo energético específico na indústria de açúcar	32
Gráfico 15 – Índice de variação do preço do açúcar e produção física de açúcar e etanol.....	33
Gráfico 16 – Consumo energético específico na indústria de siderurgia	34
Gráfico 17 – Consumo energético específico na indústria de cimento	35
Gráfico 18 – Consumo específico na indústria de cimento – clínquer e cimento	36
Gráfico 19 – Produção de cimento: consumo final energético por fonte.....	36
Gráfico 20 – Consumo energético específico na indústria de papel e celulose	38
Gráfico 21 – Produção de papel e celulose: consumo final energético por fonte.....	39
Gráfico 22 – Decomposição da variação do consumo energético industrial (2000 a 2018)	40
Gráfico 23 – ODEX do consumo de energia do setor industrial	41
Gráfico 24 – Setor energético: consumo final energético por fonte	43

Gráfico 25 – Consumo específico para a produção de derivados de petróleo (tep/tep)	44
Gráfico 26 – Consumo específico para a produção de etanol (tep/tep)	45
Gráfico 27 – Comparação do consumo total das Edificações em 10 ⁶ tep	47
Gráfico 28 – Consumo final energético por fonte nas residências	49
Gráfico 29 – Consumo elétrico e energético por domicílio	50
Gráfico 30 – Período de aprovação e implementação das políticas de índices mínimos de eficiência energética de equipamentos residenciais	52
Gráfico 31 – Consumo de energia residencial por uso final	53
Gráfico 32 – Consumo elétrico residencial por uso final	54
Gráfico 33 – Posse e consumo médio anual por equipamento	55
Gráfico 34 – Decomposição da variação do consumo de eletricidade por equipamento entre 2005 e 2018 (GWh)	56
Gráfico 35 – ODEX residências	57
Gráfico 36 – Evolução do consumo final energético, por fonte, no setor de serviços	58
Gráfico 37 – Período de implementação das políticas de eficiência energética para equipamentos comerciais	61
Gráfico 38 – Evolução do perfil de demanda de energia dos setores de comércio e serviços	62
Gráfico 39 – Consumo de energia no setor transportes por fonte	66
Gráfico 40 – Participação do transporte de passageiros na demanda energética final do setor de transportes	68
Gráfico 41 – Evolução do índice de mobilidade	69
Gráfico 42 – Evolução da atividade e do consumo energético por segmento do transporte de passageiros	70
Gráfico 43 – Intensidade Energética de cada modo de transportes de passageiros no Brasil	71
Gráfico 44 – Evolução da eficiência (consumo específico) dos veículos leves	74
Gráfico 45 – Participação dos automóveis 1.000cc no total licenciado	75

Gráfico 46 – Proporção - comerciais leves e automóveis no licenciamento de veículos leves	75
Gráfico 47 – Evolução do consumo de combustíveis por veículos leves e ônibus	78
Gráfico 48 – Evolução da atividade e do consumo energético por segmento do transporte de cargas	79
Gráfico 49 – Intensidade Energética de cada modo de transportes de cargas no Brasil	80
Gráfico 50 – Licenciamentos de caminhões novos no Brasil.....	81
Gráfico 51 – Frota de caminhões estimada por idade dos veículos	82
Gráfico 52 – Setor agropecuário: consumo final energético por fonte.	85
Gráfico 53 – Indicador do setor agropecuário	88
Gráfico 54 – Intensidade energética e elétrica do setor agropecuário.....	88
Gráfico 55 – Consumo final total de energia por setor 2017.....	95
Gráfico 56 – Variação da Intensidade Energética da Indústria de 2000 a 2017 no Brasil, Argentina, África do Sul, México, Índia, Rússia, Austrália	100
Gráfico 57 – Repartição do consumo final de energia entre diferentes subsetores da indústria no Brasil e em países selecionados em 2017.....	101
Gráfico 58 – Consumo final energético do setor industrial no Brasil por combustível e participação de fontes renováveis em 2017	102
Gráfico 59 - Percentual de renovabilidade no consumo final energético em segmentos selecionados na Argentina, Brasil e Estados Unidos, 2017	102
Gráfico 60 – Repartição da produção de aço por processo e consumo específico da produção - 2017.....	104
Gráfico 61 – Relação de clínquer / cimento - Média ponderada Clínquer cinza e branco em cimentos Portland (%).....	105
Gráfico 62 – Consumo específico térmico por tonelada de clínquer em países selecionados do G20 e Brasil – 2017.....	106
Gráfico 63 – Consumo específico elétrico por tonelada de cimento – 2017	107
Gráfico 64 – Consumo específico por tonelada de alumínio primário – 2016.....	109
Gráfico 65 – Percentual de reciclagem do alumínio por país – 2016.....	109

Gráfico 66 – Consumo específico por tonelada de alumina – 2016.....	110
Gráfico 67 - Participação de papel e celulose na produção total, em toneladas (2016)	111
Gráfico 68 – Energia térmica consumida por tonelada de papel e celulose	112
Gráfico 69 – Consumo específico de eletricidade por tonelada de papel e celulose produzida.....	113
Gráfico 70 – Consumo de energia residencial como parcela do consumo total final de energia, 2017.....	117
Gráfico 71 – Consumo final energético do setor residencial por fonte, 2017	118
Gráfico 72 – Consumo final residencial por uso final.....	119
Gráfico 73 – Área/capita em 2010, 2015, 2018.....	120
Gráfico 74 – Pessoas por família, 2010, 2015, 2018.....	120
Gráfico 75 – Percentual de posse de eletrodomésticos por família, 2017	121
Gráfico 76 – Consumo de energia elétrica (kWh / ano) por equipamento, 2017.....	122
Gráfico 77 – Gama de eficiências disponíveis para aparelhos de ar-condicionado residenciais (EER: energy efficiency rating - classificação de eficiência energética). 123	
Gráfico 78 – Países com MEPS – SEER ou CSPF	124
Gráfico 79 – Intensidade energética do transporte de passageiros por modal	128
Gráfico 80 – Consumo final por modal, transporte rodoviário - 2017.....	129
Gráfico 81 – Consumo final por combustível, transporte rodoviário - 2017	130
Gráfico 82 – Vendas por tipo de motopropulsor, Brasil	131
Gráfico 83 – Consumo médio de combustível média dos veículos leves	132
Gráfico 84 – Participação de mercado por tipo de veículo e consumo de combustível	134
Gráfico 85 – Vendas por peso do veículo não ocupado (vazio) e economia de combustível	134
Gráfico 86 – Consumo médio de combustível por área do veículo (m ²)	135
Gráfico 87 – Capacidade volumétrica do motor (cm ³) e consumo médio de combustível	135

Gráfico 88 – Participação de mercado de novos veículos leves por tecnologia de motor e consumo de combustível	137
Gráfico 89 – Consumo médio de combustível e potência do motor, 2017	138
Gráfico 90 – Contribuição dos veículos elétricos para o consumo médio de combustível, 2017	139
Gráfico 91 – Emissões de gases de efeito estufa WTW de carros elétricos para países e regiões selecionados (esquerda) e emissões de CO ₂ WTW de referência de biocombustíveis selecionados (direita)	141

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Oferta interna de energia	19
Tabela 2 – Consumo final energético por setor.....	21
Tabela 3 – Consumo final energético do setor industrial.....	25
Tabela 4 – Projetos relacionados a SGE contidos no PAR Procel 2018	28
Tabela 5 – Consumo final de energia do setor energético	42
Tabela 6 – Consumo final de energia do setor energético por segmento.....	43
Tabela 7 – Políticas Vigentes.....	48
Tabela 8 – Unidades consumidoras com geração fotovoltaica no segmento de serviços	59
Tabela 9 – Consumo final energético do setor de serviços	59
Tabela 10 – Consumo final energético do setor transportes	66
Tabela 11 – Licenciamento de veículos leves	73
Tabela 12 – Frota automotiva brasileira.....	73
Tabela 13 – Consumo final energético do setor agropecuário	85
Tabela 14 – Demanda elétrica do setor agropecuário.....	87
Tabela 15 – Evolução da safra de itens selecionados.....	89
Tabela 16 – Indicador agrícola: produtividade agrícola de itens selecionados	90
Tabela 17 – Evolução de rebanhos selecionados	90
Tabela 18 – Políticas de eficiência energética no G20.....	94

Índice de Figuras

Figura 1 – Linha do tempo com principais programas de eficiência energética no Brasil	15
Figura 2 – Políticas específicas do setor de edificações	48

1. INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos e conteúdo

Este documento 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 2017 foi publicado o segundo relatório de Consumo de Energia no Brasil – Análises Setoriais¹, com a análise de indicadores até 2016. Este documento atualiza e complementa o primeiro relatório com dados até o ano 2018².

O presente documento consolida o terceiro ciclo de trabalho da EPE na elaboração do banco de dados de indicadores de eficiência energética.

1.2 Relevância da eficiência energética

As práticas de eficiência energética compõem uma das estratégias para se atender à demanda energética. Evitar o desperdício e realizar mais serviços energéticos com a mesma quantidade de energia resulta em ganhos de competitividade e benefícios para toda a sociedade.

A eficiência energética é importante vetor no atendimento à demanda futura de energia da sociedade brasileira e mundial. Nesse contexto, pode-se 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).

Estes estudos sinalizam que a sociedade não poderá prescindir de montantes crescentes de eficiência energética, como parte da estratégia de atendimento à

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.

demanda de energia e combate às mudanças do clima. Além desse papel, a eficiência energética contribui 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.

O aproveitamento das oportunidades de efficientização energética requer uma visão integrada tanto de fontes energéticas quanto de agentes envolvidos (governo, setor privado, instituições financeiras e sociedade em geral).

Entretanto 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 contribui para o planejamento e disseminação da eficiência energética no Brasil através de ações estruturadas, tais como:

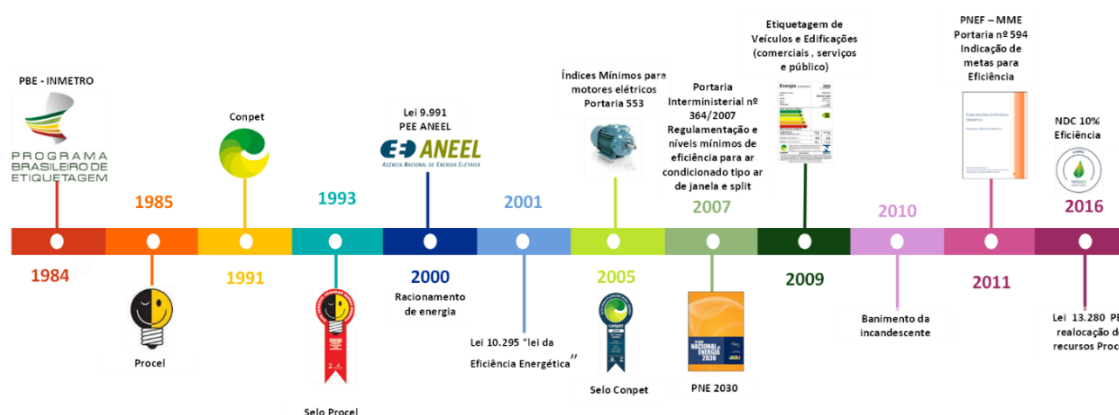
- Formação de bases de dados sobre eficiência energética, o que inclui a identificação dos potenciais de eficiência energética bem como os custos associados aos mesmos;
- Elaboração de estratégias e portfólio de ações para incentivo ao aumento da eficiência energética no Brasil;
- Monitoramento do progresso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

A EPE, ao longo da sua trajetória, vem trabalhando no sentido de desenvolver estudos e pesquisas a fim de consolidar uma base estatística que auxilie a alavancagem deste processo no Brasil. Entre outras ações destacam-se 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 e outra focada na indústria brasileira. Atualmente, a EPE está apoiando o Procel na condução do Plano Decenal de Eficiência Energética.

1.3 Políticas de eficiência energética - breve histórico

Os programas governamentais brasileiros para eficiência energética datam de 1984, conforme Figura 1. O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE/1984), coordenado pelo INMETRO, foi o pioneiro. As etiquetas comparativas de desempenho energético dos equipamentos fornecem informações sobre o consumo específico dos produtos, orientando a escolha dos consumidores. Este programa, além de colaborar na educação do cidadão, estimula a fabricação de produtos com maior nível de eficiência energética. O número de equipamentos inclui sistemas fotovoltaicos, veículos leves e edificações³.

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



Fonte: elaboração EPE

Em 1985 e 1991 foram criados, por iniciativas governamentais, os programas de conservação de energia, o Procel, para eletricidade, e o Conpet, para derivados de petróleo e gás natural. Estes programas são coordenados pelo MME, e executados pela Eletrobras e Petrobras, respectivamente. Em parceria com o Inmetro para o PBE, foram concebidos selos para valorizar os produtos mais eficientes. O Procel atua em diversas áreas, como Selo Procel, indústria, edificações, poder público e iluminação pública. A partir da promulgação da Lei 13.280/2016, o Procel passou a contar com 20% dos recursos das concessionárias destinados a ações de eficiência energética, através do Plano de Aplicação de Recursos (PAR) do Procel.

As ações do Procel resultaram em uma economia de 23 TWh, equivalente a 4,87% do consumo total de energia no Brasil (Procel, 2018a).

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

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.

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.

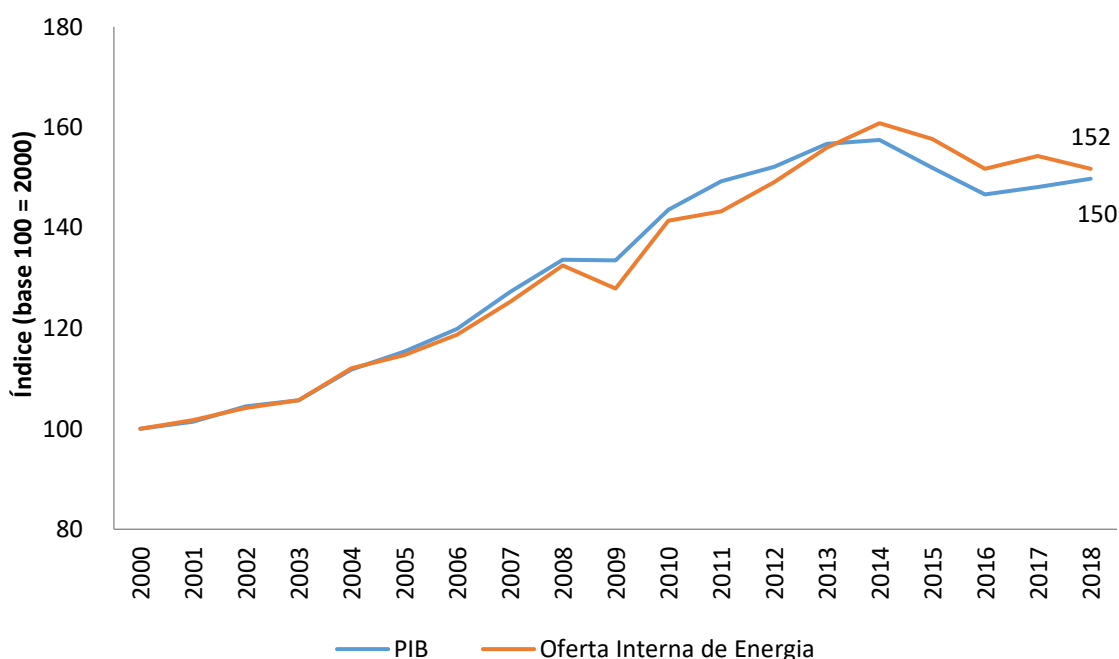
2. PANORAMA ECONÔMICO E ENERGÉTICO

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 2001 e 2018, o Produto Interno Bruto (PIB)⁴ evoluiu a uma taxa média de 2,3% ao ano, acumulando um crescimento de 50%. Em relação à oferta interna de energia, esta cresceu no mesmo ritmo da economia (2,3% ao ano), mostrando forte correlação com o PIB, conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – PIB e oferta interna de energia – 2000 a 2018



Fonte: EPE (2019a)

Analisando períodos de tempo mais curtos, vê-se que entre 2001 e 2009, o PIB cresceu a uma taxa média superior à da oferta interna de energia, de 3,3% 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. Nesse mesmo ano foi publicada a Lei de Eficiência Energética (nº 10.295/2001), 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

⁴ Todos os valores apresentados neste documento são apresentados em Real, em valores constantes de 2010.

aprovado no final de 2005. Além disso, o período foi marcado por uma expressiva retomada da atividade do setor sucroalcooleiro no Brasil, impulsionado pela introdução dos automóveis bicompostíveis (*flex fuel*) no Brasil em 2003.

Em 2009, a crise financeira global, embora tenha tido impacto modesto no PIB (-0,1%), afetou significativamente a indústria nacional, especialmente a metalurgia (que abrange energointensivos como a siderurgia, ferroligas e alumínio) e a mineração. Como consequência, a oferta interna de energia retraiu 3,5% nesse ano.

No período 2010-2013, o aumento observado da renda média da população e a redução da desigualdade observados no período, em virtude das políticas sociais implementadas nos anos anteriores, associado a melhorias nas condições de acesso ao crédito, contribuíram para 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 5,1% neste período, tendo o PIB crescido a uma taxa de 4,1% ao ano. 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 (2014-2018) houve um descolamento da curva de Oferta Interna de Energia em relação ao PIB. Este movimento indica aumento de intensidade energética provocado pelo aumento de participação de segmentos energointensivos no setor industrial, combinado com um período de retração econômica.

A Tabela 1 mostra a evolução da matriz energética entre 2000 e 2018. Pelo lado das fontes não renováveis, o gás natural foi o grande destaque, aumentando significativamente a sua participação na matriz energética de 5% em 2000 para 12% em 2018.

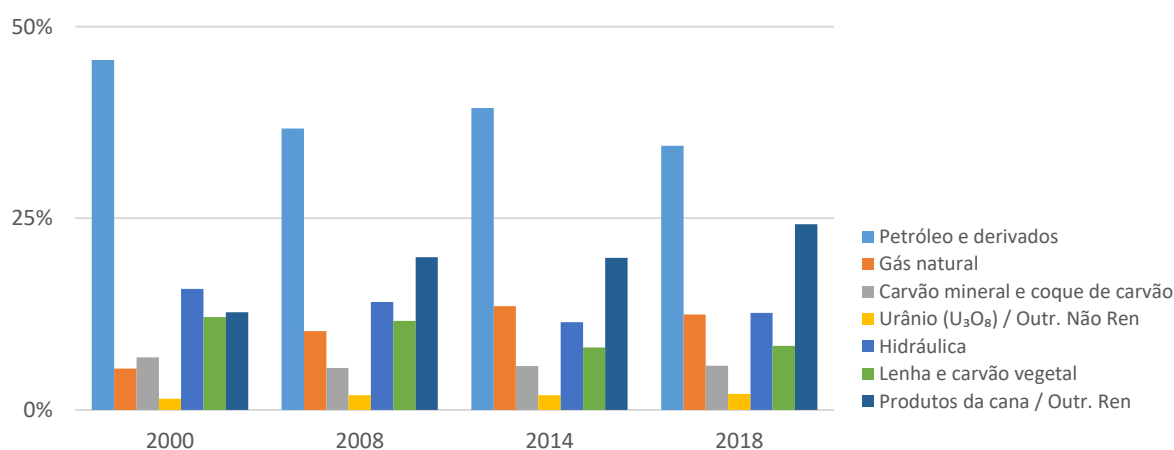
Tabela 1 – Oferta interna de energia

10 ³ tep	2000	2008	2014	2018	Δ% ao ano. (2018/2000)
ENERGIA NÃO RENOVÁVEL	112.782	136.982	185.070	157.859	1,9%
Petróleo e derivados	86.743	92.410	120.327	99.320	0,8%
Gás natural	10.256	25.934	41.373	35.905	7,2%
Carvão mineral e coque de carvão	12.999	13.769	17.521	16.632	1,4%
Urânio (U ₃ O ₈)	1.806	3.709	4.036	4.174	4,8%
Outras não-renováveis	978	1.159	1.814	1.828	3,5%
ENERGIA RENOVÁVEL	77.261	114.776	120.565	130.533	3,0%
Hidráulica	29.980	35.412	35.019	36.460	1,1%
Lenha e carvão vegetal	23.060	29.227	24.936	24.146	0,3%
Produtos da cana-de-açúcar	20.761	42.872	48.170	50.090	5,0%
Outras renováveis	3.460	7.265	12.441	19.837	10,2%
TOTAL	190.043	251.758	305.635	288.392	2,3%

Fonte: EPE (2019a)

As fontes renováveis, por sua vez, evoluíram em ritmo mais acelerado, devido à expansão do setor sucroalcooleiro e a forte penetração das *outras fontes renováveis* com destaque para a eólica e a lixívia. Com uma participação inexpressiva em 2000, a energia eólica em 2018 agregou 4,2 milhões de tep à matriz, já a lixívia, diretamente associada à indústria de celulose e papel contribuiu com outros 9,6 milhões de tep também em 2018. O Gráfico 2 ilustra a evolução da participação das fontes energéticas.

Gráfico 2 – Matriz energética por fonte

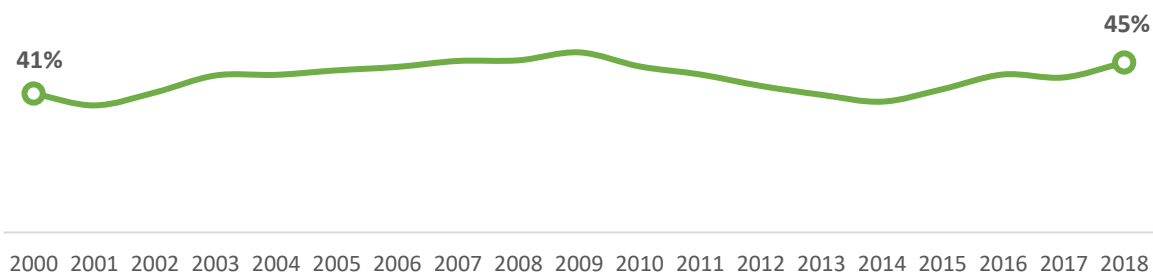


Fonte: EPE (2019a)

Nos últimos 18 anos, a participação das renováveis na matriz energética brasileira, manteve-se estável com valores superiores a 40%, conforme visto no Gráfico 3, o que já é um grande desafio para o Brasil, que possui um dos maiores percentuais de

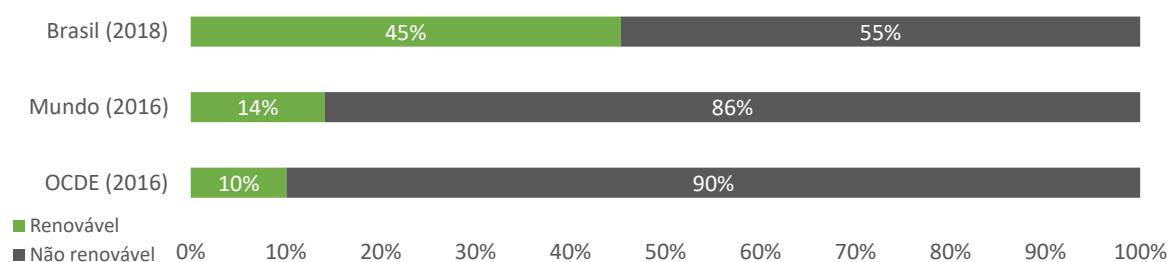
energias renováveis do mundo. O Gráfico 4 compara a renovabilidade da matriz brasileira com o mundo e países da OCDE.

Gráfico 3 – Participação das fontes renováveis



Fonte: EPE (2019a)

Gráfico 4 – Comparação internacional do grau de renovabilidade de matrizes energéticas



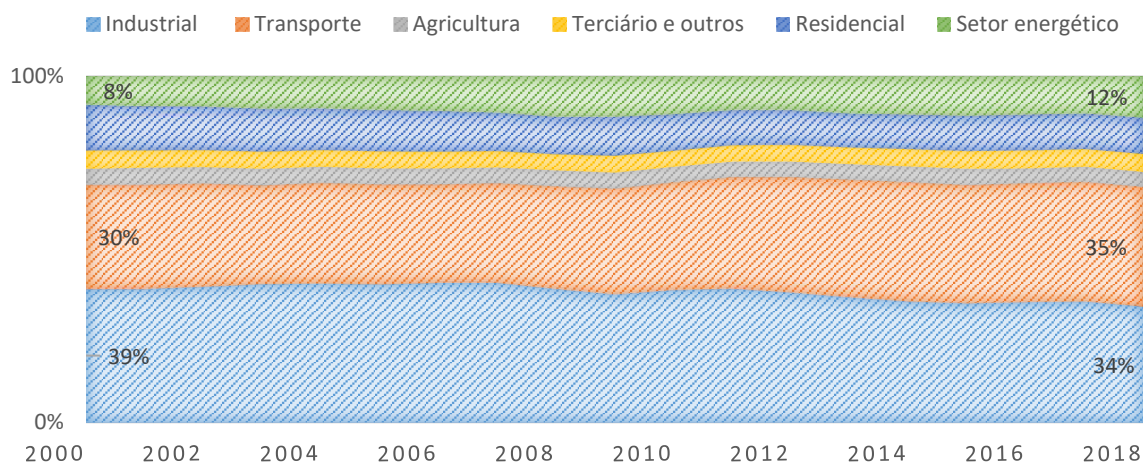
Fonte: EPE (2019a).

O Gráfico 5 mostra a participação setorial no consumo final energético⁵. O principal movimento observado neste período foi o recuo da participação da indústria em contraposição ao avanço dos setores de transporte e energético. No caso da indústria, as atividades produtivas do cimento e da metalurgia influenciaram o desempenho global do setor. A indústria do cimento, além da redução gradativa da relação clínquer/cimento de 73% em 2000 para 65% em 2018, teve a produção de clínquer (intensivo em consumo de energia) crescendo a uma taxa média anual de 0,9%. A metalurgia por sua vez expandiu sua produção física à uma taxa média anual de 1,2%. Ou seja, o agregado cimento/metalurgia que consome mais de 30% de toda a energia destinada à indústria

⁵ 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.

creceu em ritmo menos intenso que o setor de transportes que no mesmo período teve o seu valor adicionado (VA) evoluindo a uma taxa média anual de 2,0%.

Gráfico 5 – Consumo final energético por setor



Fonte: EPE (2019a)

Já o setor energético, impulsionado pela produção de petróleo e etanol, que no período cresceram a taxas anuais de 4,2% e 6,4%, teve seu consumo energético, em 2018, acrescido de 13,2 milhões de tep em relação ao ano 2000. A Tabela 2 mostra a evolução do consumo final por setor.

Tabela 2 – Consumo final energético por setor

10 ³ tep	2000	2018	Δ% ao ano. (2018/2000)
Setor Energético	12.847	26.010	4,0%
Setor Residencial	20.688	25.012	1,1%
Setor Comercial/Público	8.210	12.480	2,4%
Setor Agropecuário	7.322	10.426	2,0%
Setor Transportes	47.385	84.348	3,3%
Setor Industrial	60.646	80.948	1,6%
TOTAL	157.098	239.224	2,4%

Fonte: EPE (2019a)

2.2 Intensidade Energética

A intensidade energética é 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 de eficiência da economia 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 seguem abaixo:

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

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

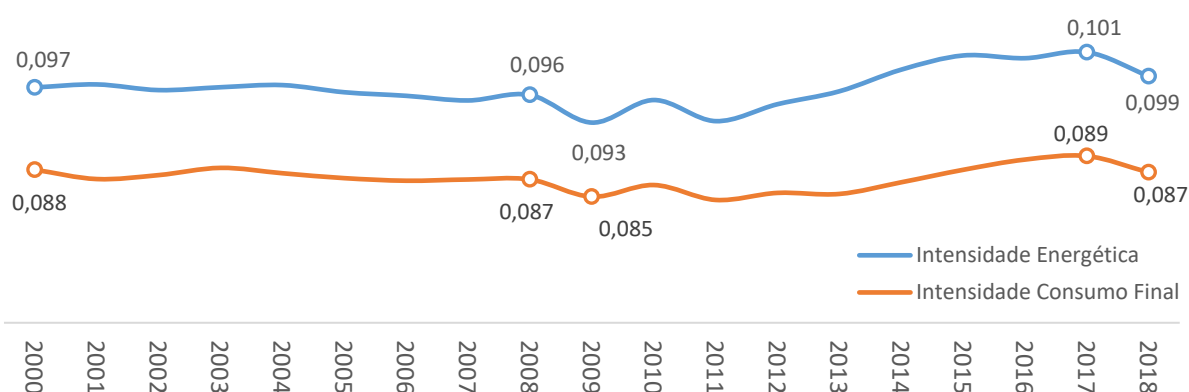
A intensidade primária, por ser calculada através da OIE, considera toda a energia disponibilizada no país para consumo e transformação, incluindo as perdas na transformação, distribuição e armazenagem, e por isso, incorpora de fato toda a demanda de energia do Brasil. Por outro lado, deve-se analisar 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 6 ilustra a evolução das intensidades energética baseada na oferta interna e no consumo final no Brasil, entre 2000 e 2018.

No período 2000 a 2008 a intensidade energética calculada com base na OIE manteve-se estável em torno de 0,097 tep/10³U\$ppp[2010], e a calculada com base no consumo final, da mesma forma estabilizou-se em valores próximos a de 0,087 tep/10³U\$ppp[2010].

Gráfico 6 – Evolução da intensidade energética no Brasil

tep/10³U\$ppp2010



Fonte: EPE (2019a)

Em 2009, os já mencionados efeitos da crise internacional sobre a indústria contribuíram para a redução da intensidade energética primária para 0,093 tep/10³U\$ppp[2010]. Nesse ano em especial, observou-se a desativação de unidades mais ineficientes (menos competitivas) e com intensidades energéticas de maior magnitude. Entre os anos 2010 e 2013, as intensidades primária e final evoluíram às taxas de 1,0% e 0,1% ao ano, respectivamente, refletindo o crescimento da OIE acima do crescimento do PIB. Entre 2014 e 2018, a intensidade energética primária apresentou um ritmo de crescimento de 0,4% ao ano, mesmo com a economia em recessão (queda média de -0,9% ao ano). Já a intensidade final, neste mesmo período, apresentou um avanço de 0,6% ao ano. A tendência de crescimento das intensidades energéticas pode estar associada ao crescimento da produção de energointensivos de baixo valor agregado na pauta produtiva, em relação aos demais produtos manufaturados.

2.3 Eficiência energética global do Brasil

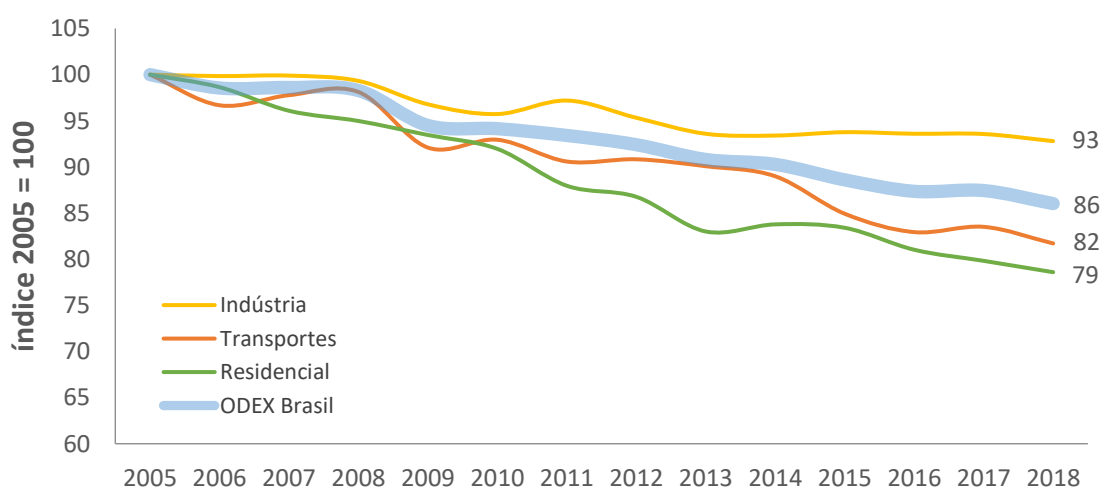
O indicador ODEX é um índice de conservação de energia que considera a variação de indicadores de consumo e pondera em relação ao peso no consumo.

O uso do ODEX diminui a influência do efeito estrutura, ou seja, a maior participação de um segmento mais energointensivo não influencia no indicador.

Nesta nota técnica foi fixado 2005 como ano base (100), abrangendo os setores industrial, residencial, transportes, energético, serviços e agropecuária.

O Gráfico 7 apresenta os resultados do ODEX para a economia brasileira. No período todos os setores analisados apresentaram ganhos de eficiência, sendo os maiores ganhos no setor residencial e no setor de transportes.

Gráfico 7 – ODEX Brasil



Fonte: elaboração EPE

O ODEX apurado em 2018 mostra que país ficou 14% mais eficiente energeticamente entre 2005 e 2018.

3. INDÚSTRIA

Esse capítulo vai tratar do setor industrial, separado em setores industrial e energético, conforme conceito do Balanço Energético Nacional.

3.1 Setor industrial

3.1.1 Panorama

O setor industrial⁶ consome aproximadamente um terço da energia final para atendimento de seus processos produtivos. Até 2017 era o setor com maior consumo, mas com a redução da atividade econômica industrial entre 2014 e 2017 e da produção de açúcar em 2018, foi superado pelo setor de transportes.

A Tabela 3 mostra que a partir de 2010 a participação da indústria começa a declinar, momento em que houve o impacto da recessão econômica mundial. No consumo final de energia o setor cresceu 33% entre os anos 2000 e 2018.

Tabela 3 – Consumo final energético do setor industrial

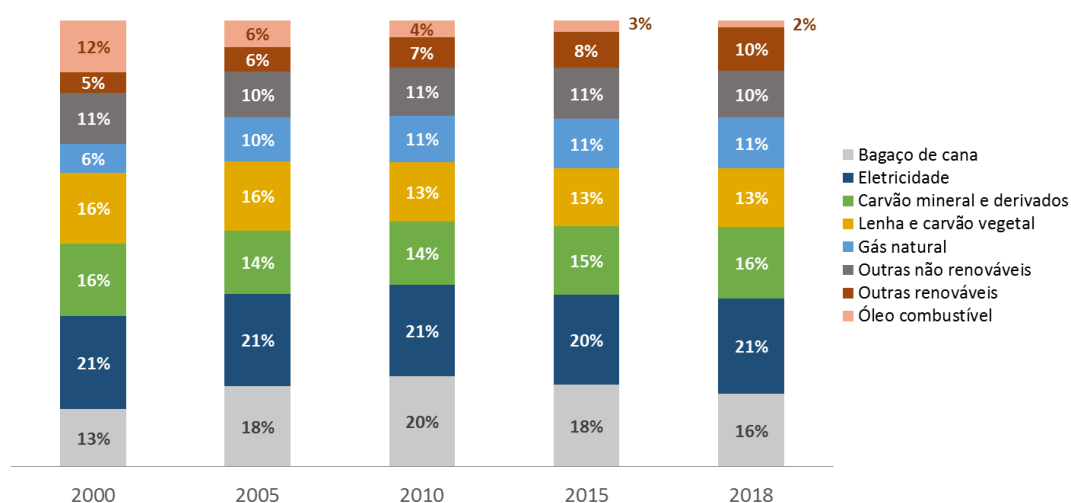
Setor industrial	2000	2005	2010	2015	2018
Consumo final do setor [10 ³ tep]	60.646	72.806	85.564	84.559	80.948
Participação no consumo final energético	35,4%	37,2%	35,5%	32,5%	31,7%

Fonte: EPE (2019a)

Em 2000, as principais fontes da indústria eram, em ordem de relevância, eletricidade, carvão mineral e derivados, lenha e carvão vegetal, bagaço de cana e óleo combustível. Já em 2018, o bagaço de cana foi a segunda fonte mais consumida, ao lado do carvão mineral e seus derivados, e atrás apenas da eletricidade (Gráfico 8).

⁶ A fim de garantir a compatibilidade com o Balanço Energético Nacional, neste documento considera-se como “Setor Industrial” os segmentos 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% do valor adicionado da indústria total em 2016.

Gráfico 8 – Setor industrial: consumo final energético por fonte (%)



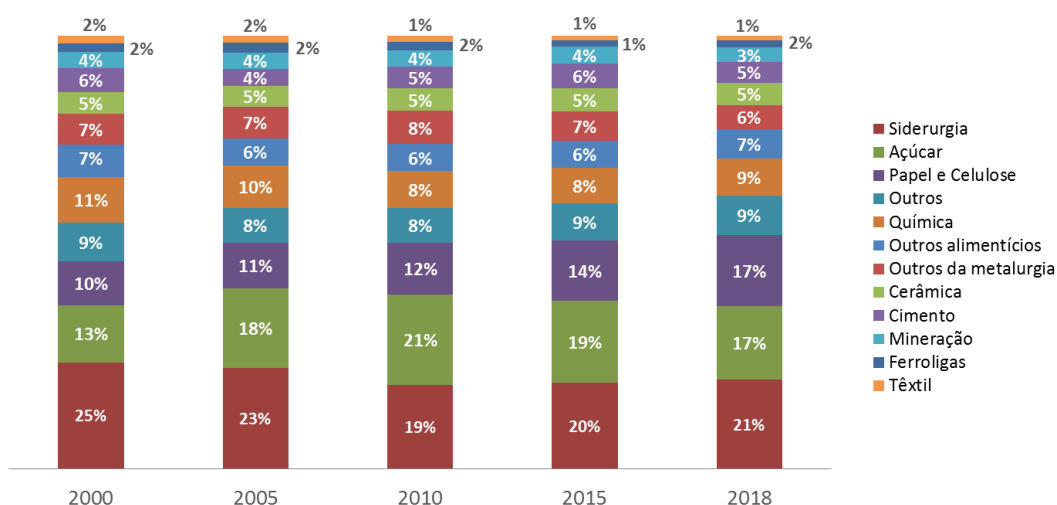
Nota: outras renováveis são compostas majoritariamente por lixívia.

Fonte: EPE (2019a)

O aumento da participação do bagaço de cana e de outras renováveis no consumo industrial está relacionado ao ganho de participação do setor de produção de açúcar e de celulose, respectivamente. Observa-se a redução da participação do óleo combustível, deslocado gradualmente pelo coque de petróleo (notadamente na produção de cimento) e por gás natural e outras renováveis (na produção de papel e celulose).

Os maiores consumidores de energia na indústria (Gráfico 9) são os setores de siderurgia, açúcar, papel e celulose, correspondendo a 48% do total em 2000 e a 55% do em 2018. Nesse período, houve redução de participação da siderurgia (-4 p.p.) e da química (-2 p.p.), enquanto cresceu a participação dos setores de papel e celulose (+7 p.p.) e açúcar (+4 p.p.).

Gráfico 9 – Participação dos setores no consumo final de energia da indústria



Fonte: EPE (2019a)

Nota: 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).

3.1.2 Políticas vigentes

As principais políticas/mecanismos adotadas para o aproveitamento do potencial de eficiência energética na indústria foram: (i) Índices mínimos de motores e transformadores de distribuição; (ii) Etiquetagem de motores, bombas e transformadores de distribuição; (iii) Programa de Eficiência Energética da ANEEL (PEE/ANEEL); e (iv) PROCEL Indústria.

Os motores elétricos trifásicos possuem regulamentação de índices mínimos desde 2002 (decreto nº 4508/2002), tendo sido aprovada em 2017 a revisão para categoria premium (nível IE3) e ampliação da abrangência da regulamentação para motores de até 500 CV (Portaria Interministerial N°1/2017). Estima-se que esses novos índices devam gerar uma economia acumulada de 11,2 TWh entre 2019 e 2030 (PROCEL, 2018a).

No que tange ao PEE/ANEEL, desde 2015 foram investidos R\$ 7,6 milhões em 6 projetos na indústria, estimando-se ganhos de eficiência da ordem de 133 GWh/ano (ANEEL, 2019a).

No âmbito do PROCEL Indústria, por meio da nova governança instituída pela Lei nº 13.280, de 2016, tem-se ampliado a atuação do programa junto ao setor industrial e às micro e pequenas empresas, através do Plano de Aplicação de Recursos (PAR), o qual tem viabilizado o apoio a importantes programas. Como exemplos, podem-se mencionar

o Programa Aliança, parceria com a CNI e o SENAI/DN, que já obteve, em 2018, economia de 42 GWh com ações de eficiência energética implementadas em quatro indústrias energointensivas, bem como a ampliação do Programa Brasil Mais Produtivo, coordenado pelo Ministério da Economia, criando a componente de Eficiência Energética, a qual deve promover o atendimento a 300 pequenas e médias empresas industriais para a adoção de práticas de eficiência energética em seus processos produtivos. Com novas medidas planeja-se investir em projetos e programas relacionados a incentivos a adoção de Sistemas de Gestão de Energia (SGE) pelo setor industrial. A Tabela 4 apresenta os projetos de SGE previstos no Plano de Aplicação de Recursos (PAR) 2018:

Tabela 4 – Projetos relacionados a SGE contidos no PAR Procel 2018

Projetos de EE	Orçamento [milhões R\$]	Empresas contempladas	Porte das empresas
Brasil mais Produtivo EE	6,3	300	micro e pequenas
Aliança 2.0	10,0	24	grandes
EE Digital	2,5	8	grandes
EE em sistema ar comprimido	6,5	170	pequenas/médias/grandes
Desenvolvimento de metodologia e realização de diagnósticos energéticos em sistemas Térmicos e Motrizes associados	1,5	10	pequenas/médias/grandes
Total	26,8	512	

Fonte: elaboração EPE, a partir de Procel (2018b)

A implementação de tais sistemas é considerada uma das ações-chave para a disseminação de eficiência energética na indústria. Muitas das medidas identificadas nas revisões energéticas apresentam baixo ou nenhum investimento e resultam na redução dos custos operacionais das empresas, do consumo de energia e das emissões de gases de efeito estufa (GEE), além de gerarem ganhos de produtividade.

3.1.3 Análise de indicadores setoriais

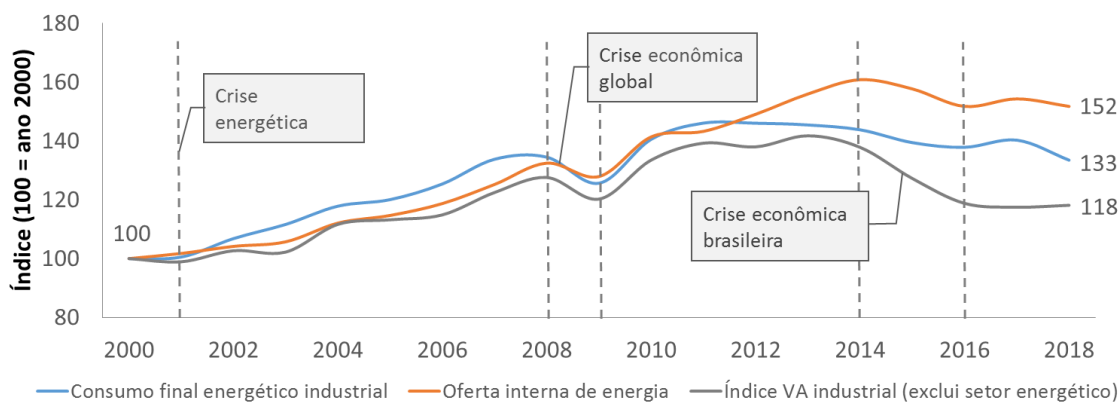
O Gráfico 10 mostra a evolução do consumo energético industrial e total e do valor adicionado (VA) industrial⁷ no horizonte mencionado. Variações na intensidade energética são decorrentes de alterações na relação entre consumo de energia e valor adicionado do setor.

É possível observar que há uma tendência de crescimento ao longo do horizonte, interrompido de forma pontual nos anos da crise de racionamento (2001) e na crise

⁷ A preços fixos de 2010, exclusive setor energético mencionados anteriormente.

financeira internacional (2008/2009). A partir de 2014, no entanto, a eclosão de uma crise nacional reverte essa trajetória.

Gráfico 10 – Consumos de energia e valor adicionado da indústria e total Brasil



Fonte: elaboração EPE, a partir de EPE (2019a) e IBGE (2019a)

Entre 2001 e 2005, a intensidade energética industrial avançou à taxa de 1,2% ao ano, em função do crescimento do consumo de setores mais energointensivos como açúcar, química, ferroligas e siderurgia, impulsionado, no caso do primeiro setor, pelo aumento da demanda externa, e pela expansão dos setores de construção civil e automotivo nos outros três.

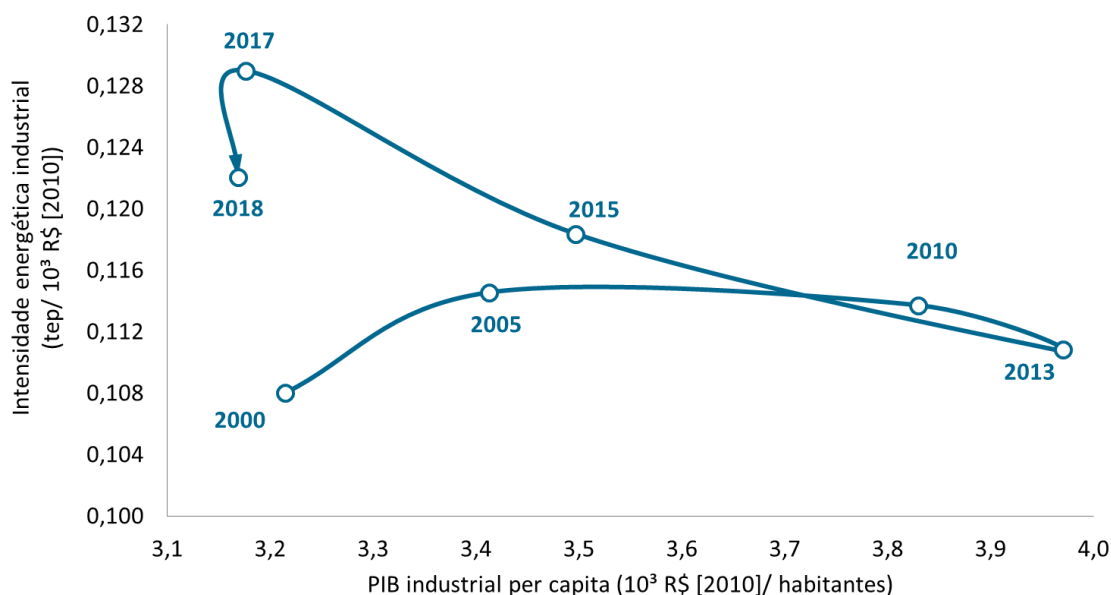
O período que vai de 2006 a 2010 foi marcado por um forte crescimento econômico, com o PIB industrial e o consumo final de energia da indústria crescendo, ambos, a uma taxa de 3,3% ao ano. Como resultado, o indicador de intensidade energética manteve-se estável (-0,1% ao ano). A crise financeira global de 2008/2009 provocou recessão nas principais economias mundiais, com clima de instabilidade generalizado e redução da demanda externa por produtos brasileiros. Como consequência, houve impacto negativo sobre o setor de metalurgia básica, com paralisação e mesmo desativação de unidades industriais menos eficientes, reduzindo o consumo energético. 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.

Em 2014, a deflagração de uma crise econômica nacional interrompeu a trajetória de crescimento do PIB industrial observada desde 2010. 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, resultando em uma retração do PIB industrial *per capita* em 5,4% ao ano entre 2014 e 2017. Nesse período houve aumento da intensidade energética em 3,9% ao ano, justificada por mudanças estruturais da indústria, com maior participação de

energointensivos, e aumento no grau de ociosidade no setor da indústria de transformação como um todo, que passou a operar em níveis não ótimos.

Em 2018, o PIB industrial *per capita* se manteve relativamente estável e a intensidade se reduziu em 5,4%, tendo como principal motivo a redução da produção de açúcar, que é energointensiva, além de ganhos de eficiência em diversos segmentos.

Gráfico 11 – Caminho da intensidade energética e PIB per capita na indústria



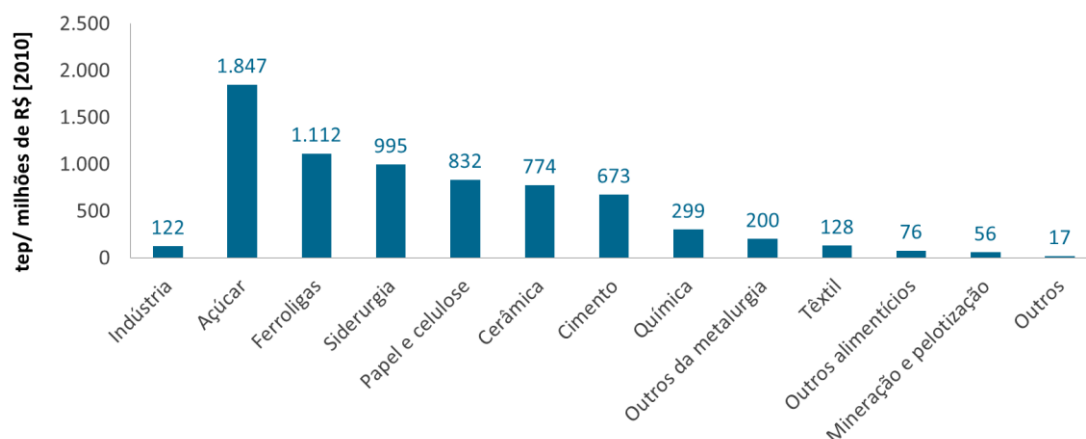
Fonte: elaboração EPE, a partir de EPE (2019a) e IBGE (2019a)

É importante destacar que a análise da evolução da intensidade energética de forma agregada deixa de levar em conta os movimentos relevantes ocorridos nos segmentos industriais individualmente.

3.1.3.1 Intensidade por subsegmento

Os onze segmentos industriais destacados no Gráfico 12 são responsáveis por mais de 90% do consumo final energético da indústria e apenas 30% do valor adicionado. O indicador de intensidade energética dos segmentos da indústria no ano 2018 pode ser visto no Gráfico 12. É possível notar que o segmento de açúcar é o mais intensivo, seguido por ferroligas, siderurgia, papel e celulose, cerâmica, cimento, química e não ferrosos. Os demais segmentos possuem intensidade relativamente baixa. Portanto, mudanças na estrutura da indústria, com variação na participação de cada segmento, impactam na intensidade.

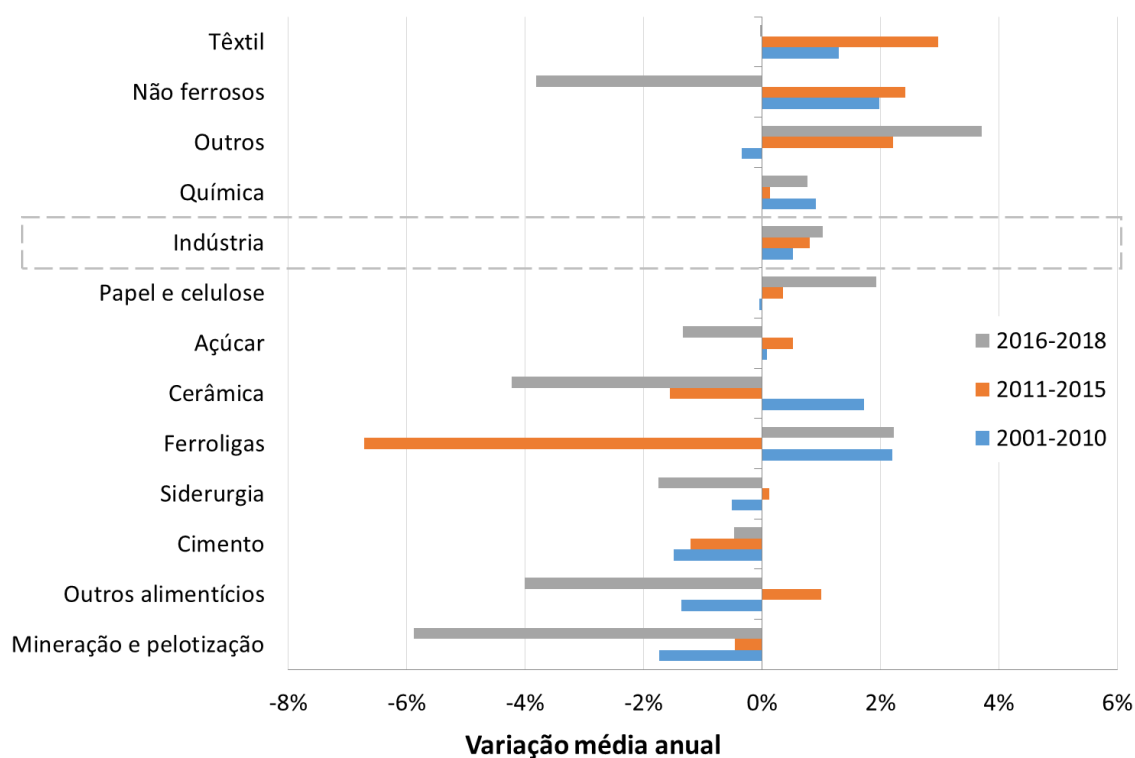
Gráfico 12 – Intensidade energética dos segmentos industriais (2018)



Fonte: elaboração EPE, a partir de EPE (2019a) e IBGE (2019a)

No Gráfico 13 pode ser vista a variação da intensidade energética entre 2001 e 2018 para os segmentos industriais mais relevantes em termos de consumo final de energia. Cabe ressaltar que, com a metodologia utilizada, os preços relativos estão fixos no ano base de 2010, e que, portanto, a intensidade não sofre influência da inflação.

Gráfico 13 – Variação da intensidade energética dos segmentos energointensivos



Fonte: elaboração EPE, a partir de EPE (2019a) e IBGE (2019a)

A mineração e pelotização foi o segmento com maior redução da intensidade. Entretanto, parte desse movimento é justificado pela redução da participação da pelotização e pelo incremento da produção de minério de ferro, que é mais energointensiva. O segmento de outros da metalurgia também sofre influência da subestrutura – a produção de alumínio, que é eletrointensiva, caiu no período 2015-2018, reduzindo a intensidade do segmento como um todo.

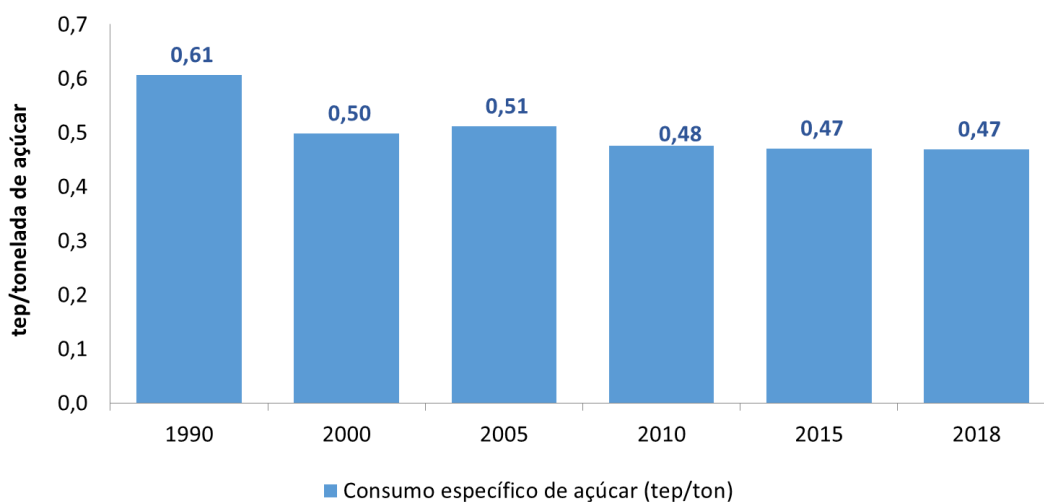
Sempre que disponível, deve-se analisar indicadores de consumo energético específico, medido pela razão entre o consumo final de energia pela produção física. A seguir serão apresentados indicadores de consumo específico de segmentos selecionados.

3.1.3.2 Consumo específico por subsegmento

- Açúcar

O consumo específico de energia da produção de açúcar vem caindo, às taxas de 1,9% ao ano na década de 90, de 0,5% ao ano na década de 2000 e de 0,2% anuais entre 2011 e 2018, conforme Gráfico 14.

Gráfico 14 – Consumo energético específico na indústria de açúcar

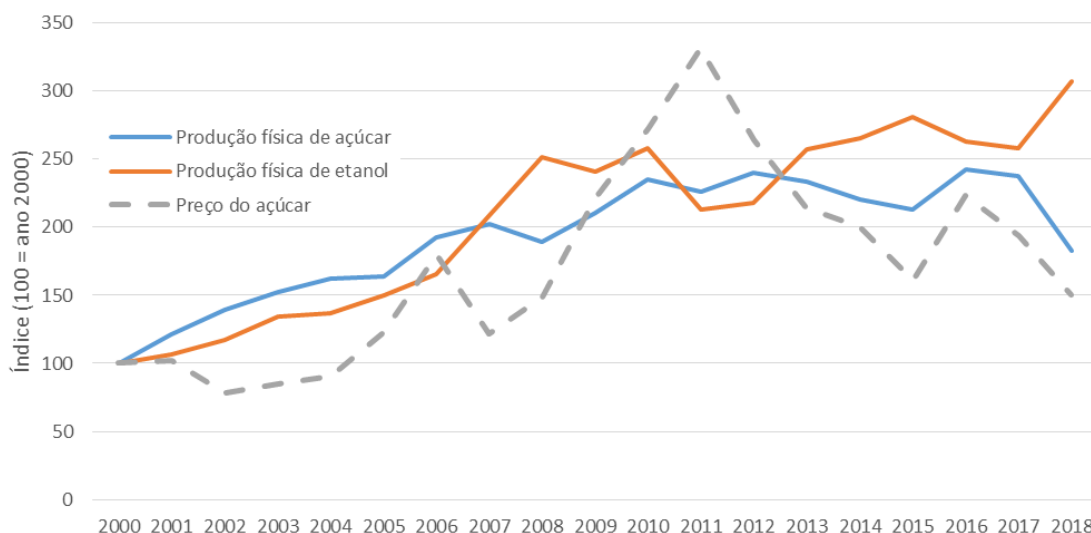


Fonte: elaboração EPE, a partir de EPE (2019a) e Conab (2019)

O setor utiliza bagaço de cana em sistemas de cogeração para produção de vapor e eletricidade. Em 2018, a participação do bagaço representou 96% da matriz energética deste setor, enquanto a da eletricidade (em grande medida autoproduzida a partir do bagaço de cana) correspondeu aos demais 4%.

Na década de 2000 ocorreram investimentos em novas plantas e na modernização de instalações industriais e caldeiras existentes⁸, favorecidos por incentivos dos governos federal e estaduais, com ganhos de eficiência energética. Nesse período aumentou a produção de açúcar de forma significativa, em 8,9% ao ano, assim como os preços do açúcar no mercado internacional, em 10,5% ao ano, conforme Gráfico 15.

Gráfico 15 – Índice de variação do preço do açúcar e produção física de açúcar e etanol



Fonte: elaboração EPE, a partir de EPE (2019a), Macrotrends (2019), Conab (2019)

A partir de 2011, o preço do açúcar caiu de forma consistente provocando uma crise no setor sucroalcooleiro. Como consequência, houve fechamento de usinas menos competitivas, o que contribuiu para reduzir marginalmente o consumo específico do açúcar.

Em 2018, a produção de açúcar reduziu-se em 23%, enquanto a produção de etanol subiu 19%. Algumas usinas sucroalcooleiras apresentam flexibilidade para produzir mais ou menos açúcar e etanol e a decisão é motivada por fatores como o preço do açúcar e o preço da gasolina.

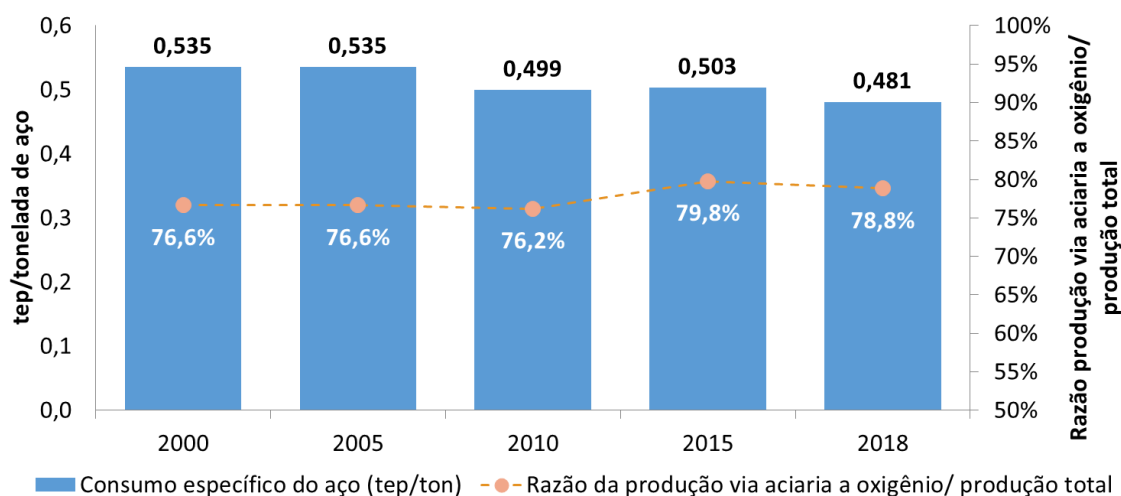
As variações no nível de produção e conseqüentemente na participação do açúcar no valor adicionado na indústria impactam a intensidade da indústria.

⁸ Caldeiras de alta pressão necessitam de menos combustível para atender à demanda energética da indústria de açúcar, sendo possível exportar eletricidade para a rede.

- Indústria Siderúrgica

O consumo específico da indústria siderúrgica reduziu em 0,6% ao ano entre 2011 e 2018, conforme pode ser observado no Gráfico 16. Isso se deve, em parte, à efficientização dos processos provenientes de investimentos em modernização das plantas antigas, entrada de novas unidades com elevado padrão tecnológico (mais eficientes) e redução ou parada de produção em plantas menos eficientes em função da recente crise econômica no país e da queda nos preços internacionais do aço bruto.

Gráfico 16 – Consumo energético específico na indústria de siderurgia



Fonte: elaboração EPE, a partir de EPE (2019a) e IABr (2019)

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 2000 para 78,8% em 2018, as quais são mais energointensivas em relação às aciarias elétricas.

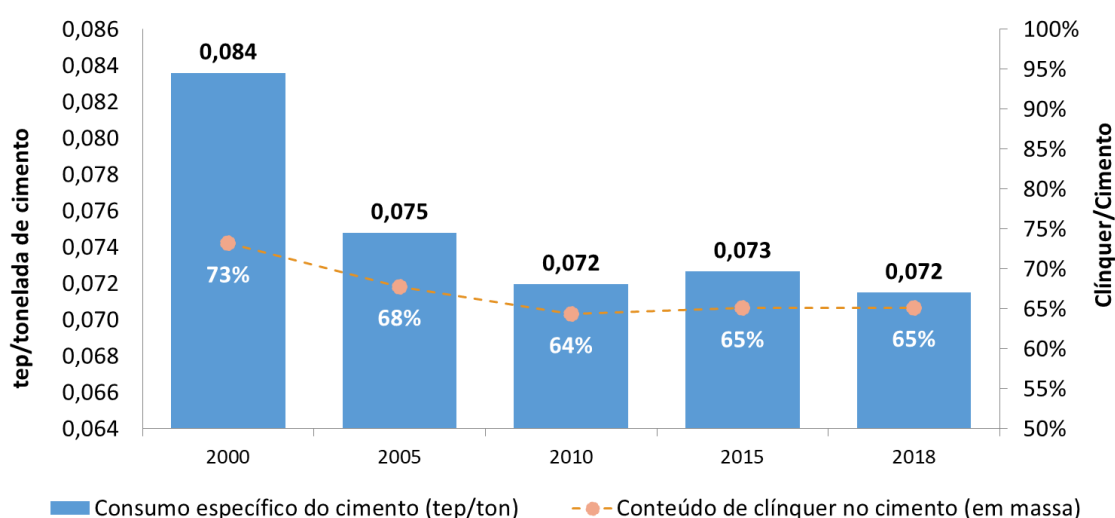
Em relação à matriz energética da siderurgia, o coque de carvão mineral apresenta a maior participação no consumo final, respondendo por 44% em 2018, seguido do carvão vegetal e carvão mineral, que somam cerca de 30%. O carvão vegetal perdeu participação para o carvão mineral, saindo de 25% em 2000 para 16% em 2018.

- Cimento

Na produção de cimento, houve redução de 0,9% ao ano no seu consumo específico entre 2001 e 2018 (Gráfico 17). Esse ganho de eficiência está, em boa parte, relacionado à participação do clínquer na composição do cimento, que vem se reduzindo historicamente.

O clínquer é um componente básico do cimento. Sua produção é energointensiva e demanda a maior parte da energia térmica do processo. Na produção de cimento, são adicionados ao clínquer 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 diminuir a participação de clínquer na produção de cimento e, conseqüentemente, reduzir o consumo energético sem necessariamente alterar o nível de produção. Além disso, o uso de algumas adições específicas, como as pozolanas, também podem reduzir custos de produção e trazer vantagens como a maior resistência do cimento à ação da água.

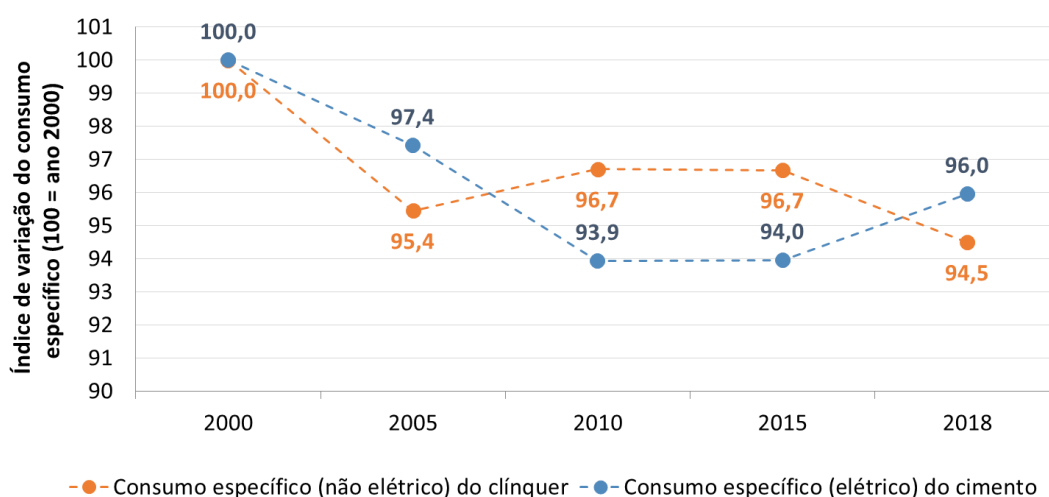
Gráfico 17 – Consumo energético específico na indústria de cimento



Fonte: elaboração EPE, a partir de EPE (2019a)

O Gráfico 18 permite avaliar, separadamente, os consumos específicos térmico e elétrico relativos às produções de clínquer e cimento, respectivamente. O consumo de eletricidade se dá majoritariamente na produção de cimento (moagem), e o de combustíveis na produção de clínquer (forno). Observa-se que o consumo específico do clínquer reduziu-se em 5% ao longo de todo horizonte. Cabe ressaltar que quase a totalidade da produção utiliza a tecnologia via seca com pré-aquecedores e pré-calcinadores, que é a melhor tecnologia disponível e a com menor consumo específico.

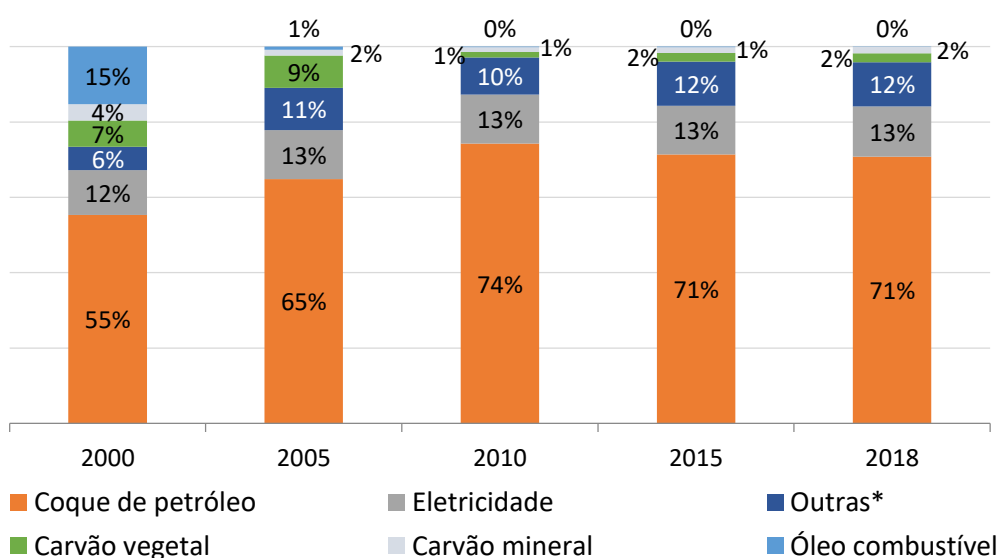
Gráfico 18 – Consumo específico na indústria de cimento – clínquer e cimento



Fonte: elaboração EPE, a partir de EPE (2019a)

Em relação ao cimento, a redução contínua do consumo específico entre 2001 e 2010 está relacionada às melhorias realizadas no setor nesse período, com investimento em máquinas mais eficientes. Com a crise na qual o país se instaurou, em meados de 2014, a retração da indústria de construção civil impactou sobremaneira a indústria de cimento, com queda no volume de produção de 25,7% entre 2015 e 2018. Em função disso, o setor operou com alto nível de ociosidade nos últimos anos, contribuindo para o aumento do consumo específico, que segue 4% inferior ao do ano 2000.

Gráfico 19 – Produção de cimento: consumo final energético por fonte



Fonte: EPE (2019a)

* Outras contemplam gás natural, lenha, diesel e produtos de coprocessamento

A matriz energética da indústria de cimento, ilustrada no Gráfico 19, sofreu mudanças ao longo do tempo. O uso do óleo combustível se aproximou do zero em 2005, em função do acordo da indústria de cimento com o governo federal para reduzir a demanda por derivados de petróleo na década de 80.

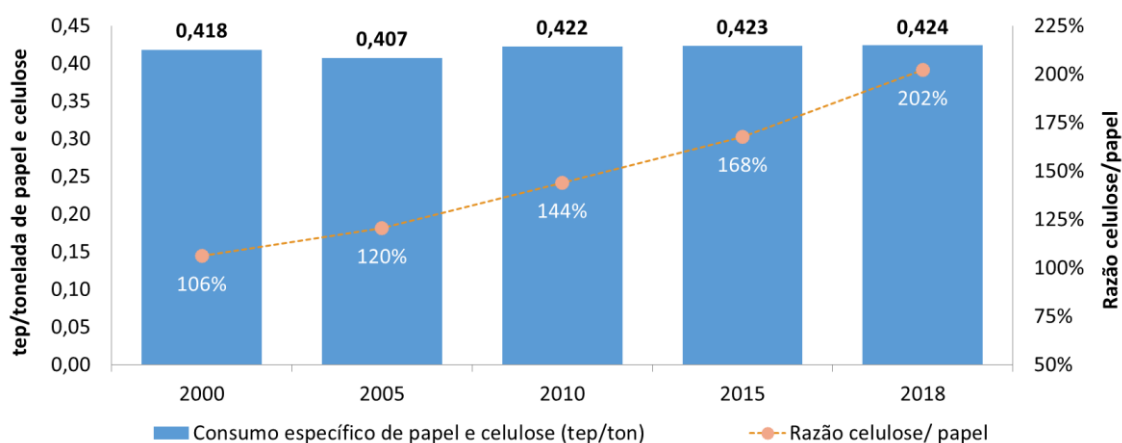
O coque de petróleo é a principal fonte, em função de baixo preço e garantia de abastecimento. O coprocessamento de fontes alternativas, retratadas no gráfico como 'outras não especificadas', cresceu e em 2018 representou 9% do consumo. O coprocessamento tem diversos benefícios ambientais por fornecer uma destinação adequada aos resíduos e pela redução de emissões de GEE (quando proveniente de fontes renováveis).

- Papel e Celulose

O consumo específico deste segmento, apesar de irregular no período em análise, sinalizou uma tendência de crescimento (Gráfico 20). Em 2000, o consumo específico era 0,418 tep/t, atingindo 0,424 tep/t em 2018, um crescimento médio de 0,1% ao ano.

Uma possível explicação para esse comportamento é a relação entre produção de celulose e produção de papel, que aumentou 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, principalmente no uso de combustíveis, e vem crescendo a um ritmo acelerado (5,1% ao ano, em média, entre 2010 e 2018), impulsionada pelo bom posicionamento do produto nacional no mercado global, devido à 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 0,8% ao ano no mesmo período.

Gráfico 20 – Consumo energético específico na indústria de papel e celulose



Fonte: elaboração EPE, a partir de EPE (2019a) e Ibá (2019)

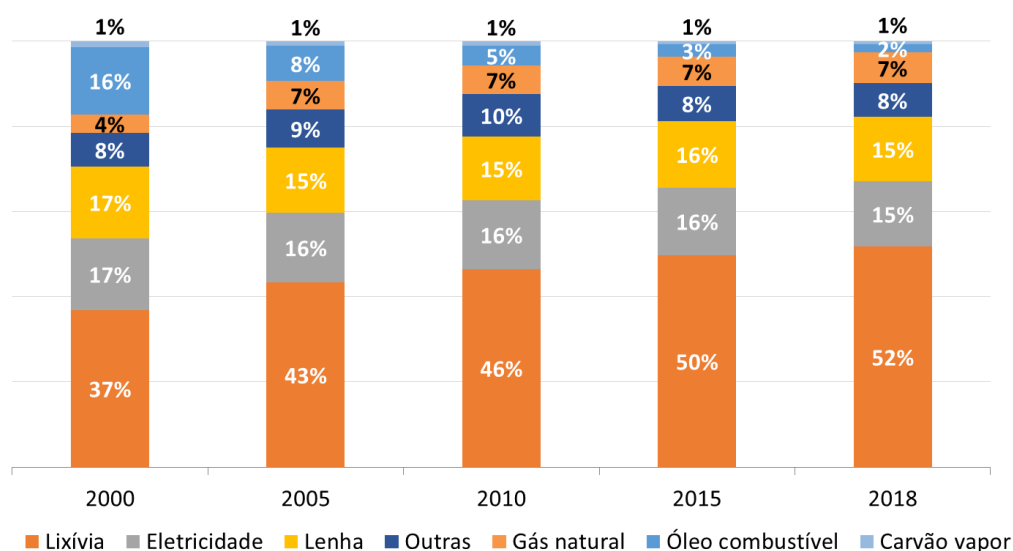
O crescimento da produção de celulose aumenta o consumo específico do segmento de papel e celulose, e também da indústria como um todo. Apesar de os indicadores terem aumentado, houve ganhos de eficiência por melhorias no processo produtivo ao longo dos anos e a entrada em operação de novas plantas de celulose mais eficientes.

O Gráfico 21 apresenta a matriz energética do setor produtor de papel e celulose. Em 2018, 86%⁹ da demanda energética da indústria de papel e celulose foi atendida com energia renovável, principalmente com lixívia, cavacos e resíduos de madeira. A produção em fábricas de papel (não integradas) utiliza um mix energético menos renovável (por não ter subprodutos renováveis do processo) e com maior participação da eletricidade.

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. Além disso, houve substituição de parte do óleo combustível por gás natural e cavaco.

⁹ Foi adotado que a eletricidade consumida na produção de papel e celulose é 87% renovável, considerando o mix de autoprodução não injetada e o mix da eletricidade do Sistema Elétrico Brasileiro no ano de 2018.

Gráfico 21 – Produção de papel e celulose: consumo final energético por fonte



Fonte: EPE (2019a)

Dessa forma, quando se analisa a eficiência energética nos segmentos da indústria nos últimos anos, tanto em termos de intensidade energética quanto de consumo específico, observamos movimentos nas duas direções. Alguns segmentos lograram reduzir seu consumo específico e sua intensidade energética, como ocorreu com cimento e siderurgia, enquanto outros aumentaram, sendo os casos de papel e celulose, química e outros da metalurgia. O segmento de açúcar mostrou resultados conflitantes quando analisados a intensidade energética e o consumo específico, com aumento no primeiro e redução no segundo, mesmo quando considerado o horizonte entre 2000 e 2018.

3.1.3.3 Decomposição da variação do consumo

O crescimento da indústria foi diferente em cada período, influenciada pela variação da atividade econômica, mudança na participação de cada segmento e variação na intensidade de cada segmento. O Gráfico 22 apresenta a decomposição da variação do consumo energético da indústria em efeito atividade, estrutura e intensidade, conforme método LMDI I (“logarithmic mean Divisia index method I”) com decomposição aditiva (Ang & Liu, 2001).

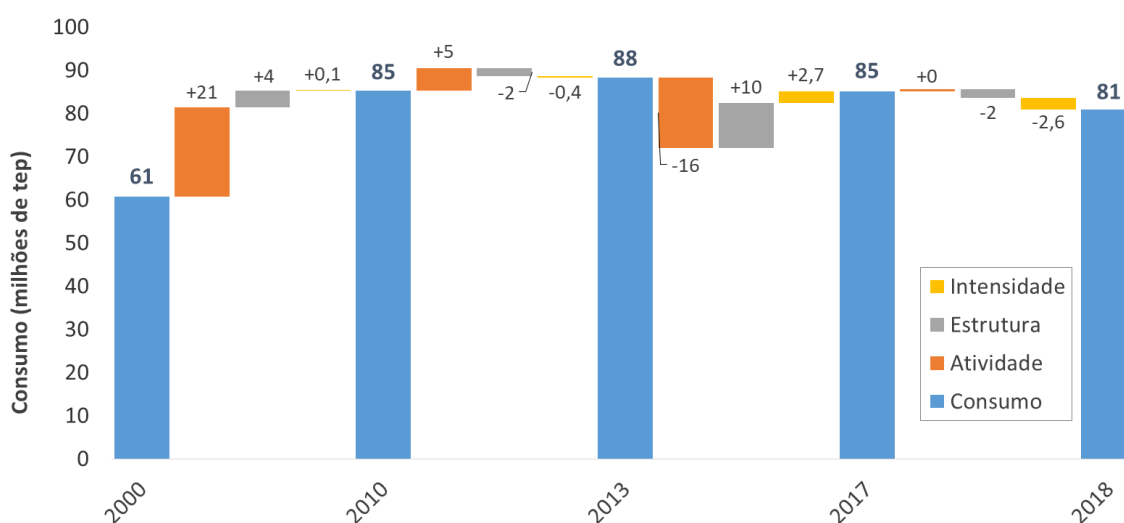
Entre 2001 e 2010 o consumo energético da indústria aumentou em 3,5% ao ano, principalmente em função do aumento da atividade industrial, e também pela maior participação da indústria de açúcar e de papel e celulose, que são energointensivos.

Entre 2014 e 2016 o consumo aumentou em média 1,1% ao ano, influenciado pelo crescimento da atividade econômica, mas parcialmente compensado pelas mudanças estruturais, com redução da participação de segmentos como açúcar, ferroligas e siderurgia, e aumento de cimento, cerâmica e outras indústrias. O efeito intensidade não foi representativo neste período.

Entre 2014 e 2017, com a recessão econômica, a atividade industrial caiu em 4,6% ao ano, enquanto o consumo industrial reduziu apenas 0,9% ao ano. A redução do consumo pela queda na atividade econômica foi parcialmente compensada pelo aumento da intensidade de alguns segmentos, que pode ser explicada de maneira geral pelo aumento da capacidade ociosa e perda conjuntural de produtividade, e mudanças estruturais. 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. Também houve aumento na participação relativa da siderurgia, açúcar e cerâmica, além de redução das 'outras indústrias'.

Por fim, em 2018 houve redução do consumo em 4,8%, devido à redução da intensidade da produção de não ferrosos (em parte pela menor participação do alumínio), alimentos e bebidas, cimento e cerâmica. Também houve redução do consumo devido a mudanças estruturais, principalmente pela redução da produção do açúcar, devido à queda no preço internacional do produto.

Gráfico 22 – Decomposição da variação do consumo energético industrial (2000 a 2018)



Fonte: elaboração EPE, a partir de EPE (2019a) e IBGE (2019a)

3.1.3.4 ODEX Industrial

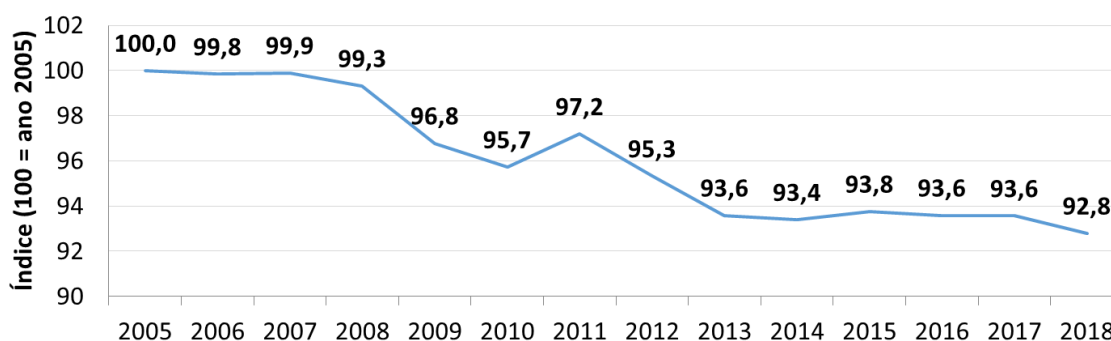
Foi considerado o consumo específico para os segmentos da siderurgia, papel e celulose, cimento e açúcar, e intensidade energética para os segmentos de outros alimentícios, têxtil, química, cerâmica, ferroligas, outros da metalurgia, mineração e outras indústrias, em função da disponibilidade de informações.

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

No caso de segmentos industriais mais heterogêneos, a exemplo da química e das ferroligas, o indicador ainda pode sofrer maior influência da 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 23 mostra o ODEX para o setor industrial.

Gráfico 23 – ODEX do consumo de energia do setor industrial



Fonte: elaboração EPE

Observa-se relativa estabilidade no indicador entre 2013 e 2017, período de recessão da indústria. Por um lado, alguns segmentos operavam com capacidade ociosa, fora do seu ponto ótimo. Por outro lado, houve o fechamento de plantas menos eficientes, por exemplo no setor siderúrgico.

Em 2018 o ODEX da indústria foi de 93, ou seja, 7% menor que o ODEX em 2005, com redução média de 0,6% ao ano, o que representa ganho médio de eficiência energética.

3.2 Setor energético

3.2.1 Panorama do setor

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

A Tabela 5 apresenta o consumo final no setor energético, com aumento médio de 4,6% ao ano entre 2000 e 2018, 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 5 – Consumo final de energia do setor energético

Setor energético	2000	2005	2010	2015	2018
Consumo final do setor [10 ³ tep]	12.847	17.653	24.580	27.763	28.705
Participação no consumo final de energia	8,9%	10,7%	12,4%	12,7%	13,5%

Fonte: EPE (2019a)

Em termos percentuais a fração do setor energético em relação ao consumo final total do Brasil subiu de 8,9% em 2000 para 13,5% em 2018, denotando a posição de terceiro maior setor consumidor de energia no país, atrás somente dos setores de transportes e industrial.

3.2.2 Análise de indicadores setoriais

A Tabela 6 detalha o consumo final no setor energético em segmentos, onde se destaca as indústrias de etanol e de petróleo e gás natural (plataformas, refinarias e gasodutos), que responderam por 97% do consumo deste setor em 2018.

O consumo cresceu de forma mais acelerada entre 2001 e 2010, com taxa de 6,4% ao ano, do que no período de 2011 a 2018, no qual o crescimento foi de 2,3% ao ano.

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 o segmento somava pouco mais da metade do montante global (51%) do uso energético, valor reduzido para 40% em 2018. Tal fato ocorreu devido ao aumento da produção de etanol, gerando aumento da participação de 44% para 52% no mesmo período.

¹⁰ Movimentação interna da produção. Exemplo: navios aliviadores.

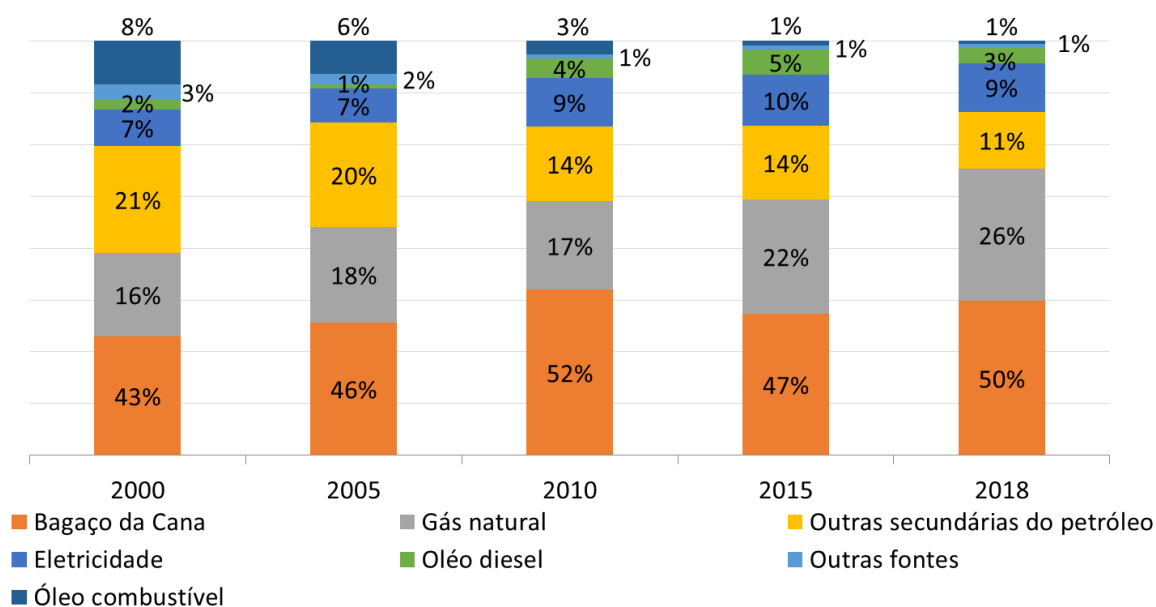
Tabela 6 – Consumo final de energia do setor energético por segmento

Consumo final de energia por segmento [10 ³ tep]	2000	2005	2010	2015	2018	Δ% ao ano. (2018/2000)
Plataforma de petróleo	1.218	2.229	3.493	4.758	4.748	7,8%
Refinarias	5.395	6.460	6.147	7.468	6.647	1,2%
Destilarias (setor sucroalcooleiro)	5.663	8.287	13.196	13.746	14.957	5,5%
Geração elétrica (serviço público e autoprodução)	236	334	464	725	673	6,0%
Gasodutos	0	0	501	835	1.445	-
Coqueiras e outros	339	342	204	232	235	-2,0%
TOTAL	12.850	17.653	24.005	27.763	28.705	4,6%

Fonte: EPE (2019a, adaptado)

O Gráfico 24 mostra a evolução na participação das fontes que compõem o consumo final do setor energético. Pode-se perceber o aumento da participação do bagaço de cana para produção de etanol, que segue sendo a principal fonte, e aumento da participação do gás natural, consumido principalmente no E&P e refino de petróleo. As fontes que perdem participação são o óleo combustível e outras secundárias de petróleo, que inclui gás de refinaria e coque de FCC¹¹.

Gráfico 24 – Setor energético: consumo final energético por fonte



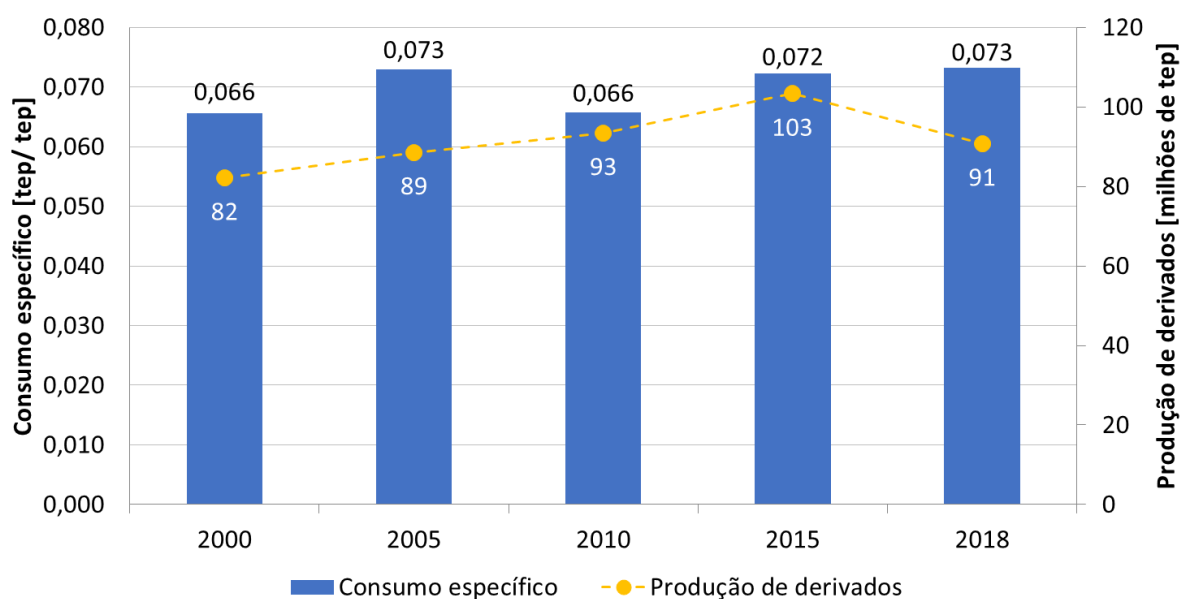
Fonte: EPE (2019a)

¹¹ FCC são unidades de craqueamento catalítico fluido em refinarias.

A mudança na participação das fontes é resultado das mudanças estruturais do setor energético, com maior participação do E&P, destilarias e geração elétrica, e de mudanças no perfil de consumo no refino, com substituição de óleo combustível por gás natural, e no E&P, com substituição de gás natural por óleo diesel.

No refino, o autoconsumo de energia para produção de derivados oscila entre 0,067 e 0,073 tep consumido por tep produzido, sem apontar uma melhora significativa na eficiência nas duas últimas décadas. Cabe ressaltar que nesse período houve avanços na legislação ambiental com progressivas restrições à concentração de enxofre no óleo diesel. A remoção de compostos sulfurados para atendimento do Proconve¹² utiliza H₂ de alta pureza para o hidrotreatamento, e sua obtenção é intensiva em gás natural (Cruz, 2010). Portanto, a demanda energética de refinarias aumentou para atender às especificações do diesel.

Gráfico 25 – Consumo específico para a produção de derivados de petróleo (tep/tep)

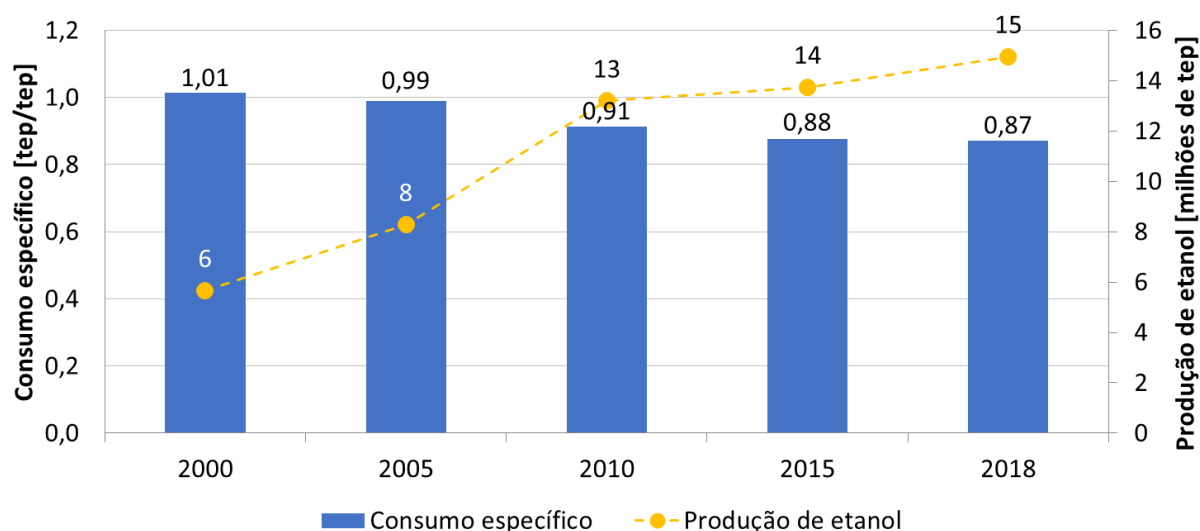


Fonte: EPE (2019a, adaptado)

Nas destilarias, o consumo específico reduziu em 0,8% ao ano, entre 2001 e 2018 (Gráfico 26), o que demonstra melhorias de eficiência no consumo de bagaço para a produção do vapor necessário nos processos de produção de etanol.

¹² Proconve – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores.

Gráfico 26 – Consumo específico para a produção de etanol (tep/tep)



Fonte: EPE (2019a, adaptado)

3.3 Lacunas, desafios e avanços necessários

Foram apresentados e analisados os indicadores com o maior nível de detalhamento possível, em função dos dados disponíveis. Entretanto, dados de consumo e atividade por subsegmento permitiriam expurgar o efeito estrutura dentro de determinados segmentos industriais, como por exemplo a indústria química, que possui diversos subsegmentos com intensidade energética diferente.

Este ponto poderia ser aprimorado com a ampliação do fornecimento de dados de consumo energético e consumo específico para a coleta do Balanço Energético Nacional, com o apoio da indústria e suas associações. No caso específico da indústria cerâmica, por exemplo, faltam dados de produção física e de valor adicionado para o setor e para os subsegmentos de cerâmica branca e cerâmica vermelha. A análise também pode ser enriquecida com mais informações sobre as ações de eficiência que estão sendo conduzidas pela indústria.

Em relação aos ganhos de eficiência com políticas públicas, a compatibilização e integração entre as metodologias de cálculo dos diferentes programas permite evitar dupla contagem e melhor avaliar os ganhos históricos em diferentes períodos (por exemplo para o acompanhamento da NDC brasileira). As mesmas metodologias utilizadas para estimar os ganhos históricos poderiam ser utilizadas para estimar os ganhos futuros com a continuidade das políticas, e incorporados ao planejamento energético. Para tal, são necessários esforços de diferentes instituições para aprimorar

a avaliação de impacto das políticas de eficiência a nível nacional. No PAR Procel 2018 foram levantados o projeto estruturante “Desenvolvimento e implantação inicial de metodologias de avaliação de resultados de ações de eficiência energética implementadas no Brasil” e o “Guia e exemplos práticos de M&V no âmbito dos subprogramas atendidos pelo PAR”, com esse objetivo, que fazem parte do cadastro de reserva do Programa. A definição *ex ante* de indicadores de monitoramento de novas políticas, a exemplo do Programa Brasil Mais Produtivo, contribui para sua avaliação.

Apesar dos avanços dos ganhos de eficiência e das políticas públicas, com maiores investimentos do Procel Indústria e atualização dos índices mínimos de motores, ainda há grande potencial de ganhos de eficiência, inclusive com medidas que geram retorno financeiro.

Uma barreira para a eficiência é a falta de conhecimento sobre as oportunidades de eficiência (pela alta direção e funcionários da indústria e pelo setor financeiro), o que pode ser combatido com a disponibilidade de informações organizadas. As informações podem incluir oportunidades, ferramentas de cálculo de ganhos de eficiência e de análise de viabilidade das medidas, contato de auditores e ESCOs, linhas de financiamento existentes, estudos de caso (de sucesso ou não), fórum para troca de informações, dentre outros. Cursos de capacitação e seminários também ajudam a disseminar a eficiência.

Outra barreira é a limitação do número de auditores e ESCOs com experiência em processos industriais. A perspectiva de aumento da demanda por auditorias energéticas no curto e médio prazo pode ampliar a oferta de serviços de eficiência energética.

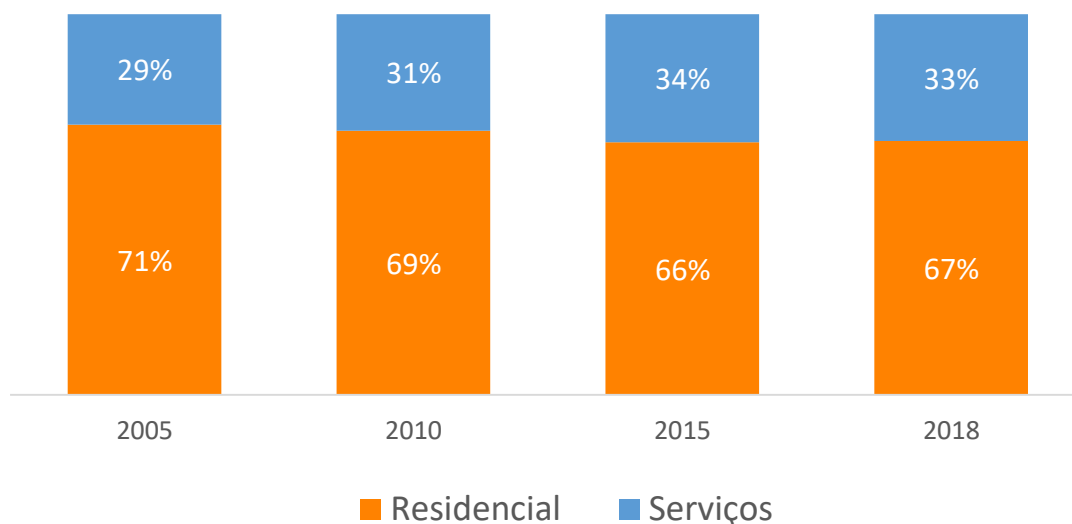
Portanto, os programas de apoio à implementação de sistemas de gestão de energia, aliados ao fornecimento de informações e capacitação em eficiência energética, somados aos índices mínimos para equipamentos, permitem grandes avanços na eficiência energética no Brasil. A cooperação institucional para avaliação dos ganhos de eficiência dos programas existentes e futuros permite aprofundar as análises de indicadores.

4. EDIFICAÇÕES

As edificações agregam os setores residencial, comercial e público. As edificações consomem 16% da energia total e 51% da eletricidade do país. Entre os anos de 2005 e 2018, o consumo de energia das edificações passou de 30,7 milhões para 37,8 milhões de tep, crescimento de 2% ao ano no período, já o setor comercial teve um crescimento maior com taxa de 3% no mesmo período.

O Gráfico 27 mostra a evolução do consumo de energia total das edificações, as residências são responsáveis pela maior parcela desse consumo, com participação de 67% da energia total e 25% da eletricidade para o ano de 2018.

Gráfico 27 – Comparação do consumo total das Edificações em 10⁶ tep



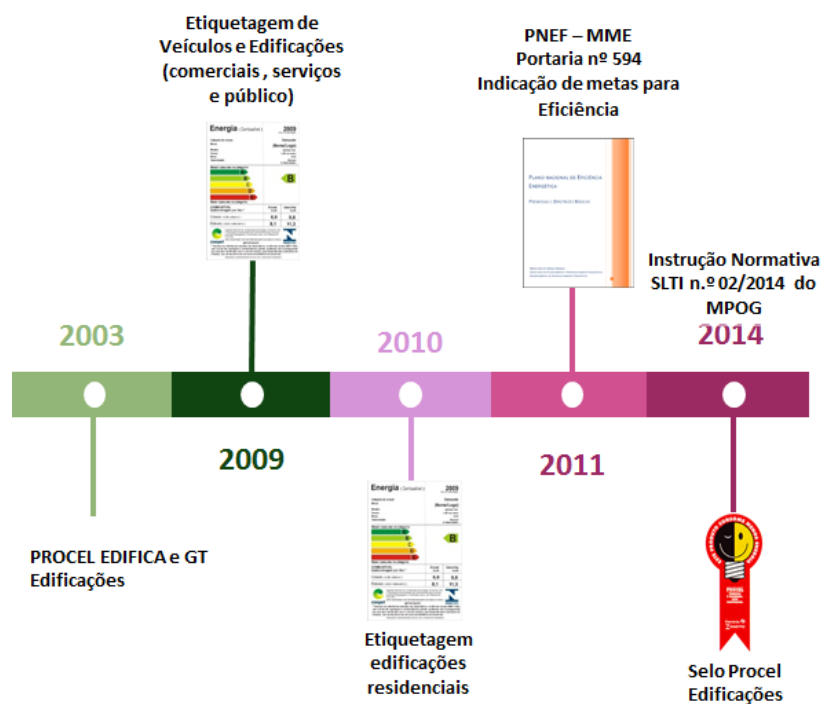
Fonte: elaboração EPE

A principal fonte de energia utilizada nas edificações é a eletricidade. As residências utilizam 46% de eletricidade, 26% GLP e 24% de lenha. Já os edifícios comerciais e públicos utilizam majoritariamente a eletricidade com 92% de participação.

As políticas voltadas para eficiência energética, no Brasil, começaram a ser formuladas na década de 80, com o PBE e o Procel. Um grande exemplo, que cabe destaque como implementação de políticas públicas é a “Lei de Eficiência Energética”, já destacada neste documento.

Uma visão geral com o histórico das políticas específicas do setor de edificações pode ser visualizada na Figura 2.

Figura 2 – Políticas específicas do setor de edificações



Fonte: elaboração EPE

A Tabela 7 já detalha as iniciativas e incentivos vigentes e classifica por segmento das edificações.

Tabela 7 – Políticas Vigentes

Edificações		
Residências	Comércio	Público
Procel, Conpet	Procel, Conpet	Procel, Conpet
PBE	PBE, SEBRAE	PBE
Lei de Eficiência Energética e CGIEE	Lei de Eficiência Energética e CGIEE	Lei de Eficiência Energética e CGIEE
PEE da ANEEL, PNMC	PEE da ANEEL, PNMC	PEE da ANEEL, PNMC
Programa Minha Casa, Minha Vida		RELUZ
NBR 15220 e 15575, RTQ-R	RTQ-C	RTQ-C, IN 02, Compras eficientes
NDC, PNEf	NDC, PNEf	NDC, PNEf
CTEnerg e PEE	CTEnerg e PEE	CTEnerg e PEE
	BNDES	BNDES

Nota: CGIEE - Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética, Conpet - Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural, CTEnerg - Fundo Setorial de Energia Elétrica, PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem, PEE – Programa de Eficiência Energética, PNMC – Plano Nacional de Mudanças Climáticas, PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, BNDES - BNDES Finem, Meio Ambiente e

Eficiência Energética, SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, IN 02 - Instrução Normativa SLTI n.º 02/2014 do MPOG, PNEf – Plano Nacional de Eficiência Energética Portaria nº 594 de outubro de 2011, RELUZ - Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes, RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, NDC - Contribuição Nacionalmente Determinada brasileira, estipula um objetivo geral de 10% de aumento na eficiência do uso de energia elétrica em 2030.

Fonte: elaboração EPE

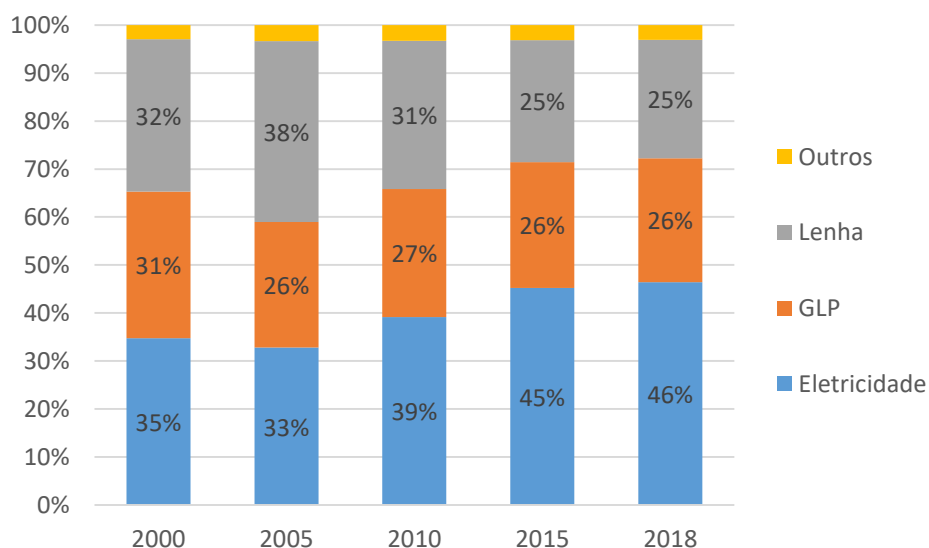
Para as edificações construídas com Selo Procel, estima-se uma energia evitada de 18,93 GWh, dado acumulado desde 2015 (Procel,2019).

4.1 Residências

4.1.1 Panorama

Entre os anos 2000 e 2018, o consumo de energia nas residências brasileiras passou de 21,7 milhões para 25,2 milhões de tep, crescimento de 1,1% ao ano no período. A eletricidade é a principal fonte de energia utilizada nos domicílios. Como mostrado no Gráfico 28, a participação dessa fonte ampliou 11 pontos percentuais no horizonte analisado.

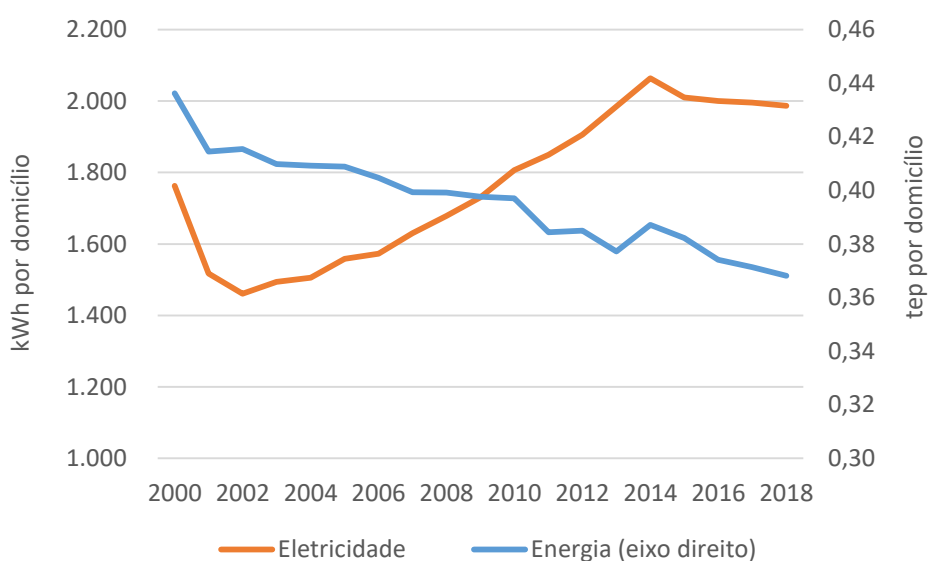
Gráfico 28 – Consumo final energético por fonte nas residências



Fonte: EPE (2019a)

Em 2001, devido ao racionamento de eletricidade no país¹³, houve redução significativa do consumo de energia nas residências, como mostrado no Gráfico 29. A necessidade de adequar a demanda às restrições de oferta, estimulou a mudança de hábitos de consumo das famílias e a promoção de medidas de eficiência energética nas residências. Nos anos seguintes ao racionamento de eletricidade, foram introduzidos no mercado eletrodomésticos energeticamente mais eficientes, em parte induzido pela Lei de Eficiência Energética em 2011.

Gráfico 29 – Consumo elétrico e energético por domicílio



Fonte: elaboração EPE

De 2002 até 2014, em um contexto de estabilidade econômica, crescimento da renda das famílias, aumento do crédito e incentivos tributários para a aquisição de eletrodomésticos¹⁴, a demanda por eletricidade apresentou trajetória crescente de 2,4% ao ano. Nesse período foram introduzidos aparelhos novos e mais eficientes nas residências, levando à redução do consumo médio por unidade do estoque e, conseqüentemente, à economia de energia. Entretanto, em 2015, a crise econômica brasileira reduziu o poder de compra dos brasileiros, o que impactou o consumo de energia elétrica nos domicílios.

¹³ Em 2001, o governo federal estipulou uma meta obrigatória de redução de 20% do consumo de energia elétrica para as residências das regiões Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Essa medida vigorou entre meados de 2001 e o início de 2002.

¹⁴ 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.

Por sua vez, o consumo energético por domicílio apresentou tendência decrescente entre 2000 e 2018. Nesse período, o consumo médio reduziu cerca de 0,7% ao ano. Parte desse resultado é fruto da substituição de biomassas tradicionais, como lenha e carvão vegetal, por combustíveis modernos, principalmente GLP, fonte de energia empregada pelas famílias nos mesmo usos finais das biomassas tradicionais, porém com maior eficiência de combustão.

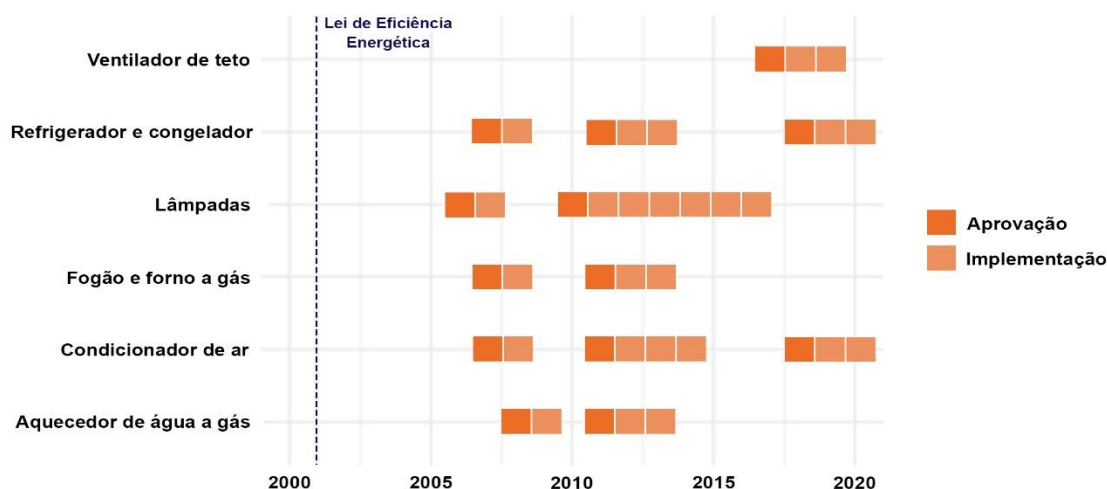
4.1.2 Políticas vigentes de eficiência energética

O contexto econômico e institucional das últimas décadas criou condições para a elevação do consumo de energia nas residências, o que evidenciou a importância de ações de eficiência energética neste segmento. Nas residências, as principais medidas de eficiência energética são implementadas por meio de políticas de padrões e etiquetagem obrigatórias ou voluntárias em equipamentos e eletrodomésticos. Essas políticas incluem:

- Índices mínimos de eficiência energética (ou de consumo máximo);
- Etiquetagem comparativa (compulsória ou voluntária); e
- Selos de endosso.

O PBE foi desenvolvido desde a década de 1980 com base na adesão voluntária dos fornecedores de equipamentos, principalmente aqueles destinados às famílias. Gradualmente, a adesão passou a ser compulsória para alguns equipamentos. Com a publicação da Lei de Eficiência Energética, no início dos anos 2000, o PBE passou a exigir, também de forma compulsória, critérios de desempenho dos equipamentos baseado em índices mínimos de eficiência energética (ou de consumo máximo).

Gráfico 30 – Período de aprovação e implementação das políticas de índices mínimos de eficiência energética de equipamentos residenciais



Nota: São consideradas as datas contidas nas regulamentações específicas e nos planos de metas. Para os dados de lâmpadas foram consideradas as regulamentações específicas e os planos de metas de lâmpadas incandescentes e lâmpadas fluorescentes compactas.

Fonte: Elaborado pela EPE com base em dados do MME.

Com relação às políticas de padrões de eficiência energética, destaca-se do Gráfico 30 que a implementação de índices mínimos destinadas aos equipamentos residenciais iniciaram em 2006, cerca de cinco anos após a publicação da Lei de Eficiência Energética. Os equipamentos residenciais priorizados foram aqueles com maior consumo específico, alta penetração nas residências e/ou aparelhos que podem impactar significativamente o consumo de eletricidade no horário de pico, como é o caso das lâmpadas, refrigeradores, e condicionadores de ar. Como mostrado no gráfico, essas políticas estão sujeitas a revisões periódicas. Nesse sentido, está em curso a revisão de índices mínimos de eficiência energética de ar condicionado, refrigerador e congelador – estabelecidos pelas portarias interministeriais MME/MCT/MDIC 1 e 2 de julho de 2018 – que serão totalmente implementadas até o final do ano 2020.

Além das políticas de padrões e etiquetagem, existem iniciativas complementares que buscam promover a eficiência energética por meio de normas, certificações e programas, que incluem não apenas os equipamentos que consomem energia elétrica, mas também a edificações e a sua relação com o morador. Dentre as principais iniciativas, destacam-se:

- Selo Casa Azul;
- Revisão da NBR 15.220 e NBR 15.575; e

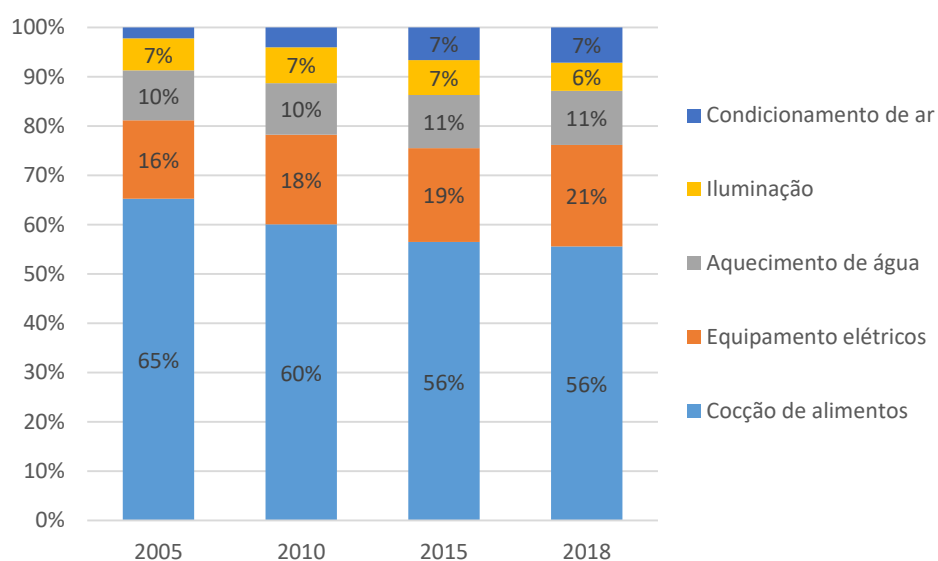
- Portaria 643 de 2017 do Ministério das Cidades.

O Selo Casa Azul é uma classificação voluntária de projetos habitacionais financiados pela Caixa Econômica Federal, banco público brasileiro, que reconhece soluções eficientes na construção, uso, ocupação e manutenção dos edifícios, incluindo medidas de eficiência energética. As normas de desempenho NBR 15.220 e NBR 15.575, entre outros elementos, estabelecem requisitos e critérios construtivos relacionados ao desempenho térmico de edificações residenciais, incluindo Habitações de Interesse Social (HIS). Ainda no caso de HIS, a portaria 643 de 2017 do Ministério das Cidades, atual Ministério do Desenvolvimento Regional, dispõe sobre a utilização de sistemas alternativos de geração de energia no âmbito do programa Minha Casa Minha Vida do governo federal, entre eles, sistemas de aquecimento solar (SAS), tecnologia de conservação de eletricidade que pode ser entendido como um elemento complementar à eficiência energética nas residências.

4.1.3 Análise de indicadores setoriais

O principal uso final da energia das residências é para a cocção de alimentos, seguido por equipamentos elétricos, aquecimento de água, iluminação e condicionamento de ar, respectivamente. Apesar da manutenção dessa ordenação entre 2005 e 2018 observa-se, principalmente, a redução da participação do uso final para a cocção de alimento e aumento do uso de equipamentos elétricos ao longo dos anos, como mostrado no Gráfico 31.

Gráfico 31 – Consumo de energia residencial por uso final

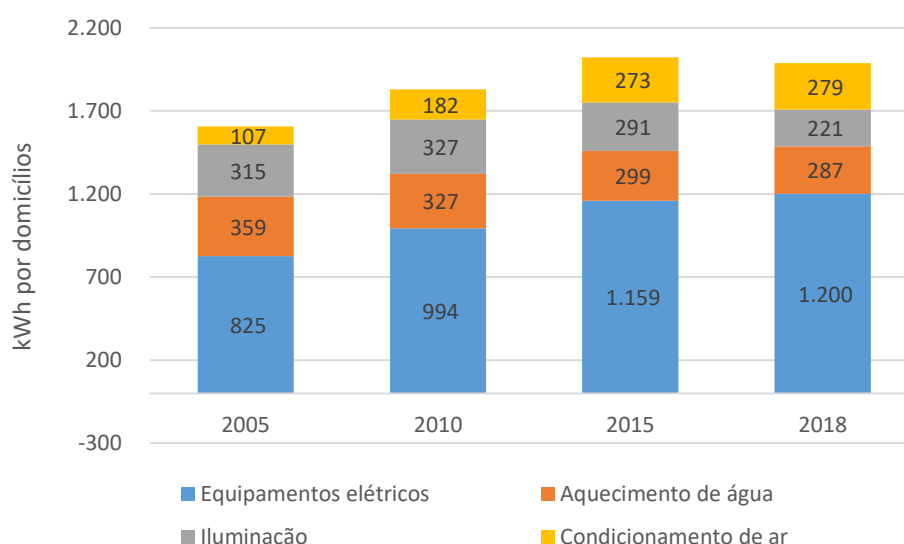


Fonte: elaboração EPE

A redução da participação da cocção de alimento pode ser explicada pelo processo de transição energética das famílias em que, com o aumento da renda, substituem o consumo de biomassas tradicionais por combustíveis modernos. Contudo, cabe destacar que esse processo não é linear, já que as famílias podem consumir um portfólio de múltiplos combustíveis por motivos variados, como a disponibilidade e o custo dos combustíveis substitutos, os riscos associados à interrupção da oferta, aspectos culturais, sociais e preferências.

Com exceção do uso da energia para cocção, a eletricidade é a fonte predominante nos demais usos finais. Entre 2005 e 2018, o consumo de energia elétrica por domicílio aumentou 1,7% ao ano, como sugerido no Gráfico 32. Contudo, cabe destacar que entre 2015 e 2018, o consumo se manteve praticamente estável. Os usos da eletricidade para aquecimento de água e iluminação apresentaram tendência de queda no período. A redução do uso para aquecimento de água se deve à maior penetração dos sistemas de aquecimento solar (SAS) e do uso de gás natural. No caso da iluminação, a redução do consumo é o resultado de políticas de eficiência energética implementadas nos últimos anos, ou seja, 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*) – determinado pela Portaria Interministerial (MME/MCT/MDIC) 1.007 de 2010.

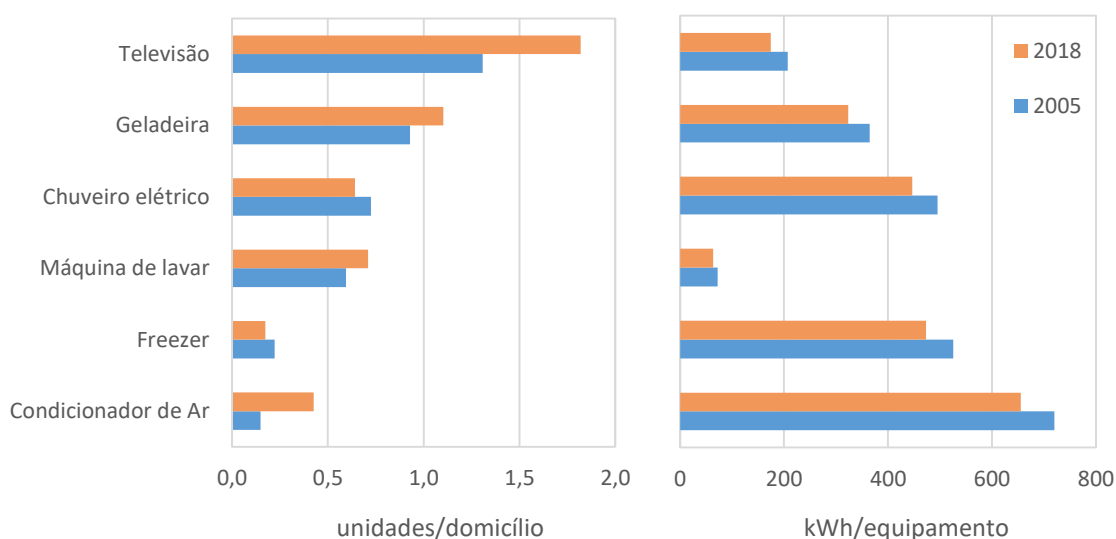
Gráfico 32 – Consumo elétrico residencial por uso final



Fonte: elaboração EPE

A elevação da participação dos equipamentos elétricos pode ser parcialmente explicada pelo aumento da posse. A penetração de equipamentos novos, energeticamente mais eficientes, tende a reduzir o consumo médio de energia do estoque, como sugerido pelo Gráfico 33. Os condicionadores de ar foram os equipamentos que apresentaram maior crescimento da posse, cerca de 8,4% ao ano entre 2005 e 2018. Por outro lado, a quantidade de congeladores (*freezer*) e chuveiros elétricos caiu no período. No caso de congeladores, a redução é o resultado, em grande parte, da mudança de hábito das famílias nas últimas décadas que deixaram de substituir os equipamentos que atingiram o fim da sua vida útil¹⁵. A redução da posse do chuveiro elétrico, como discutido anteriormente, é o 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.

Gráfico 33 – Posse e consumo médio anual por equipamento



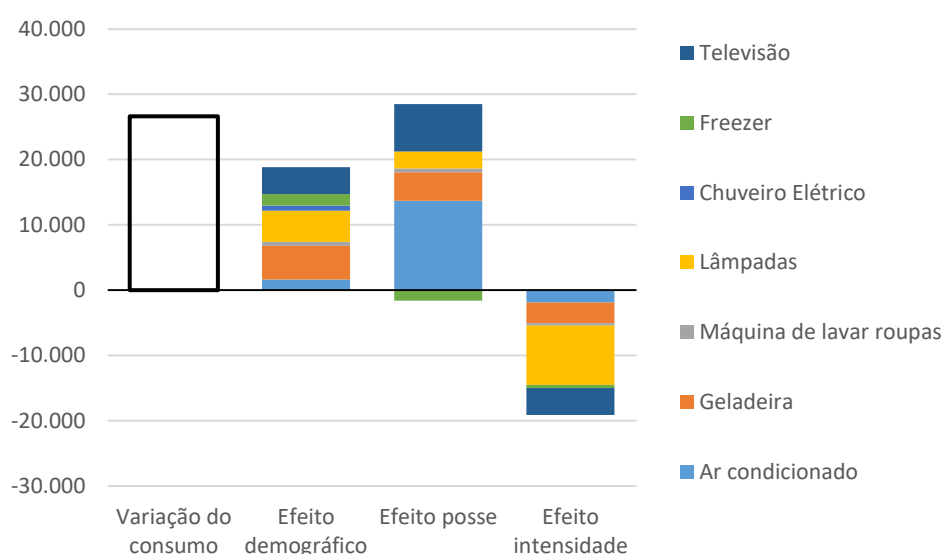
Fonte: elaboração EPE

O Gráfico 34 mostra a decomposição da variação do consumo de eletricidade por equipamento selecionado. 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, *proxy* para o ganho de eficiência energética, pode ser entendido como o ganho relativo ao substituir tecnologias ou mudar hábitos de uso dos equipamentos. De

¹⁵ 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 brasileiro, de maior estabilidade dos preços, esse tipo de uso passa ser menos importante.

acordo com o gráfico, em termos absolutos, o efeito posse é o principal determinante da variação do consumo de eletricidade entre 2005 e 2018, sendo que apenas os condicionadores de ar responderam por 51% desse efeito. Por outro lado, 47% do efeito intensidade, que tende a reduzir o aumento do consumo de energia elétrica nas residências, é decorrente, principalmente, da introdução de lâmpadas energeticamente mais eficientes, devido ao banimento de lâmpadas incandescentes e da maior penetração de LED no período.

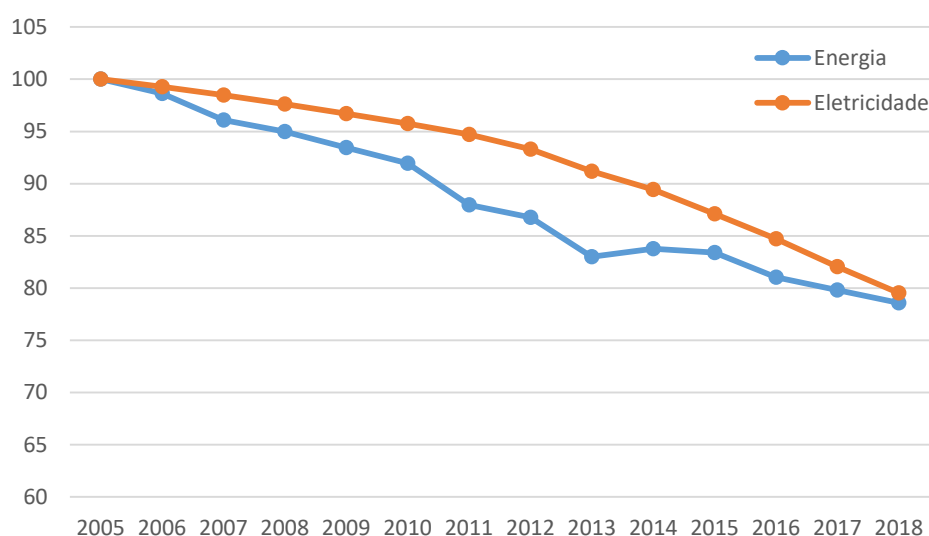
Gráfico 34 – Decomposição da variação do consumo de eletricidade por equipamento entre 2005 e 2018 (GWh)



Fonte: elaboração EPE

Como indicado nos capítulos anteriores, uma forma alternativa de avaliar a tendência de ganho de eficiência energética ao longo do tempo é por meio do indicador ODEX. No caso do setor residencial, esse 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. De acordo com o Gráfico 35, o ODEX calculado para o consumo de eletricidade e energia apresentaram redução de 20% entre 2005 e 2018. Contudo, observa-se que nos últimos anos a queda do indicador é mais significativo para a energia elétrica, sugerindo a importância dessa fonte na conservação de energia total no país.

Gráfico 35 – ODEX residências



Fonte: elaboração EPE

Portando, os indicadores associados ao consumo de energia nas residências analisados nesta seção sugerem que, quando consideramos os principais usos finais, bem como os principais equipamentos elétricos, observamos uma tendência de eficiência energética no setor residencial brasileiro entre 2005 e 2018. Contudo, além das políticas públicas de indução da eficiência energética, esse fenômeno é o resultado de interações complexas que incluem fatores econômicos, sociais e comportamentais das famílias.

4.2 Serviços

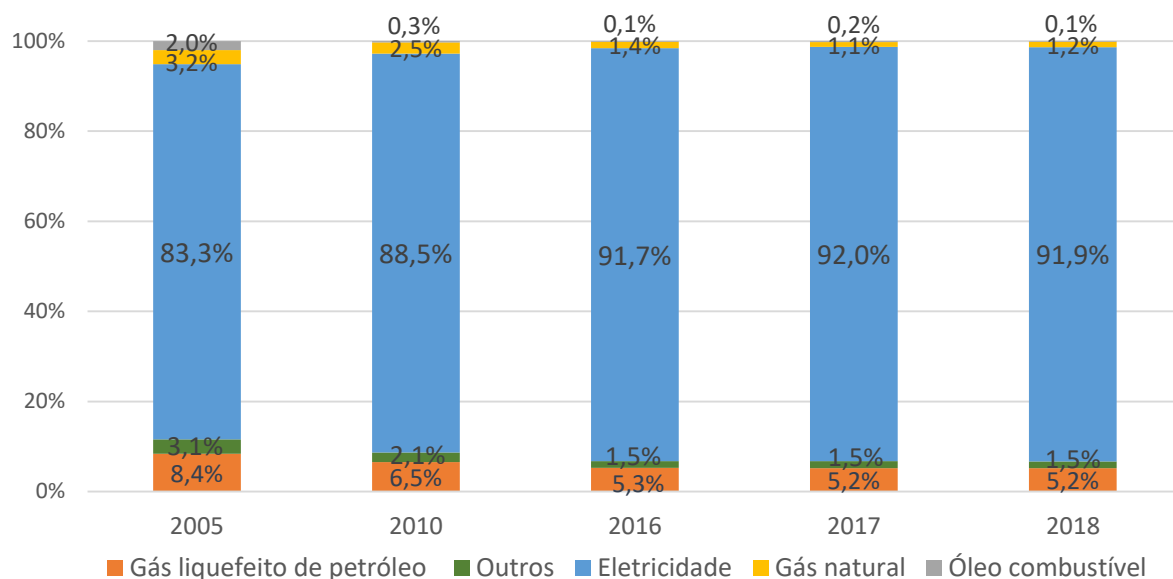
4.2.1 Panorama

Considera-se serviços como os setores comercial e público, conforme classificação do BEN. Esses setores compreendem atividades bem distintas e heterogêneas, seja pela natureza do serviço, quanto ao tamanho dos estabelecimentos, porte das empresas, remuneração e ao uso de tecnologias.

Apesar de tal heterogeneidade, alguns serviços energéticos assumem protagonismo na demanda de energia desses setores. Segundo o Balanço de Energia Útil de 2004, os principais usos finais de energia recrutados são: Refrigeração, Iluminação e Força Motriz, cujas tecnologias predominantes no parque instalado pautam-se majoritariamente no uso de eletricidade. Em função disto, a demanda elétrica representa

a maior parte da matriz energética do setor representando 92% de toda a energia final consumida, conforme ilustrado no Gráfico 36.

Gráfico 36 – Evolução do consumo final energético, por fonte, no setor de serviços



Fonte: EPE (2019a)

É interessante observar que a eletricidade continua a ganhar importância no consumo final do setor, podendo estar associada a diversos fatores como o aumento da posse de equipamentos elétricos nos estabelecimentos, o aumento da automação e controle de processos, entre outros fatores.

Outro aspecto relevante do setor de serviços encontra-se no fato de grande parte da demanda por combustíveis estar associada a geração de eletricidade no próprio estabelecimento, e, portanto, não computada como consumo final de energia. De fato, do ponto de vista financeiro, há segmentos que produzem eletricidade como alternativa ao uso da rede elétrica nos horários em que a tarifa horosazonal é mais cara. Há outros casos em que a produção de eletricidade também é realizada para mitigar eventuais problemas no fornecimento de energia em segmentos críticos, como a geração de emergência em hospitais, por exemplo.

Apesar de grande parte da produção do setor de serviços pautar-se no uso de gás natural como combustível para geração de eletricidade, a geração distribuída com tecnologia solar fotovoltaica vem ganhando participação a cada ano. Segundo dados do Sistema de Registro de Geração Distribuída – SISGD da ANEEL, em outubro de 2019, o setor de serviços concentra a maior parte da potência fotovoltaica instalada distribuída com uma parcela de 43%, seguido do setor Residencial com 36%.

Tabela 8 – Unidades consumidoras com geração fotovoltaica no segmento de serviços

Classe de Consumo	Quantidade	Potência Instalada (kW)
Serviços	20.274	520.646
Comercial	19.601	496.223
Iluminação Pública	7	123
Poder Público	599	22.223
Serviço Público	67	2.077

Fonte: ANEEL (2019)

De maneira holística, os condicionantes para o crescimento do setor de serviços apoiam-se em aspectos econômicos e demográficos, os quais influenciam diversos fatores, dentre eles: novas construções, aumento da posse de equipamentos, mudança de hábitos, acesso à serviços, melhoria e expansão do sistema de saúde, expansão de redes de iluminação pública, água e esgoto. A Tabela 9 ilustra a evolução do consumo final de energia de 2005 a 2018.

Tabela 9 – Consumo final energético do setor de serviços

Setor serviços [10³ tep]	2005	2010	2015	2018	2005-2018
Consumo final do setor serviços	8.903	10.366	12.631	12.611	2,7%
Consumo final do setor comercial	5.452	6.731	8.585	8.514	3,5%
Consumo final do setor público	3.451	3.635	4.046	4.097	1,3%
Participação no consumo final energético	4,9%	4,6%	5,2%	5,2%	-
PIB Serviços ¹ (%)	3,7	5,5	-2,7	1,3	2,3

Fonte: EPE (2019a)

Nota: ¹Dados do BEN. Corresponde a comércio, comunicações, instituições financeiras, administrações públicas, aluguéis, outros serviços e SIUP, menos geração elétrica.

No período de 2005 até 2014, o consumo final de energia no setor comercial apresentou taxa 5,2% ao ano, próxima de sua dinâmica de crescimento histórica. Entretanto, no último quadriênio, sob efeito da crise econômica, o setor retraiu seu consumo em 0,3% ao ano. Com isso, o crescimento do consumo final de energia do setor no período de 2005-2018 registrou 3,5% ao ano. Sob a ótica elétrica, de forma relativa, o efeito de tal crise levou ao setor comercial a uma redução ainda maior saindo de uma taxa média de 6,0% para os -0,3% ao ano nos mesmos recortes temporais.

Já no setor Público, a crise econômica, o endividamento dos estados e municípios, assim como teto dos gastos públicos podem ter influenciado a demanda por eletricidade

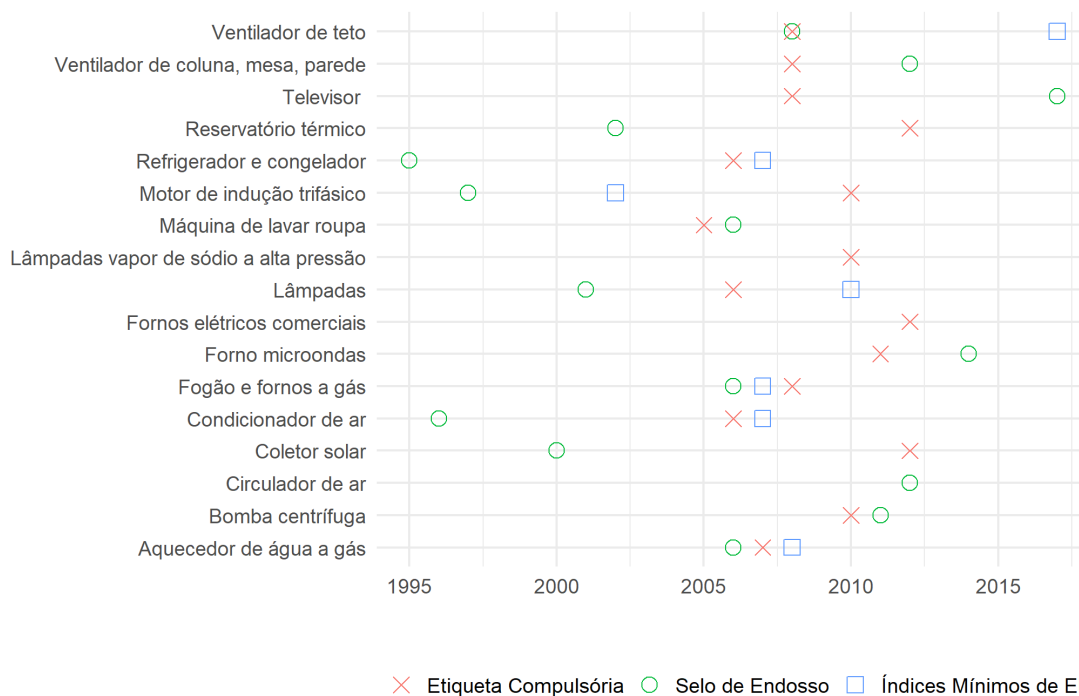
dos prédios públicos, reduzindo a taxa de crescimento média observada, de 4,7%, no período de 2005-2014 a uma taxa negativa de 0,5% ao ano nos 4 anos seguintes. Outro aspecto de suavização do crescimento elétrico do setor público foi a crise hídrica no final de 2014 que levou a redução do consumo no setor de saneamento em algumas regiões do país. Por outro lado, o setor de iluminação pública manteve crescimento de energia sustentado ao longo do horizonte em análise. Desta forma, os condicionantes descritos acima, corroboraram um crescimento médio de eletricidade de 2005-2018 de 1,3% para o setor público.

4.2.2 Políticas vigentes de eficiência energética

Para os segmentos comercial e público, as principais políticas de eficiência energética são apresentadas a seguir:

- Procel Edifica, Programa de Eficiência Energética em Edificações Eletrobrás/Procel: criado em 2003;
- Selo Procel para edificações e equipamentos;
- Índices mínimos de eficiência energética (ou de consumo máximo);
- ABNT/NBR 15220 - Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações;
- ABNT/NBR 15575 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos;
- INMETRO, Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos;
- INMETRO, Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R;
- INMETRO, RAC - Requisito de Avaliação da Conformidade para Edificações e suas Portarias Complementares; e
- Instrução Normativa SLTI n.º 02/2014 do MPOG.

Gráfico 37 – Período de implementação das políticas de eficiência energética para equipamentos comerciais



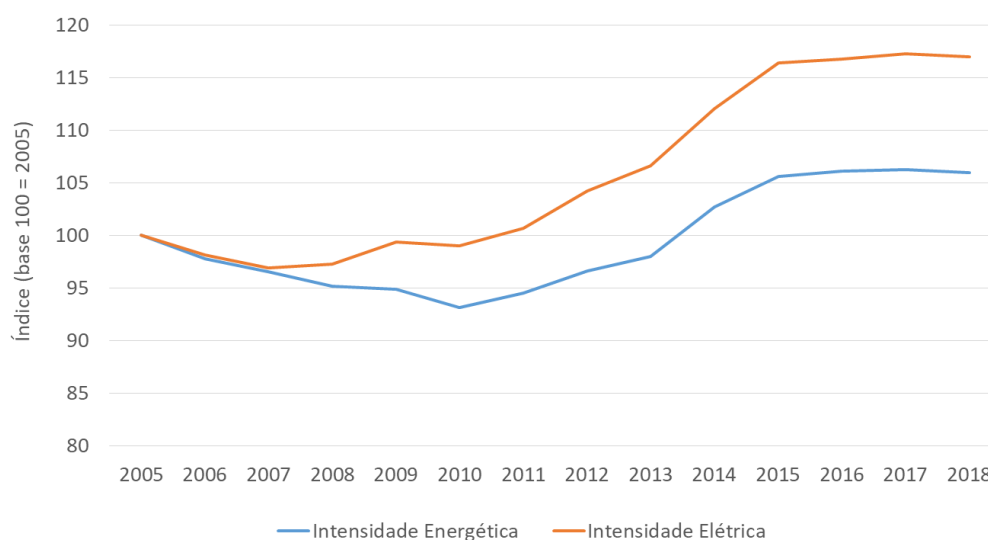
Fonte: Elaborado pela EPE com base em dados do MME (2019), Procel (2018a), Conpet (2019) e INMETRO (2019)

4.2.3 Análise de indicadores setoriais

Conforme descrito anteriormente, o uso final de energia do setor de serviços tem forte predominância do setor comercial com cerca de dois terços do consumo, estando o restante associado ao setor público. De uma maneira mais detalhada os subsetores destas classes de consumo estão dentre os mais heterogêneos de nossa matriz, contabilizando, por exemplo, desde segmentos como o comércio varejista, hospitais, escolas, supermercados, laboratórios até serviços de iluminação pública, saneamento, prédios públicos. Entretanto, tal diversidade de estabelecimentos de comércio e serviços pauta-se em necessidades similares entre as regiões do país. Dessa forma, há certa homogeneidade espacial do setor vinculada, de maneira geral, à dinâmica econômica nacional.

O Gráfico 38 mostra a evolução, em número índice, das razões de crescimento de consumo energético e elétrico em relação ao crescimento do valor adicionado nacional de serviços a preços constantes para o período de 2005-2018.

Gráfico 38 – Evolução do perfil de demanda de energia dos setores de comércio e serviços



Fonte: EPE (2019a)

O gráfico mostra uma redução dos indicadores de intensidade elétrica e energética a partir de 2005 indicando a possibilidade de ganhos de eficiência no setor. Entretanto, a partir de 2007 a intensidade elétrica afasta-se da trajetória do outro indicador devido ao crescimento mais expressivo da eletricidade em relação as demais fontes, conforme descrito na seção de panorama deste documento. É importante destacar que nos anos seguintes há crescimento em ambos os indicadores, o que não representa ineficiência necessariamente, e sim um reflexo do aumento no uso da energia útil de alguns serviços energéticos, como é o caso da refrigeração para conforto térmico de ambientes. De fato, este período foi marcado não só por vendas significativas de condicionadores de ar, como por taxas elevadas no consumo das famílias, facilidade de acesso a crédito e taxas elevadas de vendas no varejo em geral. Entretanto, nos últimos anos, sob efeito da crise econômica, há reversão deste movimento com a retração de renda e mercado de trabalho, bem como o fechamento de estabelecimentos e empresas. Desta maneira, observa-se, ao final da análise temporal, taxas de variação de consumo e agregação de valor similares, estabilizando os dois indicadores de intensidade.

4.3 Lacunas, desafios e avanços necessários

O estabelecimento de políticas de eficiência energética é um importante mecanismo para estimular boas práticas, mitigar o consumo e os gastos nas contas de energia no setor de edificações. O setor conta com importantes políticas, no entanto, são necessários ajustes e a coordenação de agentes para que novos avanços possam ser internalizados nesse setor, tais como:

- Base de dados e transparência na informação do consumo de energia. Tornar obrigatório que os prédios informem o consumo anual;
- Elaborar uma agenda regulatória com periodicidade definida, aumentar os requisitos das normas mínimas de desempenho e aumentar a abrangência do PBE;
- Implementar a etiquetagem compulsória de edificações;
- Criar uma plataforma única com informações centralizadas de todos os agentes e esferas de governo, para gerenciar e monitorar os indicadores e programas de eficiência energética, com objetivo de aperfeiçoar e monitorar os impactos das políticas públicas;
- Ferramenta de avaliação de políticas de eficiência das edificações; e
- Plano de comunicação e educação.

A fim de promover a transparência e aprimoramento das políticas apresentadas nessa seção, é necessária a disponibilidade de dados frequentes e confiáveis. Especificamente dados de consumo e estoque de edificações e equipamentos, hábitos de uso dos ocupantes, como tempo de uso e fatores de carga. Esses dados poderiam ser incluídos em uma plataforma única com informações centralizadas de todos os agentes, o que traria transparência, formulação e avaliação de resultados e impactos dos programas de eficiência energética em edificações.

Um grande desafio para o setor de edificações é aumentar a eficiência mínima dos edifícios que estão sendo ofertados no mercado, para isso as etiquetagens compulsórias veem sendo estudada, para que de forma gradual, planejada e transparente, as novas construções e reformas de edificações comerciais, residenciais e públicas, atendam níveis mínimos especificados por tipologia e por etapa.

O comportamento dos usuários de edificações, projetistas e instaladores determinam o sucesso das políticas públicas de eficiência energética nas edificações. Nesse sentido, é importante o desenvolvimento de planos de comunicação integrado, com a abordagem

adequada aos diferentes públicos, ressaltando os benefícios – energéticos, econômicos e ambientais – mais relevantes e utilizando os meios de comunicação mais eficientes. É importante que esse plano inclua avaliações prévias e posteriores dos níveis de assimilação e permanência das mensagens sobre eficiência energética.

5. SETOR DE TRANSPORTES

5.1 Panorama do setor brasileiro

O setor de transportes é responsável por 33% do consumo final energético no Brasil (EPE, 2019a), estando seu desempenho vinculado a aspectos de ordem ambiental, socioeconômica e tecnológica. Avanços tecnológicos de motores, automação, desenvolvimento de materiais mais leves e seguros, transferências intermodais, planejamento urbano, bem como a adoção de novas fontes energéticas são algumas das premissas consideradas na projeção da demanda energética do setor. O consumo energético do setor transportes é influenciado por diversos fatores, como PIB *per capita*, disponibilidade e ampliação de infraestrutura logística, políticas ambientais, novas tecnologias e conectividade, além de cultura, comportamento e preferências da sociedade. Tais fatores contribuem para a demanda do transporte de cargas e/ou de passageiros.

Os transportes de passageiros e de cargas são predominantemente realizados pelo modo rodoviário. Essa matriz de transporte majoritariamente rodoviária é consequência da escolha de políticas industriais adotadas ao longo da segunda metade do século XX. Embora, em alguns períodos tenha havido investimentos em ferrovias e no transporte de cabotagem, historicamente, o Brasil priorizou o desenvolvimento do modo rodoviário, promovendo a implementação da indústria automotiva no Brasil, além do setor de autopeças. O apoio governamental se deu através do incentivo à instalação de montadoras no país, além de financiamento para compra de automóveis e caminhões, abertura de estradas, incentivos fiscais, tributários, cambiais e tarifários. Durante este período, ocorreu gradativa degradação da malha ferroviária, havendo retorno de investimentos no final de década de 90 (BNDES, 2002).

Nas últimas décadas, em especial depois da estabilização econômica, diversos investimentos em infraestrutura, tanto de mobilidade urbana, quanto de logística de carga, foram realizados e pouco mudaram o perfil da matriz de transportes nacional.

Entre 1996 e 2018, o consumo final energético do setor de transportes cresceu 2,9% ao ano, o que equivale a um aumento de 88%. Neste mesmo período, a participação do setor no consumo final energético nacional aumentou de 31,1% para 33%, ultrapassando o setor industrial, como pode ser observado na Tabela 10.

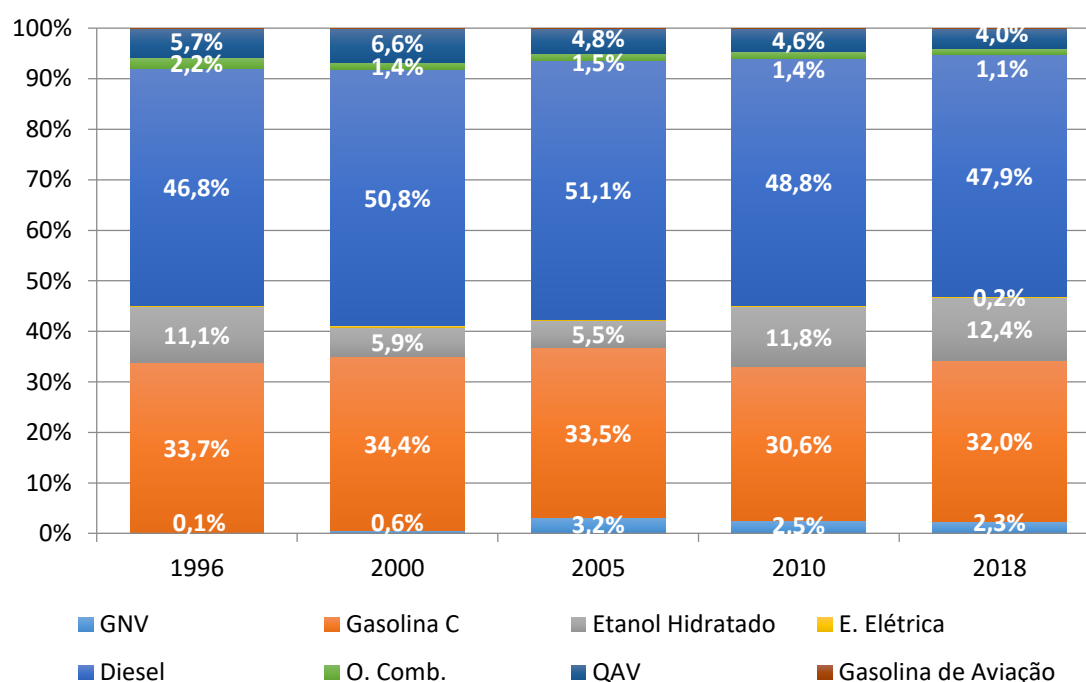
Tabela 10 – Consumo final energético do setor transportes

Setor transportes	1996	2000	2005	2010	2018
Consumo final do setor [10 ³ tep]	44.783	47.385	52.720	69.720	83.658
Participação no consumo final energético	31,1%	30,1%	28,9%	31,2%	33%

Fonte: EPE (2019a)

O aumento do consumo energético do período foi oriundo, principalmente, do aumento do consumo de diesel B, da gasolina C e do etanol hidratado (Gráfico 39).

Gráfico 39 – Consumo de energia no setor transportes por fonte



Fonte: EPE (2019a)

Destaca-se o crescimento acelerado do consumo de Gás Natural Veicular (GNV), atingindo aproximadamente 3% de participação na matriz energética de transportes brasileira em 2005, sendo um importante registro de implementação de tecnologia alternativa no modo rodoviário. Apesar disso, a partir da segunda metade da década de 2000, a participação do GNV retrocedeu na matriz energética do transporte no Brasil, e atualmente representa 2% do consumo de energia do setor.

5.2 Eficiência energética nos transportes no Brasil

Dadas as dimensões continentais, e a distribuição da população e da atividade econômica no Brasil, a matriz de transportes apresenta potencial para melhoria de eficiência energética. Observa-se que os modos ferroviário e hidroviário, embora mais adequados para o transporte de maiores volumes de cargas e de passageiros, a média e longas distâncias, não são utilizados em toda sua potencialidade, sendo substituídos pelo modo rodoviário. Tais modos, menos energointensivos, poderiam reduzir significativamente a demanda por energia e ampliar os ganhos de eficiência sistêmica.

Ademais, cabe citar as condições de uso do modo rodoviário no Brasil. Aspectos como o trânsito nas cidades, as condições das vias, o escoamento dos usuários e a forma de condução representam diversas ineficiências. Políticas públicas voltadas à melhoria do trânsito, da pavimentação de ruas, estradas e rodovias e à organização dos deslocamentos nas cidades, além da priorização do transporte coletivo em corredores logísticos ainda não são suficientes para aumentos significativos da eficiência.

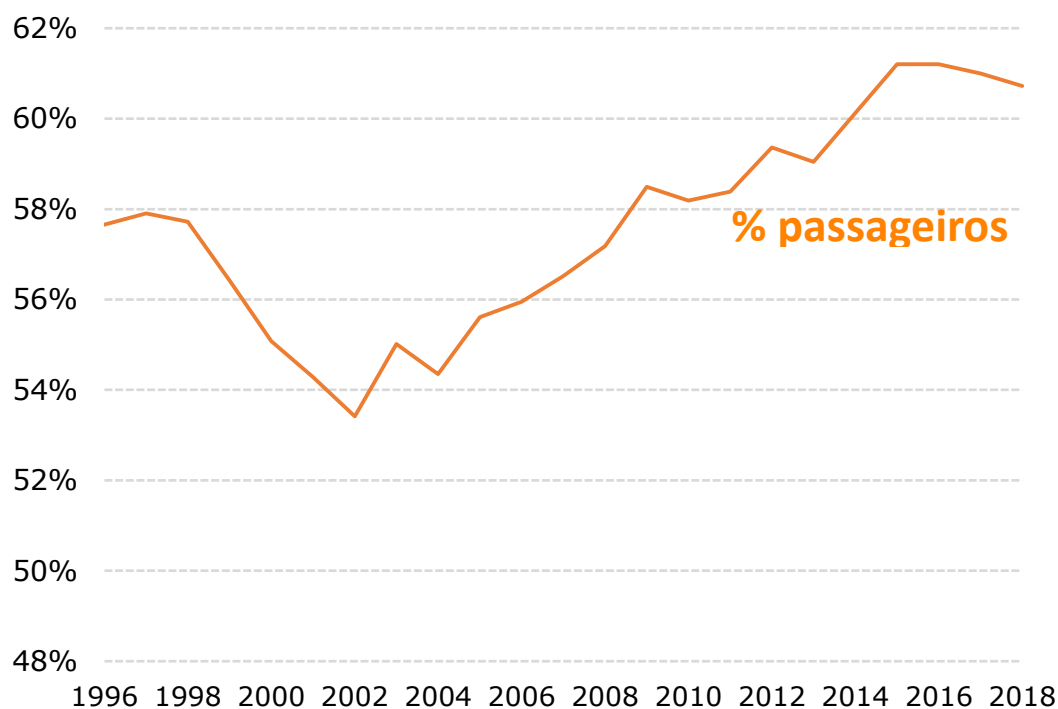
Sendo assim, embora existam alguns ganhos tecnológicos de eficiência, em especial, melhoria dos motores de automóveis, ônibus e caminhões e do desempenho de aeronaves, trens e embarcações, a estrutura da matriz energética brasileira contribui de forma relevante para a eficiência sistêmica.

Nas seções a seguir serão apresentadas a evolução do transporte de passageiros e carga e os principais indicadores de eficiência do setor transporte no Brasil.

5.3 Evolução do transporte de passageiros

O transporte de passageiros é o maior demandante de energia do setor de transportes no Brasil. Entre 1996 e 2018, sua participação variou entre 53% e 61%, conforme Gráfico 40.

Gráfico 40 – Participação do transporte de passageiros na demanda energética final do setor de transportes

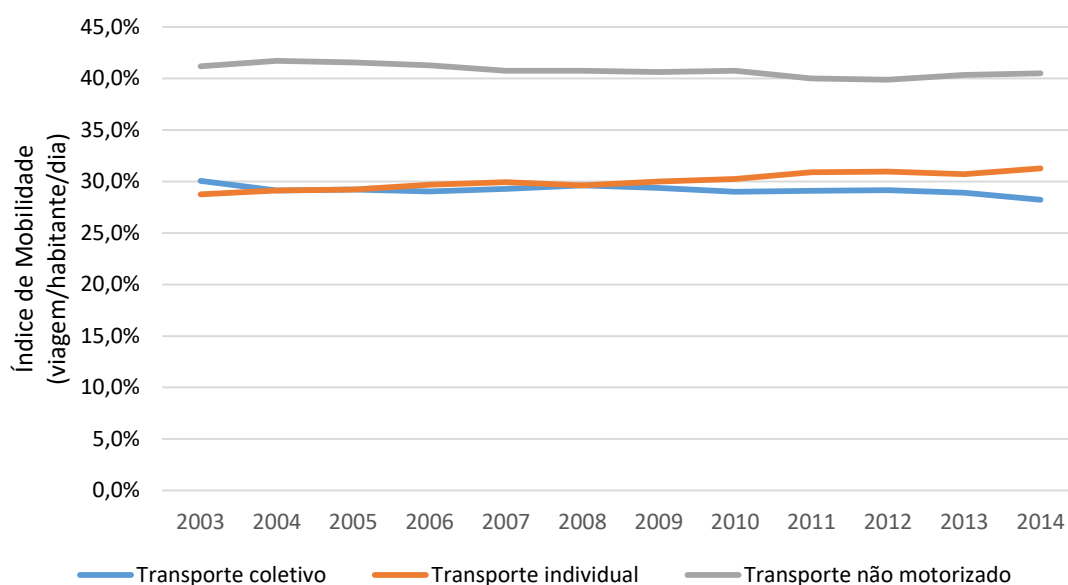


Fonte: elaboração própria

O aumento relativo do consumo do transporte de passageiros ocorreu em especial na segunda metade da década passada, período em que o PIB *per capita* e a distribuição de renda cresceram, o que permitiu que uma faixa maior da população usufruísse de serviços de mobilidade. Parte significativa desse aumento da demanda por mobilidade foi atendida pelo modo rodoviário, a partir, principalmente, do aumento da venda de automóveis e motocicletas (veículos leves rodoviários).

Essa expansão do segmento do transporte individual representado pelos automóveis, comerciais leves e motocicletas e, em menor grau, pelo transporte coletivo (ônibus) pode ser observado no Gráfico 41, que apresenta 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).

Gráfico 41 – Evolução do índice de mobilidade

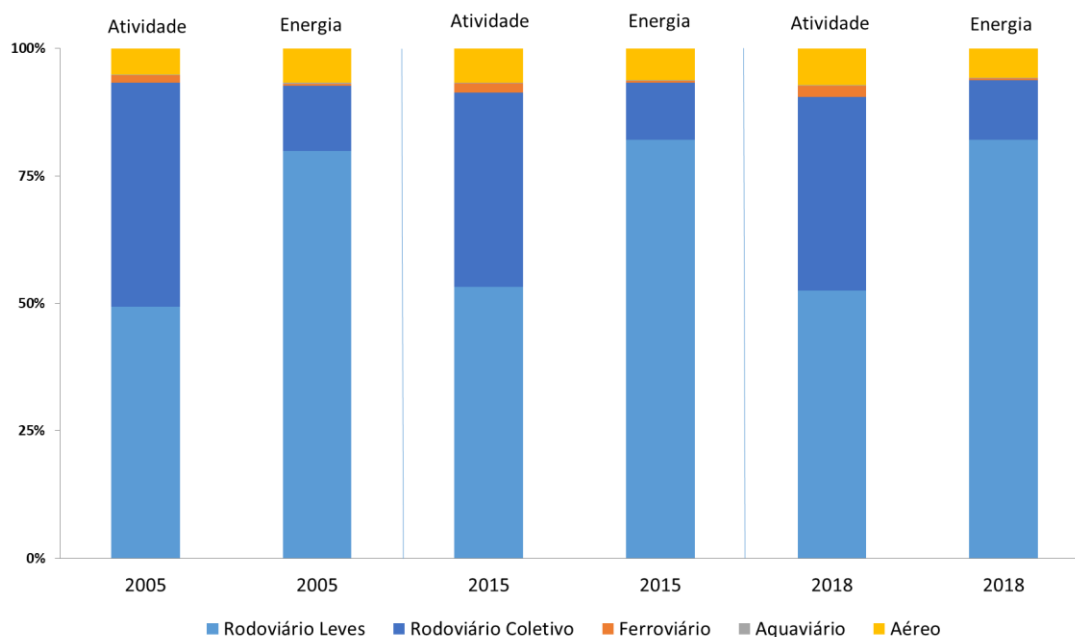


Fonte: Elaborado a partir de ANTP (2016)

Segundo ANTP (2016), 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 30% do total de viagens, enquanto em 2016 o posto de segundo colocado ficou com o transporte individual, com 29%. Contribuiu para este resultado a expansão das motos cuja participação no índice de mobilidade passou de 2% para 4% (ANTP, 2016).

A mobilidade de passageiros é predominantemente realizada por meio do modo de transporte rodoviário, o que se reflete tanto em termos energéticos, quanto em termos de passageiros transportados, como ilustra o Gráfico 42.

Gráfico 42 – Evolução da atividade e do consumo energético por segmento do transporte de passageiros



Fonte: elaboração EPE

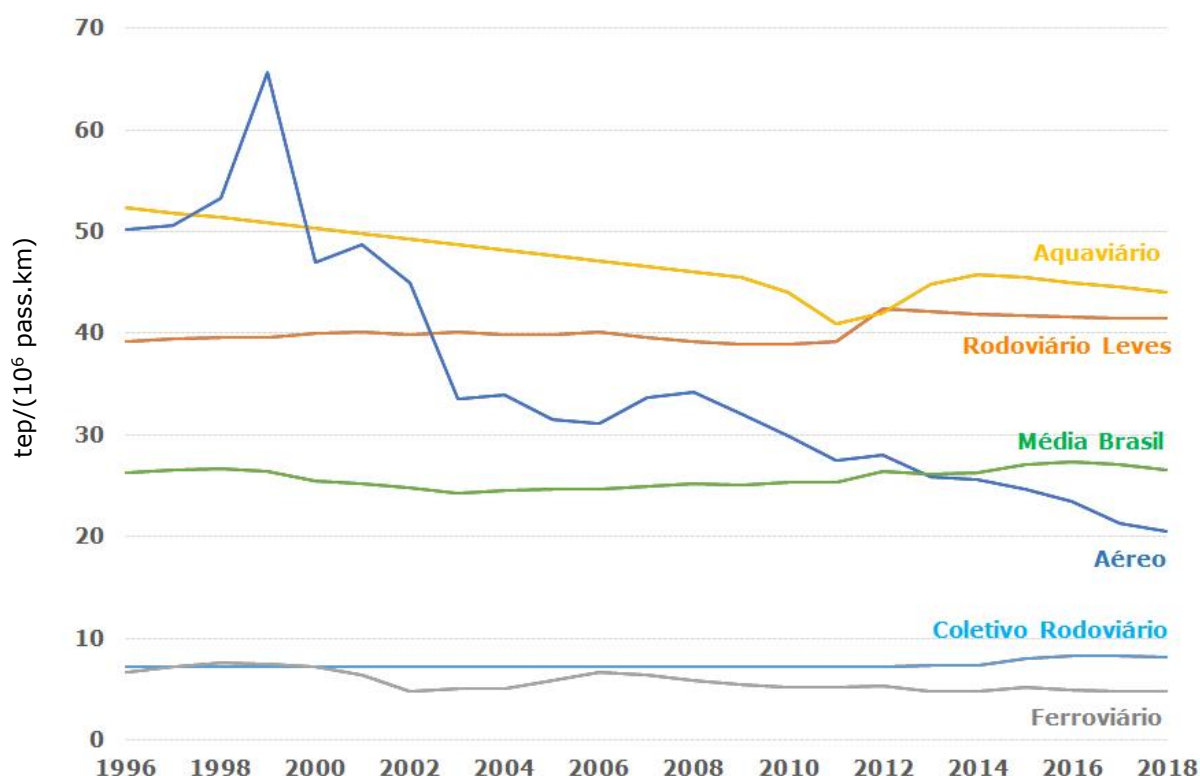
Nota: Atividade medida em passageiros-quilômetros (p.km), e energia medida em toneladas equivalentes de petróleo (tep). A matriz de transportes acima não levou em conta o transporte de passageiros realizado por bicicletas ou a pé, apenas incluindo transportes motorizados.

A atividade do transporte rodoviário em veículos leves aumentou significativamente entre 2005 e 2015, perdendo um pouco de importância com o começo da crise financeira em 2014, assim como a atividade do modo de transporte aéreo, que cresceu com o aumento da renda *per capita* média da população.

Nota-se também a evolução da eficiência energética do modo ferroviário ao longo do período. Apesar do crescimento da atividade de transporte de passageiros entre 2005 e 2018, e do aumento da participação do modo ferroviário de 1,5% para 2,1%, a participação desse modo no consumo energético total aumentou em apenas 0,1%.

Por fim, com intuito de analisar a eficiência energética de cada modo de transporte, são apresentadas as intensidades energéticas, representadas no Gráfico 43.

Gráfico 43 – Intensidade Energética de cada modo de transportes de passageiros no Brasil



Fonte: elaboração EPE

É importante notar que, em geral, o transporte de passageiros não tem apresentado avanços significativos em eficiência. Conforme visto acima, o modo de transporte mais relevante para a intensidade energética total é o rodoviário.

Por sua vez, o transporte coletivo rodoviário é eficiente em termos de intensidade energética, dada a melhoria ocorrida na tecnologia de motores e a ocupação média dos veículos nos últimos anos. Recentemente, em especial em cidades grandes, observou-se uma maior preocupação com a qualificação dos ônibus. Cidades como Rio de Janeiro e São Paulo exigiram de novos licitantes a compra de veículos com itens como câmbio automático e ar condicionado, para oferecer maior conforto à população. Estas adaptações implicaram na redução da eficiência média dos ônibus. Ademais, a crise econômica reduziu o número total de deslocamentos (ANTP, 2017) (SP, 2019), em especial por causa do aumento do desemprego. Além disso, a disseminação de aplicativos de mobilidade individual, principalmente aqueles em que passageiros compartilham o uso de um automóvel, também reduz o número de usuários dos ônibus (QUEST, 2019). Esses dois eventos concorrem para o aumento da intensidade energética do modo.

No caso do modo ferroviário, embora, tenha havido investimentos em alguns períodos da história brasileira, a malha sempre foi restrita a algumas regiões, dadas restrições técnicas como a diferença de bitolas e a falta de integração entre os ramais.

Segundo dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2018), a malha atual ferroviária tem aproximadamente 31 mil km de extensão, sendo que aquela operada para transporte de passageiros em São Paulo (CBTU) e no Rio de Janeiro (Supervia) com cerca de mil km de extensão. Entre 2009 e 2017, a quantidade de passageiros transportados foi em média 1,27 milhões de passageiros, tendo apresentado uma leve redução de 0,5% ao ano no período.

Nos últimos anos, para o transporte de passageiros pelo modo ferroviário, foram realizados alguns investimentos na ampliação dos sistemas sobre trilhos de alta e média capacidade, como metrô, trens urbanos, veículos leves sobre trilhos (VLTs) e mon trilhos, além de um aumento gradual na capacidade de transporte dos sistemas já em operação. Com a entrada de novos equipamentos, há uma redução da intensidade energética, resultado de equipamentos mais eficientes, mas de certo modo, estes ganhos são atenuados pelos fatores apresentados para o modo rodoviário de passageiros.

Para o transporte de passageiros pelo modo aéreo foi observada um alto crescimento na movimentação de passageiros devido aos aumentos da população brasileira e da renda *per capita*, e aos investimentos em melhorias na infraestrutura aeroportuária. Em 2008, 43,9% dos passageiros foram transportados pelo modo aéreo em viagens interestaduais de longa distância, enquanto o rodoviário respondeu por 56,1%. Em 2017, o transporte de passageiros pelo modo aéreo atendeu 67,5% dos passageiros deste mercado (ANAC, 2019), significando uma maior atividade no setor. É importante ressaltar que também houve uma redução da intensidade energética, indicando ganhos de eficiência.

5.3.1 Veículos leves

A Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) informa a quantidade de carros vendidos a cada ano, reproduzida na Tabela 11. No período de 1996 a 2010, o crescimento foi significativo: 98,9%. Outro intervalo de destaque ocorreu entre 2010 e 2018, quando as vendas anuais foram afetadas pela crise econômica e política no país, reduzindo-se em 25,6%.

Tabela 11 – Licenciamento de veículos leves

Vendas [unidades]	1996	2000	2005	2010	2015	2018	2018/1996
Veículos leves novos	1.673.136	1.403.644	1.619.840	3.329.029	2.480.533	2.474.356	+1,8%/ano

Fonte: ANFAVEA (2019).

Entre 2000 e 2018, a frota de veículos leves no Brasil cresceu em média 4,5% ao ano, alcançando 37,1 milhões de unidades. Deste total, os veículos flex fuel, que passaram a ser vendidos a partir de 2003, representaram cerca de 76,4% em 2018 (vide Tabela 12).

Tabela 12 – Frota automotiva brasileira¹⁶

Frota	2000	2003	2005	2010	2015	2018	Δ% ao ano. (2018/2000)
Quantidade [milhões de unidades]	16,7	18,4	19,6	27,0	35,9	45,2	+4,5%
% de veículos flex	0,00	0,26	6,03	45,15	69,15	76,38	N.A

Fonte: EPE (2019b)¹⁷

5.3.2 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.

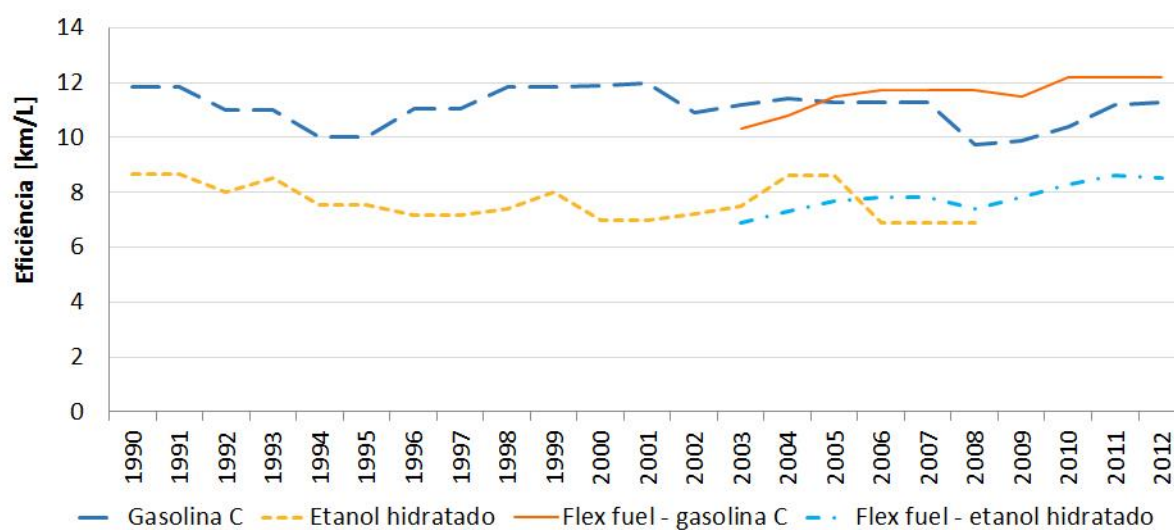
A evolução do rendimento médio da frota de veículos leves não é apenas influenciada pelas melhorias introduzidas nos novos veículos vendidos, mas também é função de fatores tais como: forma de direção dos condutores, estado de manutenção dos veículos e das vias, ambiente e intensidade de uso, dentre outros aspectos.

No Gráfico 44 é apresentado um histórico do rendimento estimado dos veículos, diferenciando o tipo de veículo e o combustível utilizado.

¹⁶ Inclui carros e veículos comerciais leves;

¹⁷ 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.

Gráfico 44 – Evolução da eficiência (consumo específico) dos veículos leves

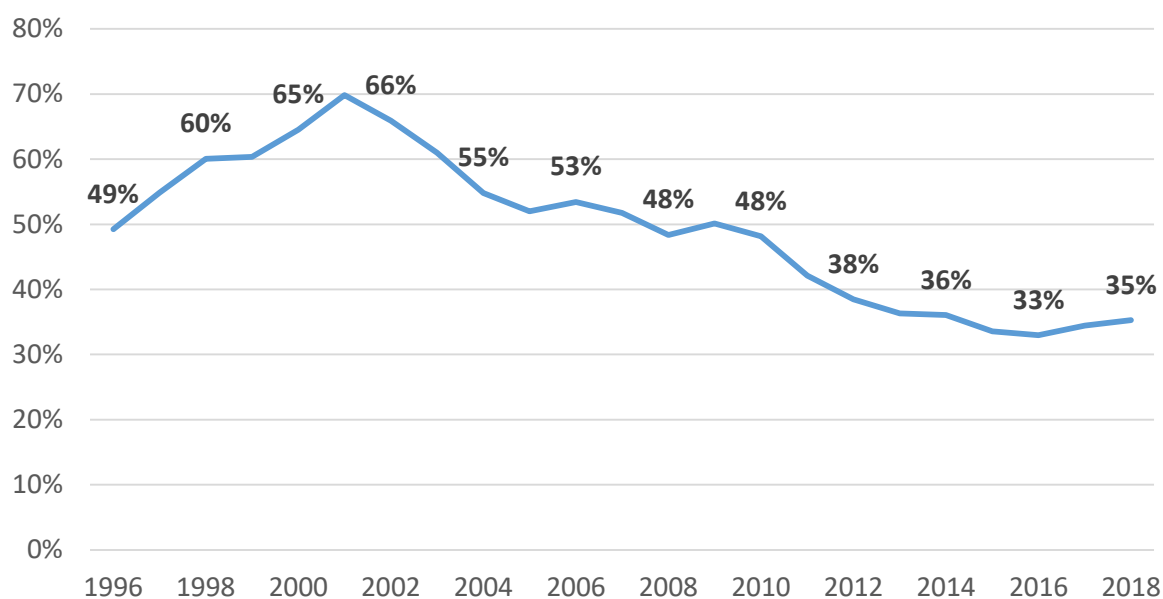


Fonte: MMA (2014)

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.

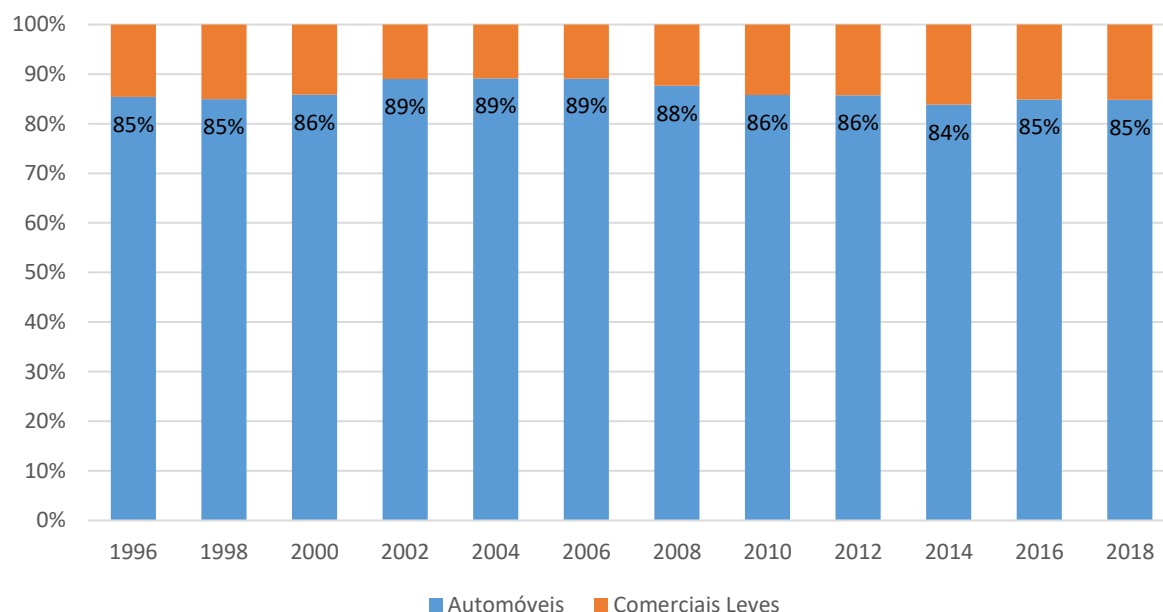
Para fins de análise da eficiência média veicular, deve-se também levar em consideração a redução das vendas dos automóveis de 1.000 cc a partir de 2001 e o aumento da participação, nas vendas, de veículos com maior motorização (Gráfico 45) e de veículos comerciais leves (Gráfico 46), que tendem a consumir mais combustível por distância percorrida.

Gráfico 45 – Participação dos automóveis 1.000cc no total licenciado



Fonte: ANFAVEA (2019)

Gráfico 46 – Proporção - comerciais leves e automóveis no licenciamento de veículos leves



Fonte: ANFAVEA (2019)

Programas e políticas específicas de eficiência energética vêm sendo introduzidos no Brasil, com especificidades para o setor de transportes, o que tem melhorado, mesmo que singelamente, os indicadores setoriais. A partir do lançamento do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), em novembro de 2008, a autonomia (km/l)

de veículos ciclo Otto novos, disponibilizados para venda no mercado nacional, passou a ser medido em laboratório, com ciclos de condução padrão urbano e rodoviário, com combustíveis de comerciais (gasolina C, etanol hidratado e gás natural). O programa tinha como objetivo principal permitir que o consumidor realizasse a comparação da eficiência energética de veículos de uma mesma categoria, atuando, assim, como elemento de redução de assimetria de informação no mercado (INMETRO, 2016).

A evolução do PBE veicular possibilitou 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 criou incentivos fiscais para, entre outros aspectos, a melhoria da eficiência energética dos veículos. Para se beneficiar dos incentivos, os fabricantes precisaram aderir ao PBEV e atender, em médio prazo, padrões de eficiência energética em toda sua linha de produtos (CETESB, 2012).

O regime automotivo Inovar-Auto terminou em dezembro de 2017, com todas as montadoras de veículos instaladas no Brasil aprovadas no programa de eficiência energética. Em comparação com a frota emplacada em 2012, carros vendidos no Brasil em 2017 tiveram redução de 15,9% no consumo de combustível.

O ciclo atual da política automotiva teve início em janeiro de 2018, sob o nome de “Rota 2030”. O programa, que tem como base a Lei 13.755/2018, segue uma linha estratégica similar ao Inovar-Auto, mas o foco principal é incentivar os projetos de P&D em toda a

cadeia do setor, englobando os fabricantes de autopeças e dos sistemas estratégicos para a produção dos veículos, não limitado unicamente às montadoras.

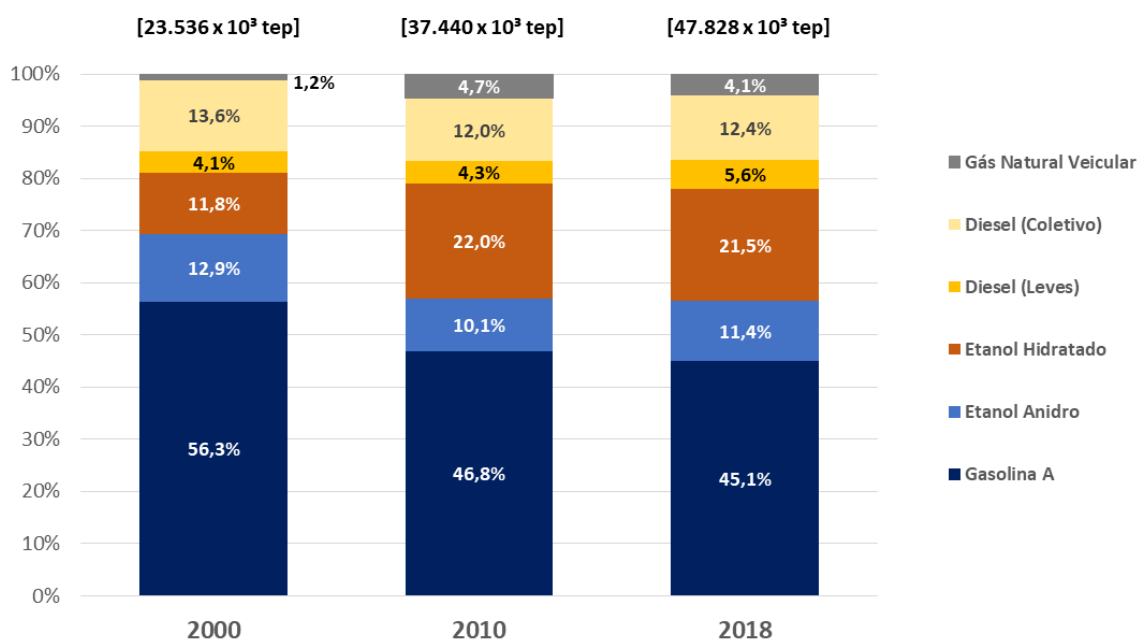
As diretrizes do programa são: (i) Estabelecer requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos no Brasil; (ii) Incrementar a eficiência energética, o desempenho estrutural e a disponibilidade de tecnologias assistivas; (iii) Aumentar os investimentos em P&D no País; (iv) Estimular a produção de novas tecnologias e inovações; (v) Automatizar o processo de manufatura e o incremento da produtividade; (vi) Promover o uso de biocombustíveis e de formas alternativas de propulsão e valorizar a matriz energética brasileira; (vii) Garantia da capacitação técnica e da qualificação profissional no setor de mobilidade e logística e (viii) Garantia da expansão ou manutenção do emprego no setor de mobilidade e logística.

Existem alguns pré-requisitos para obter os incentivos fiscais da do Rota 2030, como: Lucro Real; Centro de custo de P&D; Situação regular em relação aos tributos federais e Investimentos mínimos em P&D.

5.3.3 Consumo Final no Transporte de Passageiros

No Gráfico 47, observa-se a evolução do consumo final de combustíveis no transporte de passageiros, entre 2000 e 2018. 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 21,5%. 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 distâncias diariamente e que recebem benefícios fiscais locais (descontos no IPVA, por exemplo).

Gráfico 47 – Evolução do consumo de combustíveis¹⁸ por veículos leves e ônibus



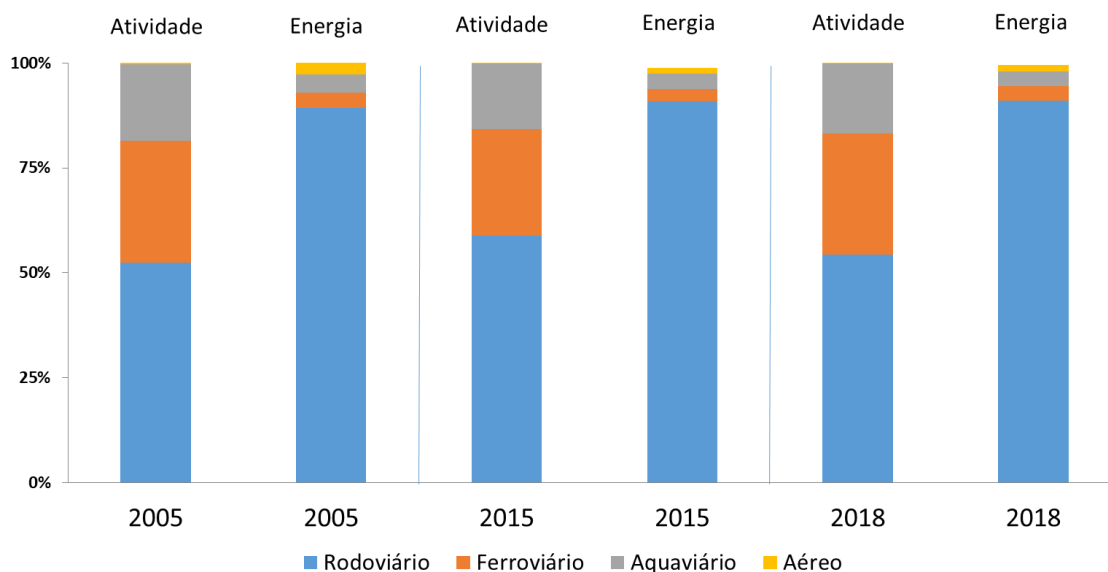
Fonte: EPE (2012), EPE (2019a)

5.4 Evolução do transporte de cargas

O transporte de cargas representa aproximadamente 40% da demanda de energia do setor de transportes brasileiro. Embora os modos ferroviários e aquaviários participem do transporte de cargas no Brasil, assim como para o transporte de passageiros, a matriz de transporte de cargas brasileira é baseada principalmente no modo rodoviário. Conforme pode ser observado no Gráfico 48, sua participação é superior a 50%, tendo evoluído de 52% em 2005 para 59% em 2015.

¹⁸ Assumindo que os combustíveis consumidos no transporte rodoviário foram utilizados integralmente no transporte de passageiros, a exceção do diesel, cujo consumo foi desagregado 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 48 – Evolução da atividade e do consumo energético por segmento do transporte de cargas



Fonte: elaboração EPE

Nota: Atividade medida em toneladas-quilômetros (t.km), e energia medida em toneladas equivalentes de petróleo (tep). A matriz de transportes acima não levou em conta o transporte dutoviário, que no Balanço Energético Nacional faz parte do consumo industrial. Também não considerou o transporte de cargas em bicicletas, que apesar de relevante no último elo da cadeia, não é significativo em termos de t.km para o país, devido ao peso e às distâncias menores envolvidas.

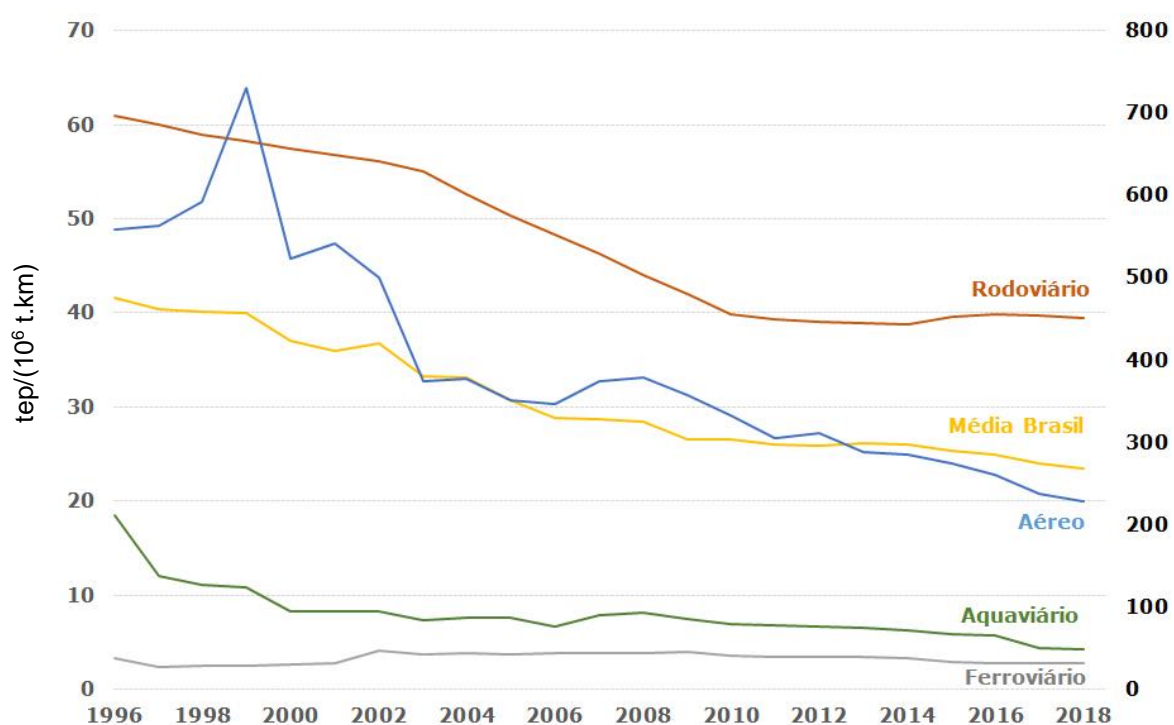
O transporte rodoviário de cargas é o mais versátil dos modos, podendo ser utilizado em todos os segmentos da cadeia produtiva, e sendo o único modo capaz de entregar produtos aos clientes finais. O transporte aéreo é muito intensivo em energia, apresentando um custo unitário muito elevado, sendo comercial apenas para produtos de menores pesos e de alto valor agregado, possuindo baixa participação na matriz de transporte de carga. Cabe assinalar que os modos ferroviário e aquaviário são os mais eficientes em termos de uso energético por atividade de transporte. No entanto, embora estas características representem vantagens logísticas, ao longo dos anos, estes modos perderam participação na matriz frente aos esforços em desenvolver o setor rodoviário. Por fim, ressalta-se que os investimentos em infraestrutura hidroviária, portuária e ferroviária são investimentos com longo prazo de maturação e a implementação e/ou ampliação representariam mudanças significativas na infraestrutura nacional.

Ao longo dos anos 2000, dada a melhoria da situação fiscal do governo e estabilização macroeconômica do Brasil, associadas ao *boom* das *commodities*, que favoreceu as exportações brasileiras, houve um aumento gradativo dos investimentos

governamentais em infraestrutura de transporte. Entre os programas, cita-se o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), programa de investimentos que incluía, em 2007, 970 projetos de infraestrutura em transportes, dos quais 865 em rodovias, 13 em ferrovias, 23 em portos, 43 em hidrovias e 26 em aeroportos (PAC, 2007).

O Gráfico 49 apresenta a evolução da eficiência média do transporte de cargas brasileiro ao longo dos últimos anos.

Gráfico 49 – Intensidade Energética de cada modo de transportes de cargas no Brasil



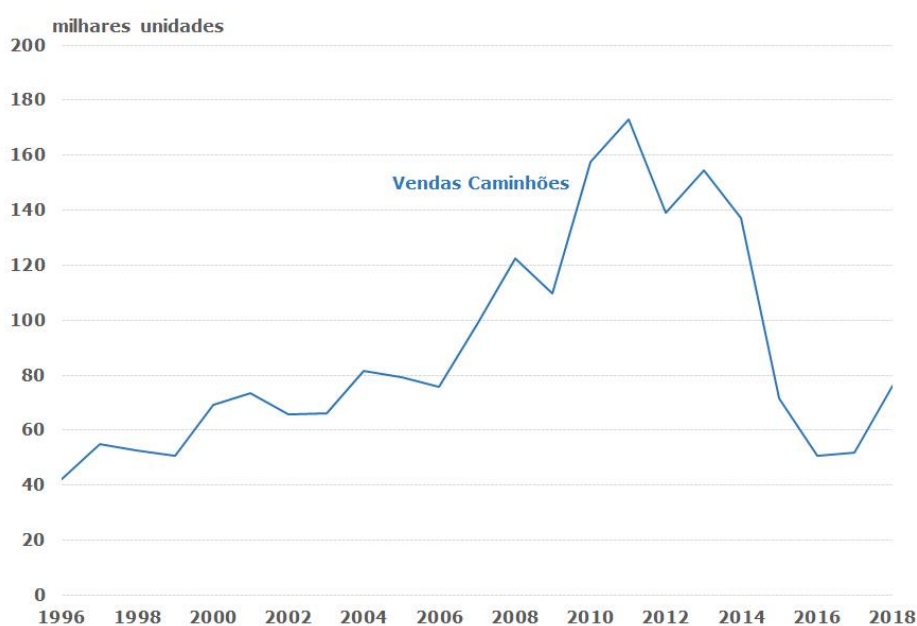
Fonte: elaboração EPE

Nota: Modal Aéreo está representado no eixo secundário, enquanto os demais estão representados no eixo principal.

5.4.1 Transporte de Cargas Rodoviário

Como citado anteriormente, em um cenário de crescimento contínuo da demanda interna e de incremento das exportações agrícolas, da construção civil e do consumo, o modo rodoviário respondeu à crescente demanda de transporte de cargas. A partir do Gráfico 50, observa-se que, em resposta à esta demanda, houve um aumento significativo do licenciamento de caminhões, evoluindo de 80 mil caminhões, em 2005, para um patamar acima de 100 mil caminhões por ano entre 2008 e 2014 e recuo para 76 mil veículos em 2018.

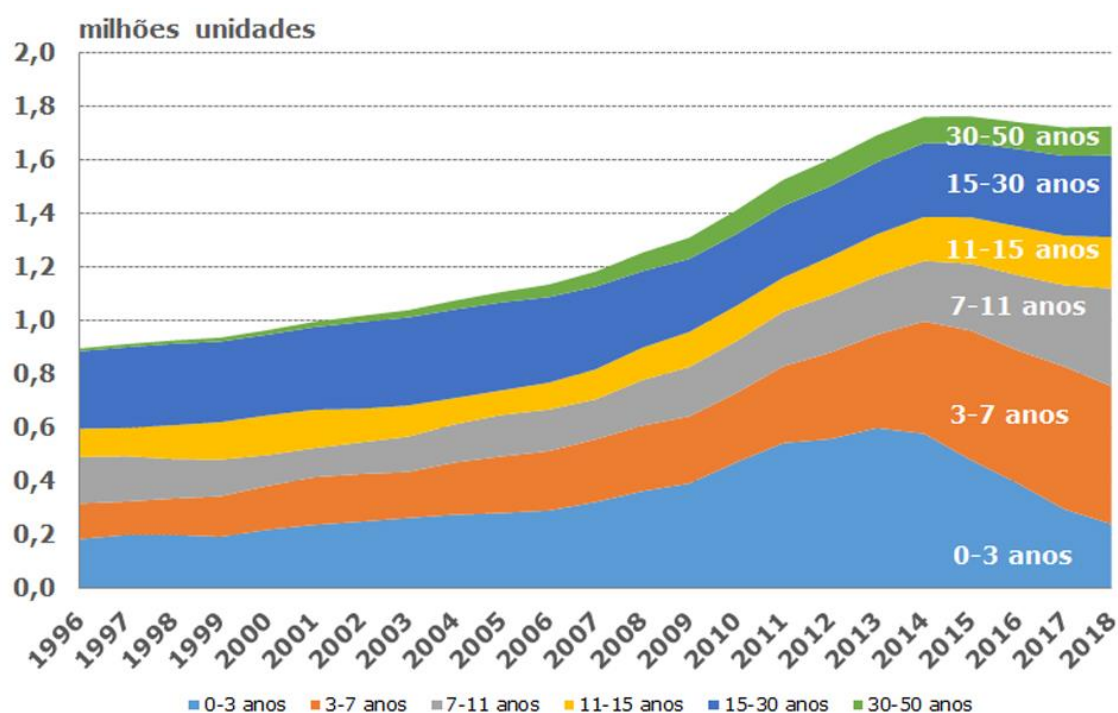
Gráfico 50 – Licenciamentos de caminhões novos no Brasil



Fonte: elaboração EPE a partir de Anfavea (2019)

O crescimento das vendas entre 2005 e 2014, da ordem de 6% ao ano, elevou a frota de caminhões de cerca de 1,1 milhões de veículos para aproximadamente 1,7 milhões.

Gráfico 51 – Frota de caminhões estimada por idade dos veículos



Fonte: elaboração EPE

A evolução da frota de caminhões, a taxa de 3,5% ao ano, entre 2005 e 2018, implicou em maior consumo de diesel. O consumo energético do diesel para o transporte rodoviário de carga evoluiu de 20 milhões de tep para 30 milhões, correspondendo a uma taxa de crescimento de 3,2% ao ano. A pequena diferença entre as taxas de crescimento pode ser explicada pela maior participação dos caminhões novos na frota brasileira, conforme ilustrado no Gráfico 51.

De modo geral, caminhões novos normalmente são mais eficientes que caminhões antigos, devido ao desgaste que os equipamentos usados sofrem, com piora em seu desempenho. Sendo assim, o aumento do número de caminhões novos na frota brasileira, dotadas de novas tecnologias importadas, em especial da Europa, tem contribuído para melhorias na eficiência energética do transporte rodoviário de cargas.

Ademais, nota-se que a eficiência de novos caminhões tem evoluído significativamente no Brasil também devido ao aumento gradativo das restrições às emissões atmosféricas. Neste sentido, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama¹⁹), tem

¹⁹ O Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA. Foi criado em 1982 pela Lei nº 6.938/81. Regulamentado pelo Decreto nº 99.274/1990. Tem por finalidade assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais.

direcionado esforços no aprofundamento das restrições através do Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve). Parte do aumento de eficiência energética é oriundo da implementação do programa Proconve P-5 (correspondente ao Euro III) a partir de 2005/2006 (IEMA, 2015).

Por fim, cabe citar a melhoria da estrutura de algumas das principais rodovias²⁰ brasileiras, a partir das concessões, havendo a obrigatoriedade de duplicação e manutenção destas vias por parte dos concessionários, o que também tem contribuído para o aumento da eficiência energética do transporte rodoviário de cargas.

5.4.2 Transporte de Cargas Ferroviário

Além do modo rodoviário, outro importante componente para a melhoria da eficiência energética do segmento transporte foi o aumento recente da participação do modo ferroviário na matriz nacional. Apesar dos vultosos investimentos no setor ferroviário, alguns poucos projetos efetivamente entraram em operação, entre eles o trecho central da Ferrovia Norte-Sul (FNS). Em especial, o trecho norte²¹, devido à interligação com a Estrada de Ferro Carajás (EFC), tem permitido o escoamento de grãos oriundos de áreas produtoras do Centro-Oeste.

Contudo, quanto à eficiência dos equipamentos, no período entre 2005 e 2018, não é possível inferir ganhos de eficiência em trens.

5.4.3 Transporte de Cargas Aquaviário

Apesar do potencial do Brasil, dotado com a maior costa contínua navegável do mundo, a cabotagem não apresenta participação expressiva na matriz de transporte nacional.

²⁰Entre os diversos trechos concedidos, destacam-se partes das rodovias BR 101, BR 116 e BR 040 (MInfra, 2019).

²¹ Trecho localizado entre Palmas e Açailândia, concedido em 2009, com início de operação em 2012. Em 2018, somente esse trecho da FNS chegou a movimentar 2% de toda a atividade realizada por ferrovias no Brasil e teve um impacto significativo no transporte de cargas brasileiro. Com a duplicação de 559 km dos 892 km da ferrovia, a capacidade de escoamento da ferrovia atingiu 230 milhões de toneladas. Entre 2013 e 2018, a atividade realizada pela ferrovia passou de 52 bilhões t.km para 184 bilhões t.km. Isso representou 13,5% da atividade realizada por todos os modos no Brasil neste ano. Esse aumento foi possibilitado não somente pela duplicação da via, mas também por investimentos realizados nos terminais portuários conectados à ferrovia (MInfra, 2019).

Embora, a partir de 2000, diversas políticas governamentais tenham fomentado a ampliação e instalação de novos estaleiros, com a fabricação de novas embarcações, e consequente redução da idade média da frota, além do incremento da movimentação portuária de petróleo, em especial devido à crescente produção do petróleo do Pré-sal, o volume transportado por cabotagem ainda é relativamente baixo. Não é possível notar, entre 2005 e 2018, ganhos mais significativos de eficiência média dos equipamentos (embarcações) ou de eficiência sistêmica, dada a baixa contribuição deste modo para a matriz de transporte brasileira.

5.4.4 Transporte de Cargas Aéreo

O transporte aéreo é um dos principais responsáveis pelas elevadas emissões atmosféricas do setor de transportes. Devido à alta intensidade energética do setor, muitos esforços foram direcionados internacionalmente para reduzir essas emissões. A *International Air Transport Association* (IATA) anunciou, em 2009, além de metas de redução de emissões, a melhoria da eficiência energética média das aeronaves em 1,5% ao ano de 2009 a 2020 (IATA, 2009). Com novas aeronaves, dotadas de aerodinâmica e motores melhores, há possibilidade do atingimento dessa meta. A crescente informatização e os novos modos de comunicação também permitiram que companhias aéreas otimizassem seus processos, aumentando a ocupação das aeronaves no Brasil, o que também reduziu a intensidade energética das aeronaves.

5.4.5 Consumo Final no Transporte de Cargas

Apesar da forte dependência do modo de transporte rodoviário, que conta com uma intensidade energética relativamente alta, a intensidade energética total brasileira no transporte de cargas tem declinado, em especial devido à introdução de novas tecnologias, que coexistem com tecnologias convencionais.

Para que haja uma significativa redução da intensidade energética total, e aumento da eficiência energética do transporte de cargas é fundamental uma matriz de transportes equilibrada e eficiente. Para isso, é necessário que ocorra a introdução de novas tecnologias mais eficientes e acréscimo dos investimentos em manutenção da infraestrutura existente e em projetos de ampliação para aumento da participação de modos de transporte menos energo-intensivos, como o ferroviário e aquaviário.

6. SETOR AGROPECUÁRIO

6.1 Panorama do setor

O setor agropecuário se destaca na produção crescente de soja na agricultura e de aves na pecuária no período entre os dois últimos Censos Agropecuários (2006 e 2017), realizados pelo IBGE. A participação relativa do setor agropecuário na matriz energética brasileira se manteve em torno de 4,7% entre os anos 2000 e 2015. Tal participação caiu de 4,7% em 2015 para 4,3% em 2018, assim como a produção das principais culturas (exceto soja) e o efetivo de rebanho bovino se reduziram.

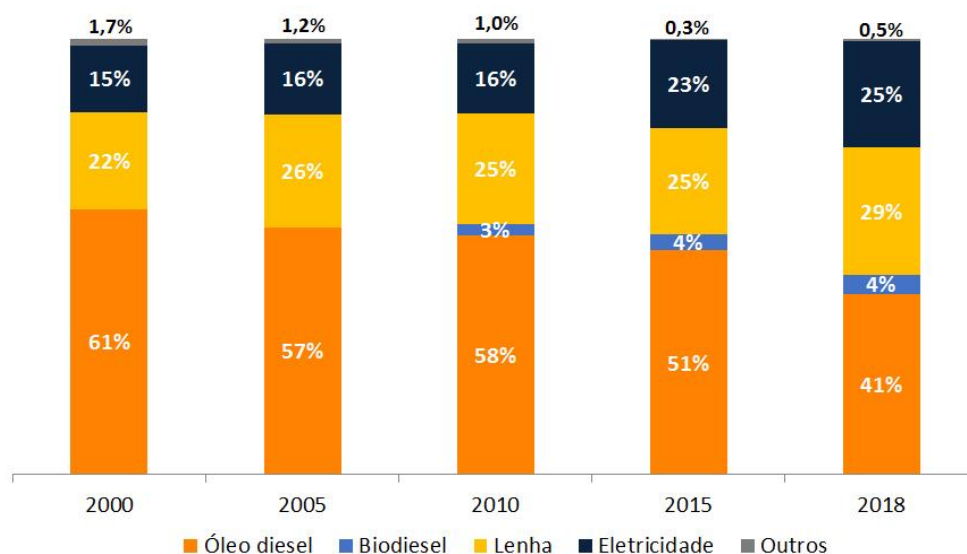
Tabela 13 – Consumo final energético do setor agropecuário

Setor agropecuário	2000	2005	2010	2015	2018
Consumo final do setor [10 ³ tep]	7.322	8.361	10.010	11.451	10.439
Participação no consumo final energético	4,7%	4,6%	4,5%	4,7%	4,3%

Fonte: EPE (2019a)

O óleo diesel, com mistura de biodiesel, a eletricidade e a lenha são os principais energéticos utilizados no setor agropecuário. Além desses energéticos, a demanda de energia agropecuária usa GLP, carvão vegetal e óleo combustível em menores proporções, agregados como outros no gráfico a seguir:

Gráfico 52 – Setor agropecuário: consumo final energético por fonte.



Fonte: EPE (2019a)

Embora o diesel revele perda de participação entre 2000 e 2018 de acordo com o Gráfico 52, o combustível se mantém como o principal energético do setor agropecuário nacional com 4.332 mil tep em 2018. Já o biodiesel, incluído através da mistura com o diesel a partir de 2010, alcança o patamar de 4% do consumo final por fonte em 2018 (isto é, 435 mil tep).

Na matriz energética do setor, a lenha alavanca o patamar de consumo de 1.638 mil tep em 2000 para 3.054 mil tep em 2018. Entre 2000 e 2018, em termos de participação, a lenha com uso em secagem e beneficiamento de grãos apresenta trajetória crescente, de 22% para 29% do total em 2018, assim como a eletricidade que evolui de 15% para 25% no mesmo período, basicamente, devido aos sistemas de irrigação na agricultura e de refrigeração na pecuária.

6.2 Políticas vigentes

As políticas agrícolas buscam assegurar aos produtores rurais condições necessárias à expansão de atividades e da competitividade, com maior inserção no mercado internacional. Segundo dados do Censo Agropecuário do IBGE, a área dos estabelecimentos agropecuários efetivamente se ampliou desde a última pesquisa (em 2006). Em 2017 abrangia mais de 350 milhões de ha, distribuídos entre lavouras temporárias e permanentes, pastagens naturais e plantadas e matas naturais e plantadas, o que equivale, aproximadamente, à 45% da área nacional. Igualmente, com base nos dados do IBGE da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), entre 2000 e 2018, o efetivo de rebanhos, em cabeças (que inclui bovinos, suínos-total e galináceos-total) também cresceu a taxas elevadas em torno de 2% ao ano.

Há programas e políticas vigentes no Plano Agrícola e Pecuário – PAP 2019/2020 que podem ter efeitos positivos em termos de eficiência energética para o setor. Dentre os principais, cita-se o ABC (Agricultura de Baixo Carbono), o MODERAGRO, o MODERINFRA, o MODERFROTA, o Prorenova Rural, o Pronaf, o Pronamp, o PCA e o INOVAGRO, cujos objetivos foram apresentados em EPE (2017).

Entretanto, de acordo com o Censo 2017, apenas 15% dos estabelecimentos agropecuários obteve algum financiamento disponível para investimento, custeio, comercialização e/ou manutenção do estabelecimento. Para menos da metade desses

784.228 estabelecimentos, apenas uma linha de financiamento²² tem relevância em termos de participação (com quase 80% dos estabelecimentos participantes), apesar das distintas iniciativas disponíveis nas esferas federal, estadual e municipal para o desenvolvimento agrário.

6.3 Análise de indicadores de consumo final de energia por segmento

O patamar de desenvolvimento agropecuário no país baseado, principalmente, no histórico recente do consumo de diesel, de eletricidade e de lenha se contrapõem aos objetivos estabelecidos pelas políticas vigentes. Resultados satisfatórios nesses programas podem modificar a tendência do consumo final energético agrícola e pecuário no futuro.

O consumo de eletricidade exclusivamente relacionado ao sistema agropecuário, por exemplo, apresenta uma trajetória crescente, como pode ser observado na Tabela 14, que apresenta a evolução da demanda elétrica.

Tabela 14 – Demanda elétrica do setor agropecuário

ANO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Brasil (GWh). Agropecuário	21.460	23.268	23.786	26.581	26.790	28.242	28.736	29.844

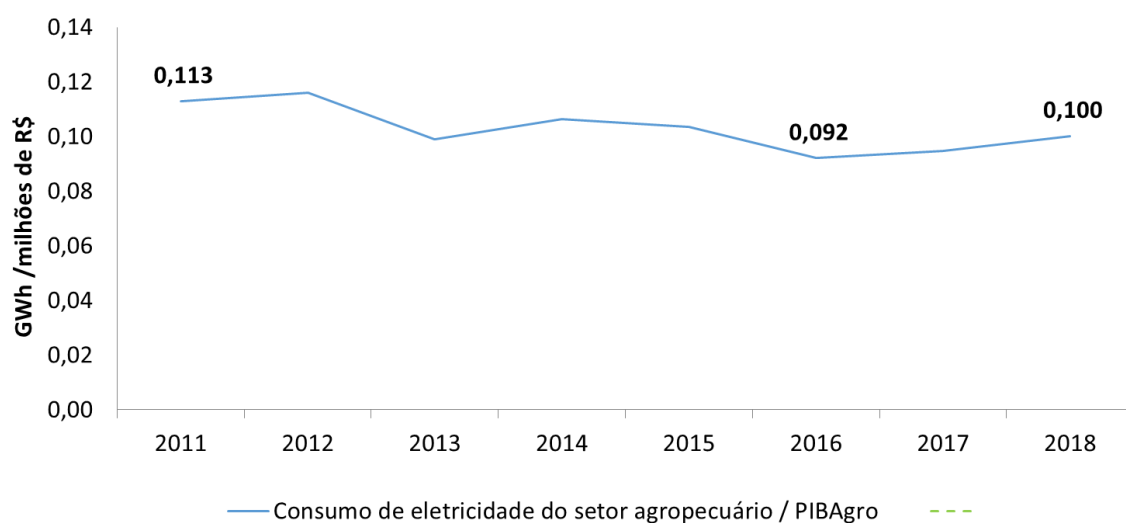
Fonte: elaboração EPE

A partir desses dados é possível criar um indicador de consumo de eletricidade sobre o valor adicionado para o setor agropecuário.

O Gráfico 53, que apresenta a intensidade elétrica, mostra uma trajetória decrescente deste indicador desde o ano 2011. Já o Gráfico 54, mais abrangente, apresenta a intensidade energética em queda desde 2000.

²² O Pronaf (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), no subprograma Pronaf Agroindústria, dispõe de financiamentos que visam implantação, ampliação ou modernização da estrutura de produção, beneficiamento, industrialização e de serviços no estabelecimento rural ou em áreas comunitárias rurais próximas, visando à geração de renda e à melhora do uso da mão de obra familiar.

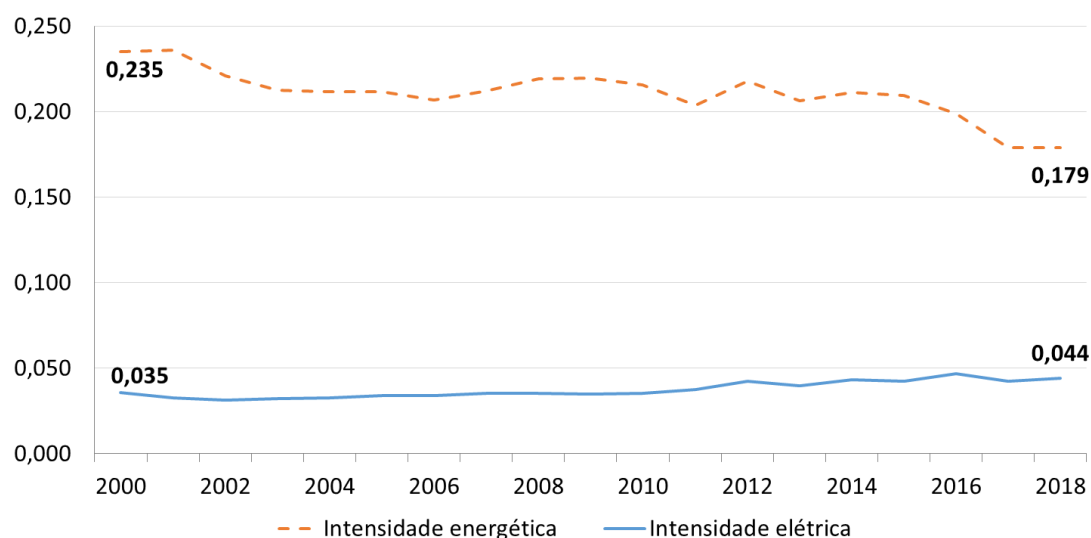
Gráfico 53 – Indicador do setor agropecuário



Fonte: elaboração EPE

Conforme apresentado no Gráfico 54, essa relação entre o consumo de energia total e o valor adicionado teve um decaimento entre 2000 e 2018, isto é, a intensidade energética agropecuária partiu de 0,235 tep/10³ R\$ reduzindo-se para 0,179 tep/10³ R\$.

Gráfico 54 – Intensidade energética e elétrica do setor agropecuário



Fonte: EPE (2019a)

Observa-se que em oposição à curva energética, a intensidade elétrica tem uma tendência ascendente, partindo de 0,035 tep/10³ R\$ em 2000 e alcançando o patamar em 2018, 0,044 tep/10³ R\$, o que pode ser explicado pela intensificação da pecuária, que pode ser observada pelo crescimento relativo da avicultura e da suinocultura. Nesse sentido, destaca-se a tendência a um consumo final energético maior que o

apresentado na criação de bovinos predominantemente extensiva em grande parte do país.

6.3.1 Agricultura

A Tabela 15 mostra o aumento da produção agrícola no Brasil que se deu basicamente pela ampliação da produtividade, decorrente, em parte pelo 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 15 – Evolução da safra de itens selecionados

Produção 10 ³ t	2000	2005	2010	2015	2018	Δ% ao ano. (2018/2000)
Cana - de - açúcar	326.121	422.957	717.464	750.290	746.828	4,7%
Milho	32.321	35.113	55.364	85.283	82.288	5,3%
Soja	32.821	51.182	68.756	97.465	117.888	7,4%
Arroz	11.135	13.193	11.236	12.301	11.749	0,3%
Trigo	1.726	4.659	6.171	5.508	5.419	6,6%

Fonte: IBGE (2019b)

A cultura agrícola que apresentou maior evolução desde 2000 foi a soja, com crescimento médio anual de 7,4%. O trigo aparece em segunda posição, com aumento de 6,6% ao ano. Milho, cana de açúcar e arroz respectivamente, com +5,3%, +4,7% e +0,3% ao ano.

Com exceção da cultura de arroz (por ser dependente de irrigação), todas as principais culturas mostradas na tabela anterior apresentaram ritmo de crescimento de suas safras superior ao incremento na demanda de energia do setor agropecuário.

O indicador de produtividade (quantidade produzida/área plantada) indica a redução da demanda de energia nas etapas de plantio, desenvolvimento do cultivo e colheita, no último ano, como se observa na Tabela 16, para cana-de-açúcar, soja, arroz e trigo. Todavia, constata-se que já houve patamares mais elevados da produção em anos anteriores para as culturas de cana-de-açúcar e milho. Assim, é natural deduzir que, no geral, houve efficientização energética no segmento agrícola nacional, no horizonte avaliado, nas cinco principais lavouras do país, selecionadas.

Tabela 16 – Indicador agrícola: produtividade agrícola de itens selecionados

Produtividade Agrícola [t/ha]	2000	2005	2010	2015	2018	Δ% ao ano. (2018/2000)
Cana-de-açúcar	67,9	72,9	79,0	74,2	74,4	0,5%
Milho	2,7	3,0	4,4	5,5	5,1	3,6%
Soja	2,4	2,2	2,9	3,0	3,4	1,9%
Arroz	3,0	3,4	4,1	5,8	6,3	4,1%
Trigo	1,5	2,0	2,8	2,2	2,6	3,1%

Fonte: IBGE (2019b)

Em relação a incrementos anuais na produtividade agrícola, a cana e a soja com taxas de 0,5% e 1,9%, respectivamente, apresentaram desempenhos inferiores ao trigo, ao milho e ao arroz, cujos indicadores de produtividade incrementaram 3,1%, 3,6% e 4,1% ao ano ao longo dos mesmos vinte anos. Então, entende-se que as expansões das safras de cana e soja, especialmente, se deram mais pelo aumento de área plantada do que por evolução da produtividade.

6.3.2 Pecuária

A Tabela 17 registra a evolução temporal dos rebanhos bovino, suíno e de aves no Brasil. Destes, a suinocultura é a atividade que apresenta maior crescimento, com média de 1,7% ao ano. A avicultura em sequência com aproximadamente 1,5 bilhões de cabeças de aves em 2018. A pecuária bovina está na terceira posição, com incremento anual médio de 1,3%.

Tabela 17 – Evolução de rebanhos selecionados

Efetivos dos Rebanhos [milhões de cabeças]	2000	2005	2010	2015	2018	Δ% ao ano. (2018/2000)
Bovinos	169,9	207,2	209,5	215,2	213,5	1,3%
Aves	183,5	186,64	210,8	221,9	246,9	1,5%
Suínos	31,6	34,14	38,9	39,8	41,4	1,7%

Fonte: IBGE (2019c)

Na produção animal, o processo de intensificação foi bastante significativo na avicultura e suinocultura e, praticamente, não existiu no setor de bovinos. Conforme os últimos Censos Agropecuários do IBGE (2006 e 2017), houve uma grande expansão dos rebanhos avícola e suíno, em contraste com a redução do rebanho bovino.

7. CONCLUSÃO

Esta Nota Técnica consolida o terceiro 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.

Nesse contexto, o ODEX apurado em 2018 mostra que país ficou 14% mais eficiente energeticamente entre 2005 e 2018, com destaque para os setores residencial e de transportes, que apresentaram os maiores ganhos.

Por fim, cabe ressaltar que a estruturação de uma 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.

8. BENCHMARKING DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – BRASIL NO CONTEXTO GLOBAL

8.1 Introdução

Este é um capítulo conjunto desenvolvido em cooperação entre a EPE e a Agência Internacional de Energia (AIE). Ele se baseia nas análises desenvolvidas pelas duas instituições para fornecer uma perspectiva global sobre eficiência energética no Brasil. Ele se concentra em três setores: indústria, residências e transporte (veículos leves).

O relatório chega em um momento importante. O Relatório de Mercado de Eficiência Energética (EEMR – Energy Efficiency Market Report) de 2019 da AIE conclui que, globalmente, o ritmo de crescimento na eficiência no uso de energia está diminuindo. Isso representa uma oportunidade perdida. Em 2018, a eficiência energética gerou 1,6 trilhão de dólares a mais em valor para a mesma quantidade de energia em comparação a 2017. No entanto, esse benefício teria sido cerca de 2,6 trilhões de dólares a mais se a intensidade de energia tivesse melhorado a uma taxa anual de 3% desde 2015.

Muitos fatores afetam a intensidade energética. Esses fatores podem ser agrupados em três categorias: atividade, estrutura e eficiência. Globalmente, embora as melhorias na eficiência energética tenham continuado, elas não foram suficientemente fortes para compensar as mudanças estruturais e de atividade. Isso apresenta um apelo à ação aos formuladores de políticas de todo o mundo para identificar estratégias para acelerar rapidamente o progresso em eficiência energética.

Este capítulo oferece uma oportunidade de identificar questões não abordadas no EEMR da AIE e nos capítulos anteriores deste Atlas da Eficiência Energética - Relatório de Indicadores. Ele fornece informações sobre os efeitos da atividade, estrutura e eficiência que influenciam a intensidade energética dos setores industrial, residencial e de transporte no Brasil. Ao comparar o Brasil com outros países, são fornecidas perspectivas que podem informar os formuladores de políticas sobre quais países são mais semelhantes em termos de estrutura, como o Brasil se compara em termos de intensidade energética e onde existem oportunidades de intercâmbio e melhoria no Brasil e em outros países.

O relatório baseia-se em várias fontes para comparar o Brasil com outros países. Como nem todos os dados refletem as fontes oficiais dos países, existem algumas diferenças entre os números neste relatório e os dados oficiais do Brasil e de outros países. Para permitir ainda mais o benchmarking entre países, a maioria dos indicadores se concentra no ano de 2017, para o qual existem dados mais abrangentes. São

necessários esforços contínuos de coleta de dados dos países para apoiar esse tipo de análise de benchmarking. A Agência Internacional de Energia confia que esta será a primeira de muitas colaborações criadas para promover políticas eficazes por meio do fortalecimento da coleta e análise de dados.

8.2 Resumo dos resultados

O Brasil tem uma longa história de programas eficazes de eficiência energética em todos os setores. Isso inclui padrões e etiquetagem de eletrodomésticos, códigos e etiquetagem de edifícios, padrões para equipamentos industriais, instrumentos econômicos, incluindo o PEE (Programa de Eficiência Energética - ANEEL) e vários outros programas sob o guarda-chuva do PROCEL. Esses programas estão refletidos na Tabela 18, juntamente com a cobertura de políticas em outros países. Estas ações colocam o Brasil em uma posição forte para continuar progredindo em eficiência energética, desenvolvendo programas existentes, atualizando códigos e padrões e expandindo programas para áreas que ainda não possuem cobertura obrigatória.

Tabela 18 – Políticas de eficiência energética no G20

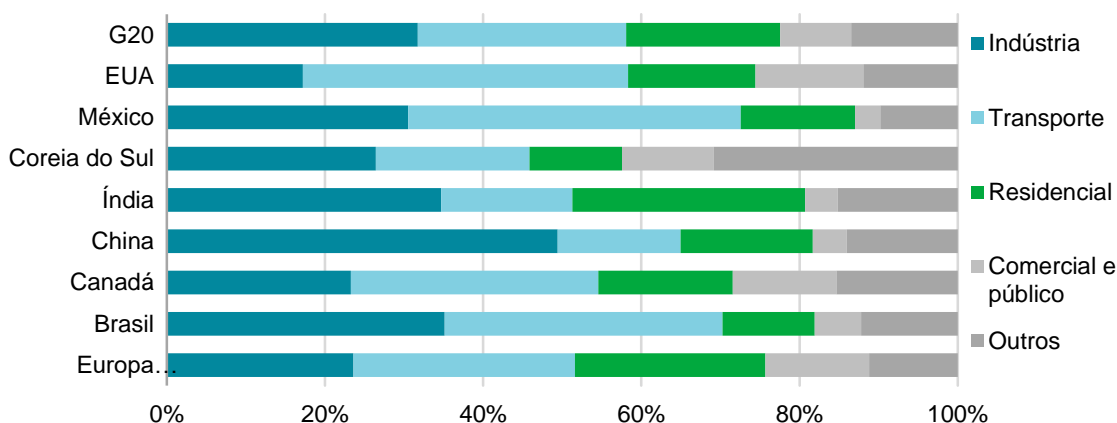
	Meta nacional de uso ou eficiência energética	Políticas obrigatórias							Outras medidas		
		Padrões de equipamentos eletrodomésticos	Padrões de equipamentos industriais	Códigos de energia para edifícios residenciais	Códigos de energia para edifícios comerciais	Padrões de eficiência de combustível para automóveis	Padrões de eficiência de combustível para caminhões	Ações obrigatórias da empresa / setor industrial	Instrumentos de mercado	Incentivos financeiros ou fiscais	Informação e capacitação
Argentina											
Austrália											
Brasil											
Canadá											
China											
França											
Alemanha											
Índia											
Indonésia											
Itália											
Japão											
Coreia do Sul											
México											
Rússia											
Arábia Saudita											
África do Sul											
Turquia											
Reino Unido											
EUA											
União Europeia											

Presente de alguma forma
 Anunciado / pretendido
 Incerto ou não identificado

Fonte: IEA (2019a), Policies Database

Os setores cobertos neste capítulo representaram aproximadamente 80% do consumo final total de energia no Brasil em 2017. A indústria representou 33% do consumo final total em 2017, o transporte representou 33% e os domicílios 10%, como mostra o Gráfico 55.

Gráfico 55 – Consumo final total de energia por setor 2017



Fonte: EPE (2019a) e IEA (2019b), *World Energy Balances*

Para avançar em direção à conquista dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (que são os caminhos apresentados no Cenário de Desenvolvimento Sustentável da IEA), todos os países, incluindo o Brasil, precisariam acelerar o progresso em eficiência. No Brasil, a seguir, são apresentadas algumas das oportunidades mais importantes, baseadas na estrutura do setor e nos progressos já realizados em eficiência energética:

Indústria

O Brasil fez progressos em várias áreas de eficiência energética industrial. As taxas de reciclagem de alumínio são superiores à média mundial e o setor de cimento passou para fornos de processo seco para produção de clínquer. Além disso, a alta participação de fontes renováveis de energia em muitos processos industriais, principalmente papel, celulose e impressão e alimentos e tabaco, reduz o impacto ambiental da produção. As oportunidades para aumentar ainda mais a eficiência incluem aumentar a reciclagem e expandir as redes de aprendizado em eficiência energética e os sistemas de gerenciamento de energia em todos os setores energointensivos.

Residencial

O Brasil tem décadas de experiência com padrões de eficiência energética e etiquetagem, bem como com programas que proporcionam economia de energia entre as famílias. Com o contínuo aumento da posse de eletrodomésticos pelas famílias e do tamanho das residências, a atualização e desenvolvimento dessa estrutura de políticas será extremamente importante. Em particular, a introdução de uma métrica de desempenho sazonal para os ar-condicionados, juntamente com os padrões e a etiquetagem das edificações, podem garantir o acesso à refrigeração, mitigando os impactos no sistema elétrico e no ambiente em climas quentes, inclusive no Brasil.

Transporte

A frota de veículos leves no Brasil é única devido à alta participação da tecnologia flex-fuel. Ao mesmo tempo, o Brasil tem semelhanças estruturais com outras grandes economias emergentes, incluindo uma grande parcela de veículos menores, mais leves e menos potentes, que levam a um setor mais econômico em termos de combustível. À medida que a posse de veículos leves aumenta, as manutenções dessa estrutura, juntamente com outras melhorias na economia de combustível e medidas do tipo “evitar-mudar-melhorar”, podem ajudar a mitigar o impacto na demanda por combustível (biocombustíveis e gasolina e diesel importados). Um ponto interessante de investigação seria comparar, detalhadamente, a eficiência de combustível de tipos de veículos semelhantes nas economias emergentes para identificar oportunidades de avanço tecnológico. Também é importante observar, como mencionado nas seções anteriores, que o investimento em soluções alternativas de transporte, como transporte rodoviário e ferroviário (incluindo bondes e metrô), bem como estratégias de gerenciamento de transporte, também são soluções importantes para reduzir a intensidade energética do setor.

Em todos os setores, a melhoria da coleta de dados e a divulgação internacional são ações valiosas para auxiliar ainda mais os esforços de benchmarking. Esses esforços são uma ferramenta crítica para entender onde está o potencial de eficiência energética, para definir metas e medir economias. Além disso, eles podem ajudar a entender os benefícios adicionais da eficiência energética, como criação de empregos, competitividade, aumento de quotas de energia renovável e segurança energética reforçada.

8.3 Indústria

Resumo

- Em 2017, o setor industrial representou 33% do consumo final total de energia no Brasil. Assim como em outros países do G20 avaliados, existe um potencial significativo nesse setor para eficiência energética. Vale destacar que mais de 40% das oportunidades de economia de energia identificadas no Cenário Mundial Eficiente do Energy Efficiency Market Report (IEA, 2018) no Brasil seriam na indústria.
- O uso de energia da indústria no Brasil é caracterizado por ter uma participação muito alta do segmento de alimentos e tabaco (representando 27% do consumo final de energia da indústria), seguido pelos segmentos de ferro gusa e aço e papel e celulose (cada um representando 19% e 15% do consumo final, respectivamente).
- A alta participação de energia renovável no uso de energia da manufatura no Brasil (63%) tem o efeito positivo de reduzir o impacto ambiental da manufatura pesada, em especial nos setores de papel, celulose e impressão e alimentos e tabaco.
- Melhorar a eficiência energética em setores energointensivos pode encontrar como principal barreira o alto custo de capital dos equipamentos. Portanto, uma dimensão que pode ser incentivada é a promoção de sistemas de gestão de energia e redes de aprendizado para garantir a aplicação e o compartilhamento de boas práticas e também podem ajudar a destravar potenciais de economia em setores menos intensivos em energia.
- Algumas das melhores práticas que já estão em vigor no Brasil são a reciclagem de alumínio e processo de produção de clínquer por via seca. O Brasil poderia aproveitar sua forte experiência em reciclagem de alumínio como exemplo de boa prática para outros segmentos energointensivos, como papel e celulose, para aumentar ainda mais a eficiência energética. A produção de material reciclado consome consideravelmente menos energia que as produções primárias.
- Essas ações deverão contar com a transparência e acessibilidade aos dados relacionados ao desempenho energético e emissões associadas ao uso da energia. Melhorar a coleta de dados e compartilhá-los internacionalmente para ajudar nos esforços de benchmarking e quantificar a economia de energia será essencial para valorizar os benefícios da eficiência energética.

Este capítulo se concentra no setor industrial, com foco especial nos segmentos de manufatura com maior consumo de energia: ferro gusa e aço, cimento, alumínio e alumina e papel e celulose. Os detalhes sobre os dados, cálculos e premissas são fornecidos no anexo explicativo, que deve ser usado para entender as limitações nos dados disponíveis.

Como parte de sua presidência do G20 em 2019, o governo do Japão instituiu um programa de trabalho para examinar o processo e os benefícios dos níveis de benchmarking de eficiência energética em subsectores de setores intensivos em energia e usos finais direcionados entre os países do G20. Este capítulo baseia-se no trabalho liderado pela AIE após a iniciativa do Japão. O objetivo é fornecer informações sobre o consumo de energia, intensidade energética, consumos específicos e eficiência, além de orientar os formuladores de políticas a considerar caminhos para melhorar a eficiência dos processos e tecnologias industriais. O texto destaca a relevância das diferenças estruturais entre o Brasil e outros países e regiões. A compreensão dessas diferenças pode guiar os formuladores de políticas na elaboração de estratégias de eficiência energética. Por esse motivo, serão necessários dados mais consistentes e detalhados.

Classificações dos segmentos industriais utilizadas pela AIE

Para os propósitos deste capítulo, a indústria consiste em:

- Mineração
- Construção
- Indústria não especificada em outra parte
- Manufatura

Manufatura, por sua vez, é composta pelos seguintes segmentos. Os que estão sinalizados em negrito são o foco deste relatório:

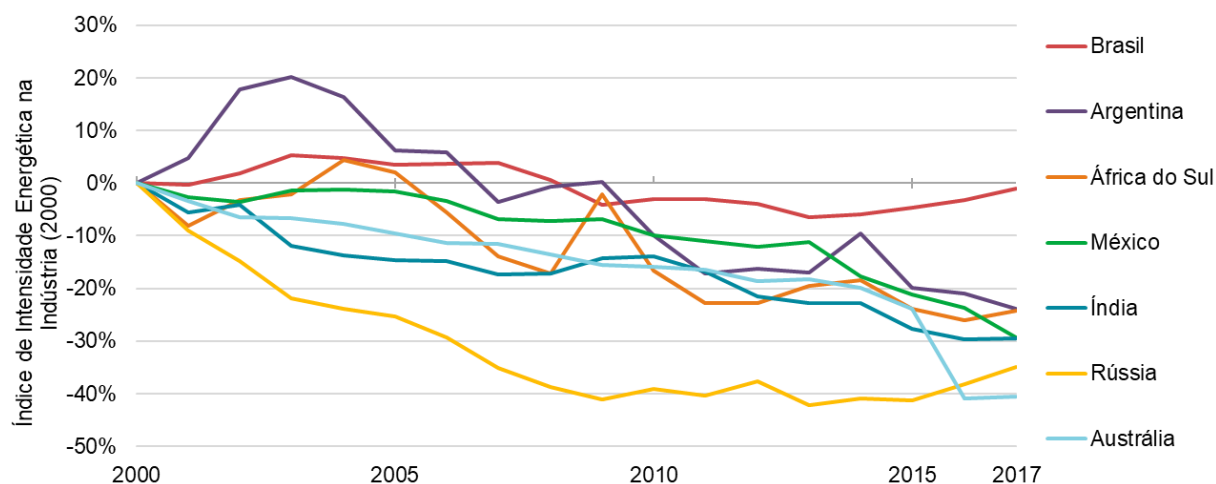
- **Ferro gusa e aço**
- Química (inclui petroquímica)
- **Metais não ferrosos (inclui alumínio e alumina)**
- **Minerais não metálicos (inclui cimento e clínquer)**
- Equipamentos de transporte
- Maquinário
- Alimentos e tabaco
- **Papel, celulose e impressão**
- Madeira e seus produtos
- Têxtil e produtos de couro

8.3.1 Eficiência energética na indústria: contexto global

O crescimento econômico e o incremento da atividade aumentaram a demanda de energia no setor industrial nos últimos anos. De 2000 a 2017, as melhorias na eficiência energética do setor economizaram 20% do uso adicional de energia nos países da AIE e nas principais economias. Durante o mesmo período, a mudança de manufatura pesada para serviços (alteração estrutural) também desempenhou um papel importante na redução da intensidade energética da indústria na maioria das economias desenvolvidas e emergentes. No entanto, tendências mais recentes mostram uma desaceleração dessas melhorias. Os avanços de eficiência técnica na indústria caíram de 4% do uso final de energia em 2015 para 2% em 2018. As movimentações estruturais que economizaram 0,1% do uso final de energia em 2017 foram responsáveis em 2018 por 0,1% do uso final adicional de energia. Um fator importante por trás dessas mudanças foram os aumentos nos níveis de produção em indústrias intensivas em energia, como petroquímicos nos Estados Unidos e aço na China.

O Gráfico 56 reflete essas tendências, apresentando a evolução da intensidade energética (energia necessária para produzir uma unidade de valor adicionado bruto - VAB) no setor industrial de 2000 a 2017, sendo 2000 o ano de referência. Ele não reflete a atividade ou os efeitos estruturais, mas fornece uma comparação de alto nível do consumo final total de energia do setor por unidade de valor adicionado (VAB). Uma tendência de queda no indicador representa um maior valor adicionado por unidade de energia em comparação com o ano de 2000, enquanto uma tendência de alta indica justamente o oposto.

Gráfico 56 – Variação da Intensidade Energética da Indústria de 2000 a 2017 no Brasil, Argentina, África do Sul, México, Índia, Rússia, Austrália



Fonte: IEA (2019b), *World Energy Balances 2019*

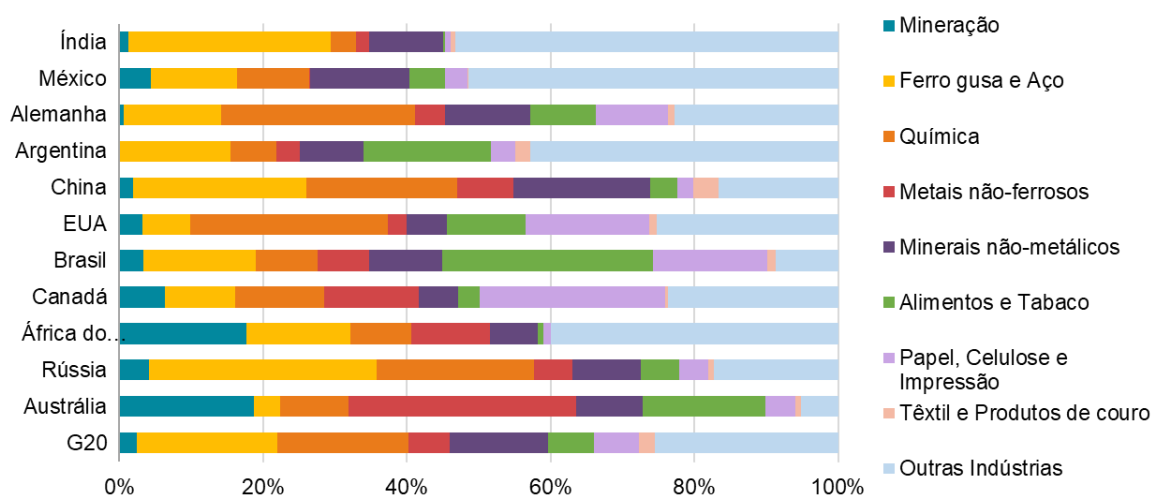
Os países exibidos foram selecionados entre os BRICS²³, juntamente com o México, Argentina e Austrália. Esta seleção reflete semelhanças no desenvolvimento econômico, geografia e recursos naturais e energéticos.

Hoje, as economias emergentes e em desenvolvimento são responsáveis por 60% do PIB global, enquanto os países desenvolvidos respondem pela parcela restante de 40%. Isso representa uma mudança fundamental na economia global, à medida que uma parcela crescente da produção e do consumo muda das economias avançadas para as economias emergentes e em desenvolvimento. Além disso, as economias emergentes se tornaram os motores de fabricação da economia globalizada. Por exemplo, os EUA importam mais aço do que produzem, em grande parte do Brasil e do México na forma dos produtos de aço semi-acabados, com maior consumo de energia (US Department of Commerce, 2019).

Historicamente, o Brasil se destaca por fortes setores sucroalcooleiro e de silvicultura. Hoje, os dois principais segmentos em termos de consumo final de energia são os de alimentos e tabaco e papel, celulose e impressão. São seguidos por ferro-gusa e aço, minerais não metálicos (principalmente cimento), produtos químicos e petroquímicos e metais não ferrosos (principalmente produção de alumínio e alumina), conforme ilustrado no Gráfico 57.

²³ Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.

Gráfico 57 – Repartição do consumo final de energia entre diferentes subsectores da indústria no Brasil e em países seleccionados em 2017



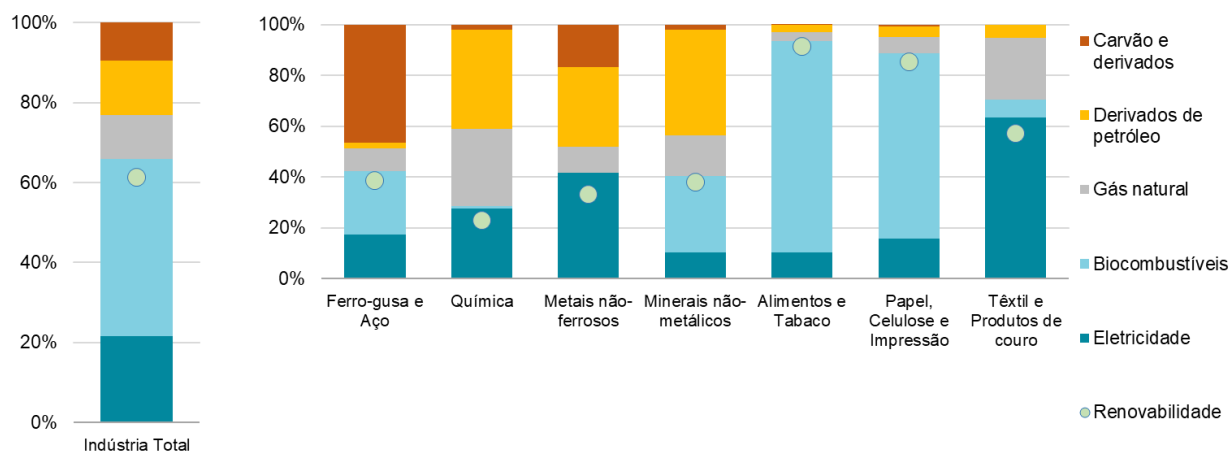
Fonte: IEA (2019b), *World Energy Balances*

Nota: "Outras indústrias" incluem os seguintes subsectores: construção, equipamentos de transporte, máquinas, madeira e produtos de madeira e indústria não especificada em outra parte.

A matriz energética do setor industrial brasileiro é reconhecida pelo seu alto grau de renovabilidade. A parcela de energia renovável no Gráfico 58 foi calculada adicionando o consumo final de biocombustível e combustíveis residuais (considerados totalmente renováveis) à parcela de energia renovável na produção de eletricidade (hidrelétrica, solar, eólica, geotérmica e biocombustíveis).

Em 2017, as fontes renováveis foram responsáveis por 80% da oferta interna de eletricidade, com destaque para a energia hidráulica, que compôs 65% da matriz elétrica brasileira. Por esse motivo, a eletrificação tem o potencial de reduzir bastante as emissões, além de melhorar, na maioria dos casos, a eficiência.

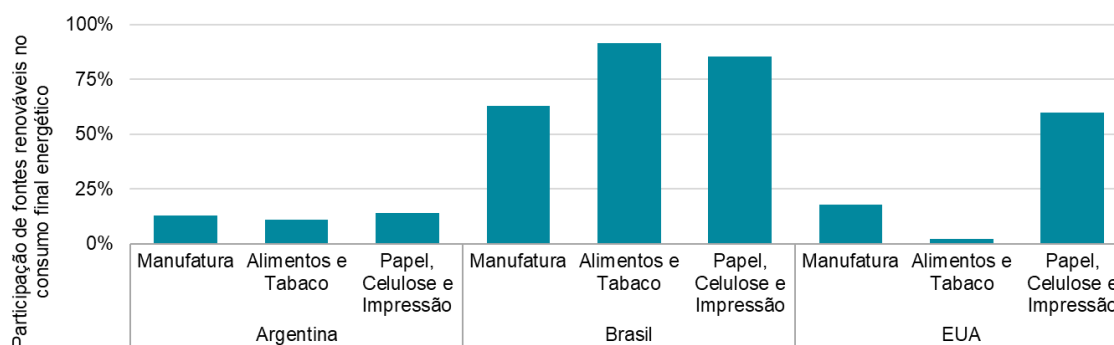
Gráfico 58 – Consumo final energético do setor industrial no Brasil por combustível e participação de fontes renováveis em 2017



Fonte: IEA (2019b), World Energy Balances

Os dois segmentos responsáveis pela maior parcela do consumo de energia no setor de manufatura - alimentos e tabaco e papel, celulose e impressão - também são os subsetores com os maiores percentuais de renovabilidade (superior a 80%). Essa parcela de energia renovável é alta em comparação com países como os EUA ou a Argentina.

Gráfico 59 - Percentual de renovabilidade²⁴ no consumo final energético em segmentos selecionados na Argentina, Brasil e Estados Unidos, 2017



Fonte: IEA (2019b), World Energy Balances

8.3.2 Principais segmentos industriais consumidores de energia

²⁴ Inclui eletricidade.

Esta seção se concentra em quatro importantes subsetores industriais, selecionados por uma combinação de seus altos níveis de consumo energético e da disponibilidade de dados de qualidade para o Brasil e outros países. Em alguns casos, o relatório não divulga a identidade dos países devido a preocupações com confidencialidade e a competitividade dos dados, além de limitações na precisão. Todos os exemplos se concentram nos países do G20 ou em algum subconjunto de países do G20 para os quais existem dados disponíveis.²⁵

8.3.2.1 Ferro gusa e Aço

Em 2017, o Brasil representou 2% da produção de ferro gusa e aço no G20. O Gráfico 60 apresenta a participação da produção de aço por rota de processo. Os países estão organizados, da esquerda para a direita, de acordo com a parcela da produção em sucata de processamento de fornos a arco elétrico, que é a tecnologia com maior eficiência energética entre as exibidas.

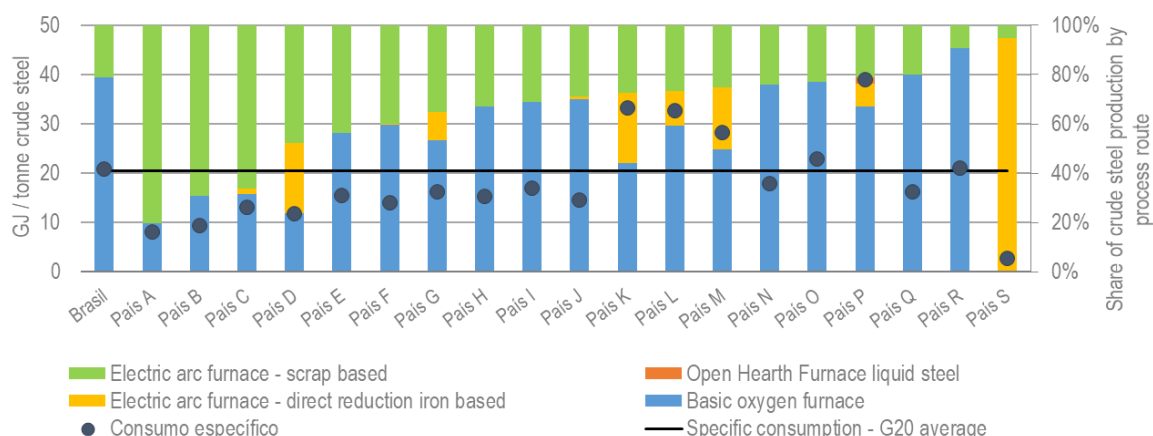
Vários fatores contribuem para a intensidade energética do setor siderúrgico. O consumo específico agregado de aço depende muito das rotas de produção utilizadas, e as participações na produção primária e secundária variam muito entre os países.

No Brasil, quase 80% do aço bruto foi produzido em fornos básicos de oxigênio em 2017, seguido por fornos a arco elétrico - à base de sucata (cerca de 20%). A participação do aço bruto por rota de processo foi semelhante a países como Argentina, Austrália, Reino Unido, Coreia do Sul e Japão.

O consumo específico do setor de ferro gusa e aço do Brasil estava no nível médio dos países do G20 em 2017. Ao mesmo tempo, o carvão alimentava 10% da produção, mitigando o impacto do setor nas emissões de gases de efeito estufa.

²⁵ Membros do G20: Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, China, Alemanha, França, Índia, Indonésia, Itália, Japão, México, Rússia, Arábia Saudita, África do Sul, Coreia do Sul, Turquia, Reino Unido, EUA e União Europeia.

Gráfico 60 – Repartição da produção de aço por processo e consumo específico da produção - 2017



Fonte: World Steel Association (2018), IEA (2019b), World Energy Balances

Dada a estrutura das rotas de produção de aço do Brasil, algumas abordagens para reduzir o consumo específico do setor siderúrgico incluem:

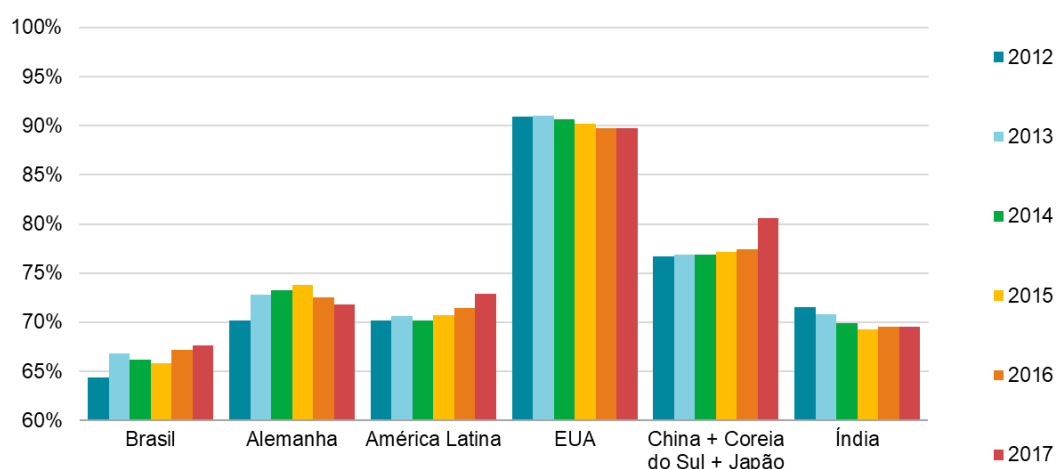
- Aumento da reciclagem de metais, especificamente a produção de aço bruto em um forno a arco elétrico a partir de sucata. Isso requer aumentos na coleta de sucata e métodos de triagem aprimorados, principalmente para o aço usado na construção e outros produtos.
- Aproveitar as oportunidades de simbiose industrial - incluindo o uso de resíduos ou subprodutos de um processo para produzir outro produto de valor - para ajudar a fechar o ciclo do material, reduzir o uso de energia e reduzir as emissões no caso de captura e utilização de carbono. Um exemplo é usar a escória de alto-forno na produção de cimento e o carbono dos gases residuais do processo produtivo para a fabricação de produtos químicos e combustíveis. Outro exemplo é a aplicação de gases residuais a outros usos industriais, prática amplamente adotada no Brasil (IEA, 2019c). Embora não reduza diretamente o uso de energia na siderurgia, esta ação melhoraria a eficiência do segmento como um todo.
- Para novas usinas, a consideração de mecanismos regulatórios e financeiros para incentivar a adoção das tecnologias mais eficientes representará grandes oportunidades de economia, tanto em termos de energia quanto de finanças, pois essas tecnologias tendem a ser econômicas
- Para novas usinas, a consideração de mecanismos regulatórios e financeiros para incentivar a adoção das tecnologias mais eficientes representará grandes oportunidades de economia, tanto em termos de energia quanto de finanças,

pois essas tecnologias tendem a ser econômicas. Essas tecnologias de eficiência incluem: resfriamento a seco de coque, recuperação de calor residual, turbinas de recuperação de alta pressão, eletrificação e uso de hidrogênio. Melhorar práticas nas fábricas, como a redução da geração de sucata ou a adoção de sistemas de gestão de energia, também é um vetor chave para melhorar a eficiência.

8.3.2.2 Cimento

O Brasil foi responsável por cerca de 1,6% da capacidade de produção mundial de clínquer e 1,3% da produção de cimento em 2017 (USGS, 2019). O nível da mistura do clínquer no cimento, ilustrada na no Gráfico 61, é relevante para definir o consumo específico do segmento. Quanto maior a inclusão do clínquer no cimento, maior o consumo específico do segmento como um todo.

Gráfico 61 – Relação de clínquer / cimento - Média ponderada | Clínquer cinza e branco em cimentos Portland (%)



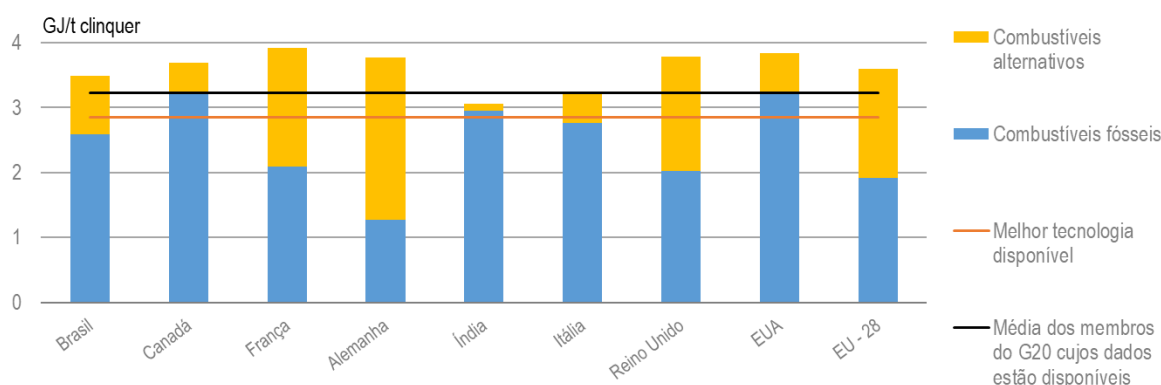
Fonte: CSI (2018)²⁶, EPE para o Brasil

No Brasil, a relação clínquer/cimento foi de 68% em 2017, abaixo da Alemanha (73%) e da média na América Latina, que também é a média de todo o cimento na Europa (CEMBUREAU). No entanto, isso representou um aumento de 5% na relação clínquer/cimento em relação a 2012. Isso tem o efeito de aumentar o consumo específico do subsetor, devido ao aumento na produção de clínquer com uso intensivo de energia.

²⁶ Ver anexo para mais detalhes.

Por esse motivo, é importante observar o consumo específico de produção de clínquer para entender o nível do consumo específico no Brasil em comparação com outros países. O Gráfico 62 mostra o consumo específico para produzir uma tonelada de clínquer no Brasil e em vários países do G20. A fonte de energia é dividida entre combustíveis fósseis e combustíveis alternativos.²⁷

Gráfico 62 – Consumo específico térmico por tonelada de clínquer em países selecionados do G20 e Brasil – 2017



Fonte: CSI (2018)

A intensidade do Brasil ficou um pouco acima da média do G20 e comparável ao Canadá, Reino Unido e Itália. Em todos os países do G20 apresentados, existe potencial para aumentar a eficiência energética incorporando as melhores tecnologias disponíveis, sinalizadas pela linha vermelha horizontal no Gráfico 62.

Fatores regionais como teor de umidade e capacidade de queima das matérias-primas, composição típica de clínquer e capacidade média das fábricas de cimento afetam a intensidade térmica do clínquer. Além disso, o consumo específico térmico aumenta com o uso de combustíveis alternativos e substitutos do clínquer.

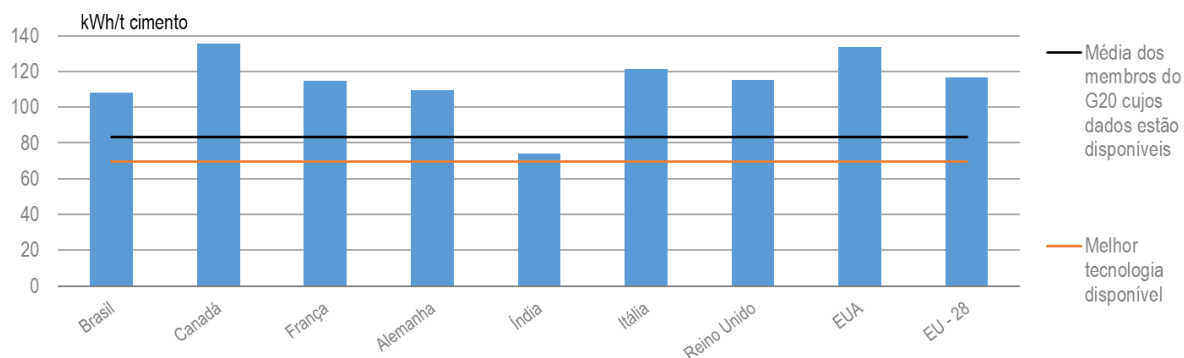
Os combustíveis alternativos representaram 26% do uso de energia térmica por tonelada de clínquer produzido no Brasil em 2017, um pouco abaixo da média dos países do G20 para os quais os dados estavam disponíveis (Gráfico 62). Isso ocorreu principalmente devido aos níveis mais baixos de reutilização de resíduos. Ao mesmo tempo, o uso de biomassa (12%) foi superior à média para outros países do G20.

Outra medida de eficiência é o consumo específico de energia elétrica por tonelada de cimento produzido, mostrado no Gráfico 63. No Brasil, o consumo específico de energia

²⁷ Combustíveis alternativos são definidos como “Biomassa, fósseis alternativos e resíduos mistos” do relatório *Cement Sustainability Initiative (CSI) Getting the Numbers Right (GNR) Emissions Report – indicator 25aAGFC*. Para mais informações, consulte o anexo.

elétrica ficou acima da média do G20 e foi comparável à Alemanha, França e Reino Unido. Os resultados obtidos com o uso das melhores tecnologias disponíveis, representadas pela linha vermelha horizontal, mostram que ainda podem ser feitas melhorias em todos os países.

Gráfico 63 – Consumo específico elétrico por tonelada de cimento – 2017



Fonte: CSI (2018)

Globalmente, os consumos específicos de energia térmica e eletricidade continuaram a diminuir gradualmente à medida que os fornos de processo seco - incluindo pré-aquecedores e pré-calcinadores (considerados estados da arte da tecnologia) - substituíram os fornos de processo úmido e equipamento de moagem mais eficiente foram implantados. Estima-se que o consumo específico térmico de clínquer tenha caído para 3,4 GJ / tonelada globalmente em 2017, representando uma redução anual de 0,4% desde 2014.

No Brasil, a produção de cimento era quase exclusivamente realizada por processo a seco com pré-aquecedores e pré-calcinadores, diminuindo significativamente a necessidade de energia. Isso representa uma melhoria significativa que já foi implementada.

Exemplos de políticas de eficiência energética na indústria de cimento

Como parte de seu 13º Plano Quinquenal (2016-20), a China pretende reduzir a intensidade de energia térmica da produção de clínquer para 3,07 GJ / t, em média, até 2020, o que diminuiria a diferença entre o nível atual e a melhor tecnologia disponível de desempenho térmico em dois terços.

Entre 2011 e 2015, 85 fábricas de cimento na Índia participaram do primeiro ciclo do Perform, Achieve, Trade (PAT), um mecanismo baseado no mercado para melhorar a eficiência energética. As instalações alcançaram reduções de demanda de energia equivalentes a 9% do consumo de energia do setor de cimento da Índia em 2014. Atualmente, o segundo ciclo PAT já está em andamento, com metas e cobertura ainda mais altas.

Na Europa, o mandato para desenvolver padrões de cimento dentro do Comitê Europeu de Padronização foi recentemente ampliado para permitir possíveis alternativas de baixo carbono ao clínquer de cimento Portland (OPC) que dependem de diferentes matérias-primas ou misturas.

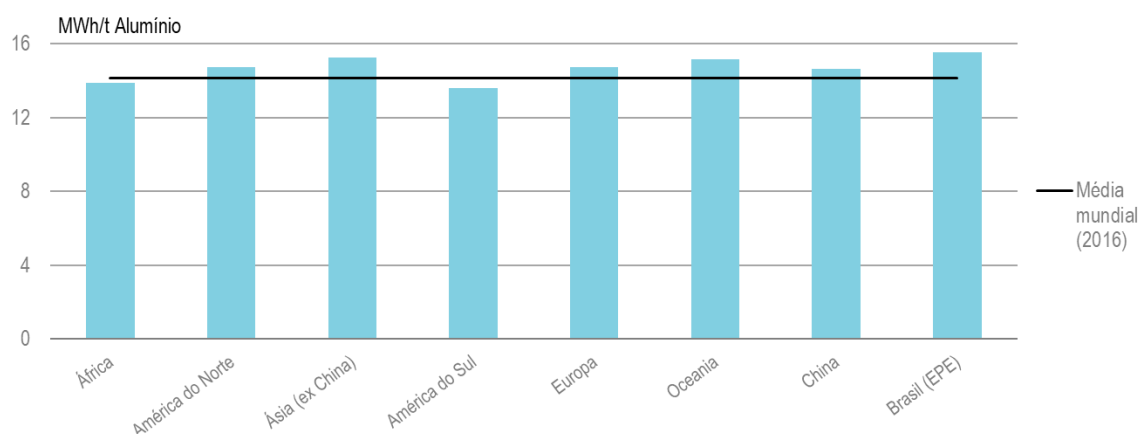
8.3.2.3 Alumínio e Alumina

O Brasil representou 2% da alumina e 1,3% da produção de alumínio em todo o mundo em 2017. A produção primária é aproximadamente dez vezes mais intensiva em energia do que a produção secundária. Em média, a produção de 1 tonelada de alumínio primário exigiu 14 megawatt-hora (MWh) de energia em 2016 em todo o mundo, o que é quase equivalente ao consumo energético per capita no Brasil em 2014²⁸. Em 2016, a produção no Brasil foi de 790 mil toneladas de alumínio e 10.886 mil toneladas de alumina. Para fornecer uma imagem precisa da eficiência energética do segmento, apresentamos essas produções separadamente.

O consumo específico por tonelada de alumínio primário foi ligeiramente superior ao de outros países, conforme Gráfico 64.

²⁸ World Bank, <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.PCAP.KG.OE?locations=BR>

Gráfico 64 – Consumo específico por tonelada de alumínio primário – 2016

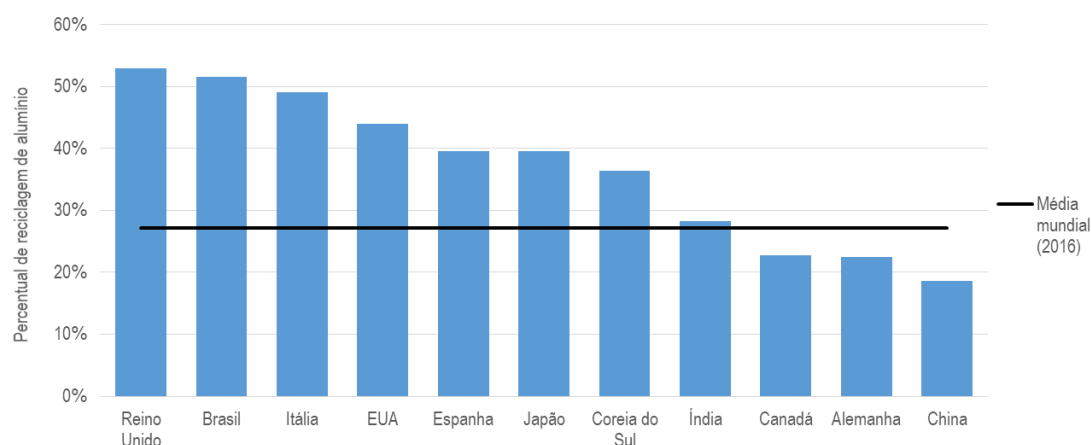


Fonte: *International Aluminium Institute (2019). EPE para o Brasil*

No entanto, a reciclagem de alumínio no Brasil foi muito superior à média mundial em 2016, último ano para o qual existem dados disponíveis para comparação. Isso indica que o Brasil tem uma grande oportunidade para garantir que este segmento seja um dos mais eficientes de sua economia, pois as melhorias na eficiência energética podem contribuir para economias adicionais. Isso poderia ser conseguido com a promoção de sistemas de gestão energética que garantissem as melhores práticas e forneceriam mais dados para determinar onde as economias em potencial podem ser feitas.

Isso traria benefícios adicionais, como abrir caminho para a indústria de alumínio do Brasil ser uma das mais competitivas do mundo, já que o custo da eletricidade representa cerca de um terço do custo da fundição de alumínio.

Gráfico 65 – Percentual de reciclagem do alumínio por país – 2016



Fonte: *ABAL (2016)*

Sistemas de Gestão Energética

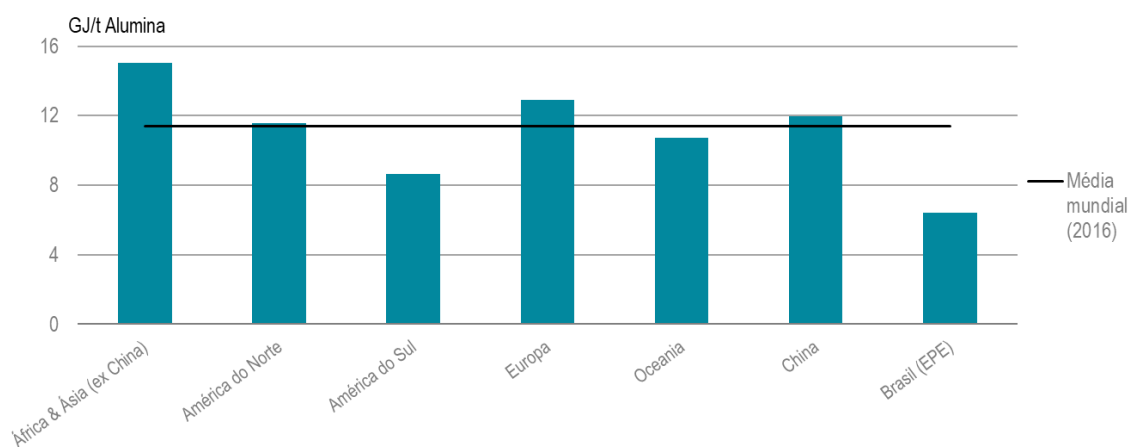
Sistemas de gerenciamento de energia (EnMS), como a ISO 50 001, são essenciais para destravar o potencial de eficiência energética. O EnMS garante que os principais aspectos das melhores práticas para uso de energia estejam em vigor nas empresas:

- Mapeamento de usos de energia
- Avaliação de potenciais economias e ações necessárias
- Garantia de que os dados e indicadores corretos sejam coletados e monitorados
- Acompanhamento do progresso da economia de energia
- Garantia de melhoria contínua

Nos segmentos intensivos em energia, o EnMS é essencial para garantir que todos os aspectos da gestão energética sejam levados em consideração. Para os segmentos menos intensivos em energia, políticas que incentivam a adoção do EnMS podem envolver um grande número de usuários de energia em uma ampla gama de áreas e promover melhores práticas.

Como mencionado acima, o Brasil produz muito mais alumina do que alumínio, sendo a maior parte de alumina destinada à exportação. Nesse sentido, é mais semelhante a regiões com perfis de produção similares, como a Oceania.

Gráfico 66 – Consumo específico por tonelada de alumina – 2016



Fonte: International Aluminium Institute (2019) e EPE

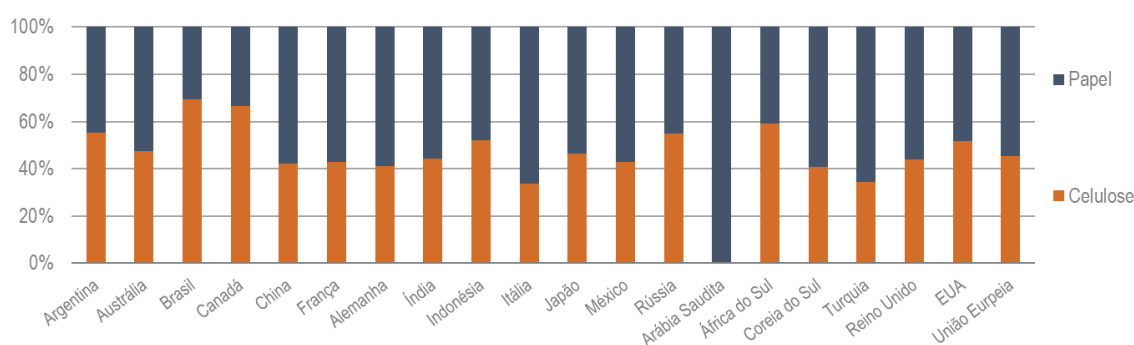
Globalmente, o maior potencial de economia de energia está no aumento da participação da produção secundária. A parcela combinada de alumínio produzido a partir da reciclagem de sucata nova e antiga precisa atingir quase 40% (pelo menos 70% da sucata antiga) até 2030 para alcançar o caminho do Cenário de Desenvolvimento Sustentável (Sustainable Development Scenario)²⁹ (IEA, 2018b).

Atingir essa parcela exigirá uma melhor coleta e classificação de sucata, principalmente para sucatas antigas, uma vez que, segundo o SDS, o uso eficiente de materiais mais resistentes reduzirão a disponibilidade de sucatas novas. Com uma taxa de reciclagem de mais de 50% de seu alumínio, o Brasil está tomando as medidas certas para alcançar esse objetivo. A inovação no subsetor de alumínio será essencial para reduzir as emissões da produção primária (IEA, 2019d).

8.3.2.4 Papel e Celulose

O Brasil representou 5% da produção global de celulose e menos de 2% da produção global de papel em 2016. Como a produção de celulose consome mais energia do que a produção de papel, é importante ter em mente as participações de cada um na produção total ao comparar consumos específicos.

Gráfico 67 - Participação de papel e celulose na produção total, em toneladas (2016)



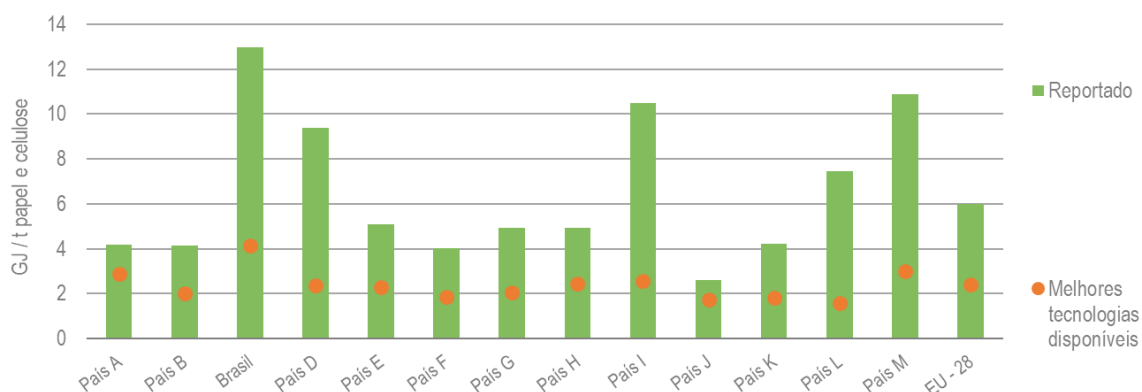
Fonte: FAOSTAT (2018)

²⁹ O Cenário de Desenvolvimento Sustentável fornece uma estratégia integrada para alcançar os principais elementos relacionados à energia da agenda de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, incluindo acesso a energia, qualidade do ar e objetivos climáticos. A trajetória de emissões do cenário de desenvolvimento sustentável está totalmente alinhada com a consecução dos objetivos de longo prazo do Acordo de Paris. Para mais informações, consulte <https://www.iea.org/weo2018/scenarios/>

O Brasil possui uma das maiores proporções de celulose em relação a papel entre os países apresentados, o que afeta o consumo específico para este segmento. Como os dados não estão disponíveis para separar o consumo de energia na produção de papel e celulose, a análise fornece uma visão das energias térmica e elétricas por tonelada de papel e celulose conjuntamente.

O Gráfico 68 mostra que o Brasil tem um consumo específico muito maior para a produção de papel e celulose em comparação a outros países apresentados. Isso é fortemente influenciado pela alta participação na produção de celulose, que utiliza principalmente processos térmicos e aumenta o valor geral da energia específica. As diferenças entre as melhores tecnologias disponíveis e os consumos específicos reportados também ilustram que todos os países têm um potencial significativo para melhorar o consumo específico para a produção de papel e celulose, bem como aprender uns com os outros nessa área.

Gráfico 68 – Energia térmica consumida por tonelada de papel e celulose

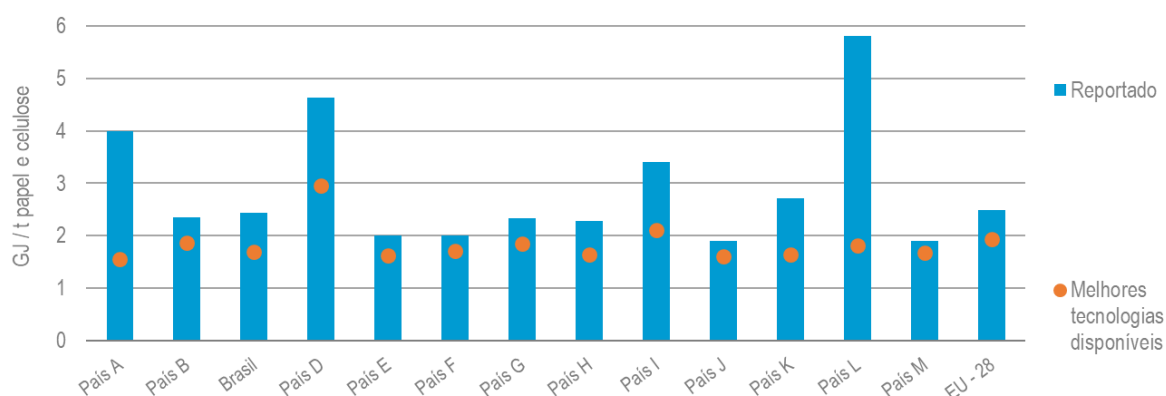


Fonte: Múltiplas fontes (ver anexo)

Nota: os dados desta indústria tiveram várias limitações que impactaram os resultados, em particular o fato de que o consumo de energia não está disponível em nível desagregado para papel e celulose. As premissas feitas para estabelecer esses consumos específicos e o nível associado às melhores tecnologias disponíveis são detalhadas no anexo.

O Gráfico 69 apresenta o consumo específico de eletricidade. Ao comparar apenas o uso de eletricidade na produção de papel e celulose no Brasil, nota-se que o consumo específico é semelhante a outros países. Mais uma vez, todos os países veem potencial de melhoria quando comparados à intensidade das melhores tecnologias disponíveis.

Gráfico 69 – Consumo específico de eletricidade por tonelada de papel e celulose produzida



Nota: os dados desta indústria tiveram várias limitações que impactaram os resultados, em particular o fato de que o consumo de energia não está disponível em nível desagregado para papel e celulose. As premissas feitas para estabelecer esses consumos específicos e o nível associado às melhores tecnologias disponíveis são detalhadas no anexo.

Uma grande oportunidade para reduzir o consumo específico é produzir mais papel a partir de fontes recicladas. Aumentar a participação na produção de fibra recuperada pode reduzir consideravelmente o uso de energia. Deste modo, melhorar os canais de reciclagem pode ajudar a aumentar a coleta de produtos de papel para este fim. Os governos também poderiam implementar taxas de aterro e de coleta de resíduos que incentivem uma maior reciclagem de resíduos domésticos e comerciais de papel.³⁰

Quando se analisa as tendências globais, observa-se que a participação da fibra recuperada no fornecimento total de fibras (a mistura usada na produção de papel) aumentou mais de dez pontos percentuais em 2000-17.

Maior recuperação de calor residual e cogeração no local também podem melhorar a eficiência energética. A velocidade e a escala da implantação dessas tecnologias podem ser aumentadas por meio de esforços colaborativos da indústria, do setor público e de parceiros de pesquisa para compartilhar as melhores práticas em tecnologias de ponta e desenvolvimento de planos de ação em nível de fábrica.

³⁰ No entanto, é importante observar que os efeitos estruturais - como mudanças no mix de produtos ou regiões de produção - também podem influenciar o uso de energia. Além disso, problemas de qualidade dos dados dificultam a conclusão firme sobre as tendências de intensidade de energia.

Além disso, garantir uma operação e manutenção eficientes dos equipamentos ajudará a garantir um ótimo desempenho energético. Isso pode ser reforçado com a implementação de sistemas de gestão energética.

8.4 Setor Residencial

- As famílias representam 10% do consumo total final de energia e 25% do consumo de eletricidade no Brasil. A área média dos domicílios brasileiros permanece baixa em comparação com as principais economias do mundo, enquanto o número de pessoas por domicílio é mais similar ao da China, entre os níveis observados em muitas outras economias emergentes e avançadas.
- O uso de biomassa para cocção apresentou um crescimento desde 2015, devido à crise econômica, que levou as famílias a substituir o GLP pela biomassa tradicional menos cara, mas também menos eficiente. Hoje, a cocção é responsável por 54% do consumo residencial total das famílias.
- Devido aos níveis relativamente baixos de posse de máquinas de lavar e ar condicionados, é provável que estes apresentem uma evolução, bem como o consumo de eletricidade, principalmente com o aumento do PIB. A eficiência energética pode ajudar a garantir o acesso a serviços vitais (roupas limpas e de refrigeração) e mitigar o impacto no sistema elétrico, nas contas de luz e no meio ambiente.
- No Brasil e em outros países, a eficiência média dos aparelhos de ar condicionado comprados está bem abaixo do melhor modelo disponível. Isso indica que há um potencial significativo para mudar para modelos mais eficientes, aplicando as tecnologias disponíveis. Políticas e programas podem ajudar a superar barreiras, como o custo inicial mais alto e os longos períodos de retorno do investimento em modelos mais eficientes.
- Para medir melhor o desempenho da eficiência dos aparelhos de ar condicionado, muitos países estão adotando um índice sazonal de eficiência energética. Mudar para uma medida sazonal pode ajudar a comparar com mais precisão os aparelhos de ar condicionados com base no desempenho real durante a estação de resfriamento, fortalecendo a eficácia do MEPS (padrão mínimo de desempenho energético) em direcionar o mercado para os modelos mais eficientes em termos de energia.
- O Brasil tem anos de experiência com MEPS e etiquetas e tem a oportunidade de continuar a usá-las para melhorar ainda mais a eficiência residencial. Da mesma forma, os padrões e programas de etiquetagem existentes para edifícios podem ser fortalecidos. Entre outros benefícios, estas ações podem reduzir a demanda por resfriamento ativo nos edifícios, mitigando o aumento geral no consumo de energia dos aparelhos de ar condicionado.

Esta seção analisa o consumo de energia no setor residencial³¹. Explora quantidade de energia usada pelas famílias e de quais fontes, quais usos finais são responsáveis pelo maior consumo de energia, níveis de posse de eletrodomésticos e outros fatores que afetam o consumo de energia, como tamanho da família e área útil do domicílio.

O Brasil possui uma série de políticas de eficiência energética que abrangem o uso de energia em residências, incluindo padrões mínimos de desempenho energético, etiquetagem de eletrodomésticos e programas de incentivo. Esta análise fornece perspectivas sobre tendências e oportunidades para aumentar ainda mais a economia de energia, explorando a quantidade de energia utilizada pelas famílias, quais aparelhos são responsáveis pela maior parte do consumo e como a posse dos aparelhos evoluiu ao longo do tempo. Não incorpora a mais recente “Pesquisa de Posse e Hábitos” (PPH) de eletrodomésticos lançada recentemente pelo Procel. No entanto, essa pesquisa enriquecerá indubitavelmente a compreensão sobre a posse e uso dos eletrodomésticos em futuros estudos.

Os aparelhos de ar-condicionado recebem atenção especial, pois a posse deste equipamento deve aumentar nos próximos anos. A eficiência energética desempenhará um papel importante ao permitir o acesso ao resfriamento, mitigando o impacto do aumento do nível de posse do ar-condicionado no sistema elétrico e no meio ambiente.

A eficiência energética no setor residencial é importante devido ao seu impacto positivo no setor energético, bem como aos benefícios mais amplos que a eficiência energética proporciona. Isso inclui contas de energia domésticas mais baixas, ar mais limpo em ambientes internos e externos, acesso a serviços fundamentais como resfriamento em climas quentes e economia pública devido à redução de subsídios à energia.

8.4.1 Eficiência energética no setor residencial: o contexto global

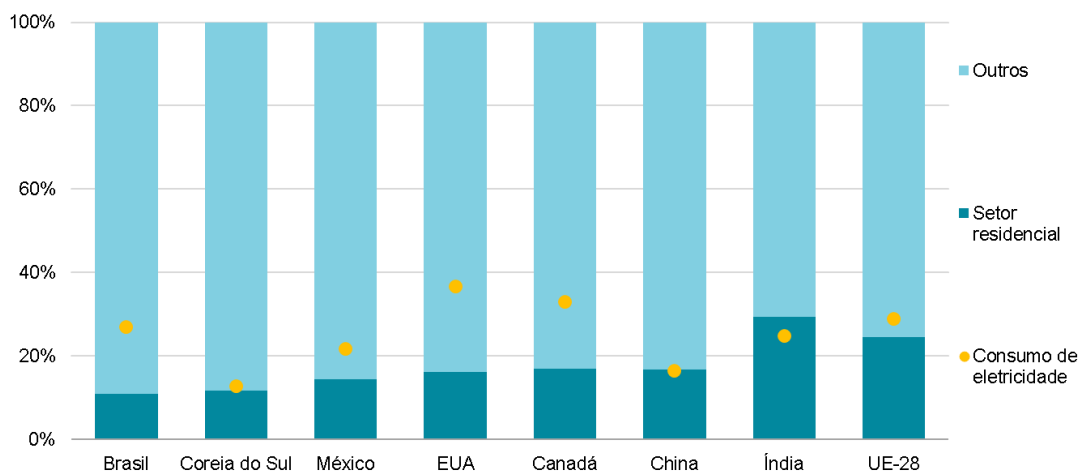
Globalmente, o consumo de energia tem aumentado em edifícios residenciais nos últimos anos. Alterações estruturais, como o aumento da posse, o uso de equipamentos e o aumento da área residencial per capita dentre as economias, foram tão ou mais significativas que ganhos de eficiência desde 2014.

O setor residencial no Brasil representou quase 10% do consumo final total de energia em 2017 e 25% do consumo de eletricidade, como ilustrado no Gráfico 70. Na maioria dos países, as famílias respondem por uma parcela maior do consumo de eletricidade

³¹ As famílias, neste caso, são definidas como “habitações ocupadas”, com cada moradia representando uma unidade habitacional.

do que do consumo total final de energia, devido ao papel dos aparelhos elétricos e da iluminação na prestação de serviços de energia doméstica.

Gráfico 70 – Consumo de energia residencial como parcela do consumo total final de energia, 2017



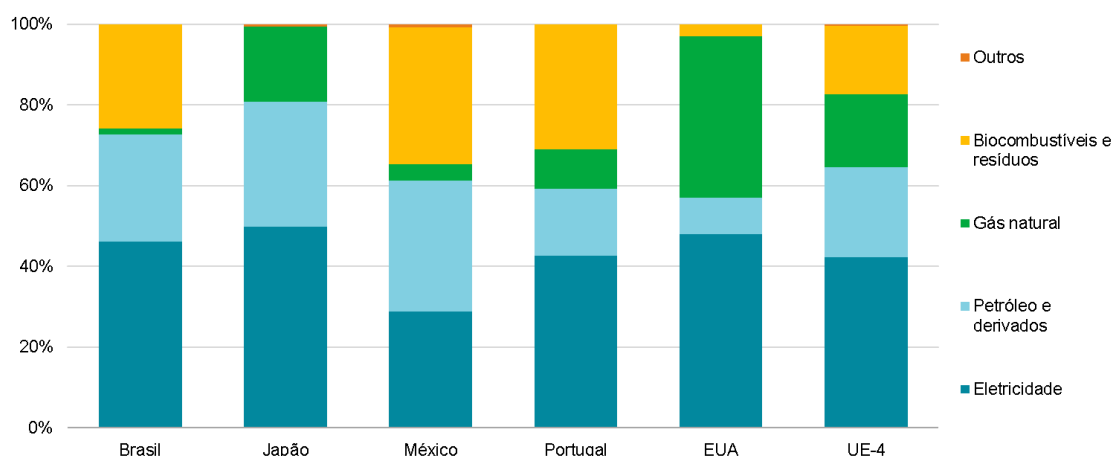
Fonte: IEA (2019b), *World Energy Balances*

Os combustíveis que fornecem energia às famílias diferem significativamente de um país para outro, dependendo dos recursos disponíveis e das tecnologias dominantes de cozimento, aquecimento e refrigeração.

No Brasil, os eletrodomésticos representam quase metade do consumo de energia nas residências, conforme ilustrado no Gráfico 71. Em 2017, a eletricidade representou 46% do consumo, enquanto os derivados de petróleo (principalmente GLP) e os biocombustíveis e resíduos (lenha) representaram cada um cerca de 26% do consumo doméstico de energia. O gás natural representou apenas 2%.

Embora a parcela do consumo de eletricidade seja comparável à de outros países, o consumo per capita de eletricidade ainda é baixo. Isso ocorre em parte devido aos baixos níveis de propriedade eletrodomésticos. O uso de lenha para cocção e aquecimento de espaço, com baixa eficiência de conversão, aumenta ainda mais a participação relativa da biomassa no consumo total final de energia das famílias. É uma dinâmica semelhante à de Portugal, onde a biomassa também é comumente usada para cocção e aquecimento.

Gráfico 71 – Consumo final energético do setor residencial por fonte, 2017



*UE-4 inclui França, Alemanha, Itália e Reino.

Fonte: IEA (2019e), *World Energy Statistics*

Embora o uso de biomassa tradicional para cocção no Brasil tenha declinado por várias décadas sob programas governamentais que visam substituí-la pelo GLP, esta fonte está de volta ao crescimento. Os fatores que impulsionam esse aumento são o aumento do custo do GLP, combinado com a desaceleração econômica em 2015, e a disponibilidade de lenha, que é frequentemente colhida nos quintais, sem custo.

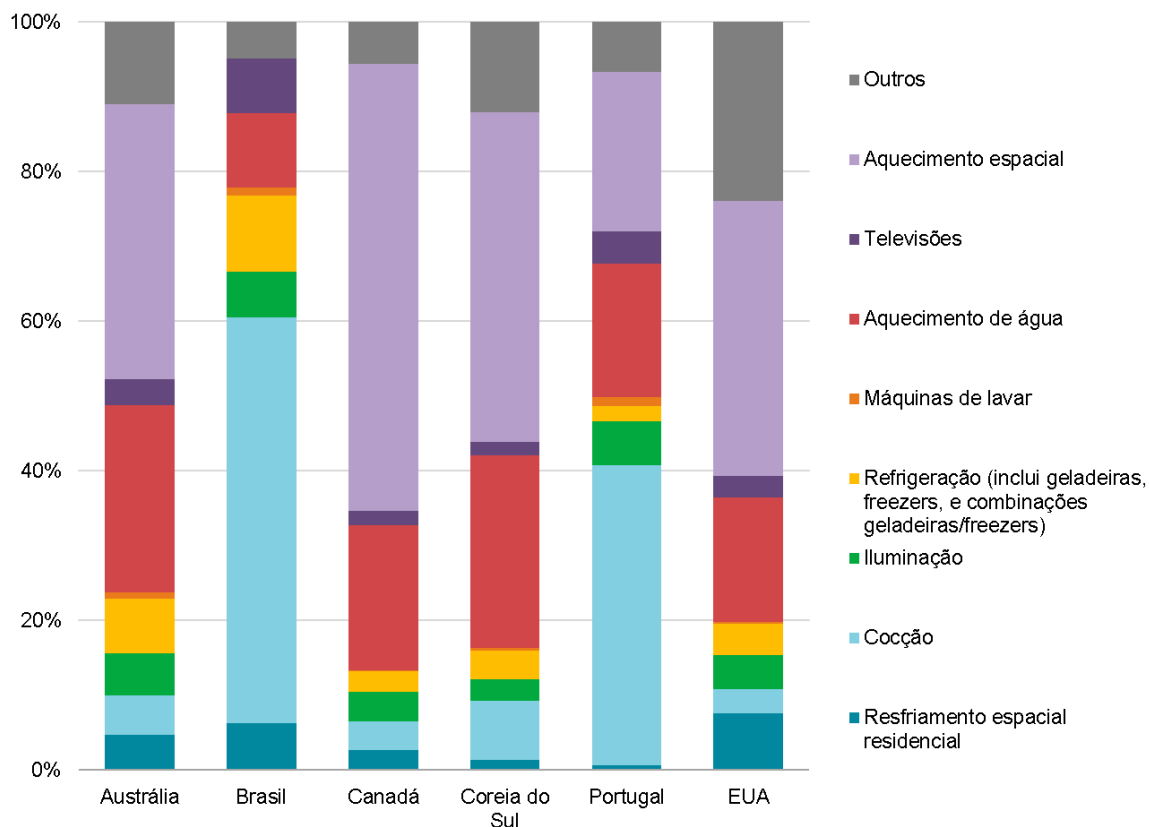
Como ilustra o Gráfico 72, a cocção no Brasil é responsável por 54% do consumo total final de energia nas residências. A refrigeração e o aquecimento da água foram responsáveis por 10% do consumo final total de energia, e o resfriamento espacial representou apenas 6% do consumo final.

O monitoramento contínuo do consumo de energia por equipamento é importante para acompanhar o progresso no avanço dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os dados fornecem informações sobre o acesso a serviços essenciais de energia, como refrigeração e cozimento limpo, desafios como poluição do ar em ambientes fechados e efeitos da propriedade e uso de aparelhos no sistema de energia. Por exemplo, à medida que a biomassa para cocção no Brasil aumenta, o mesmo ocorre com a poluição do ar em ambientes fechados. E embora a posse do ar-condicionado seja baixa, é esperado um aumento significativo na próxima década. Isso expandirá o acesso ao resfriamento, que é um serviço essencial, além de criar um desafio para mitigar as emissões de refrigerantes e aumentar a demanda no sistema elétrico, inclusive nos horários de pico.

Também é digno de nota a alta parcela de energia dedicada ao aquecimento da água. O Brasil continua a ter penetração significativa de chuveiros elétricos, apesar da

diminuição da posse nos últimos anos. Isso cria uma oportunidade para melhorar a eficiência energética, inclusive através da promoção de sistemas de aquecimento solar.

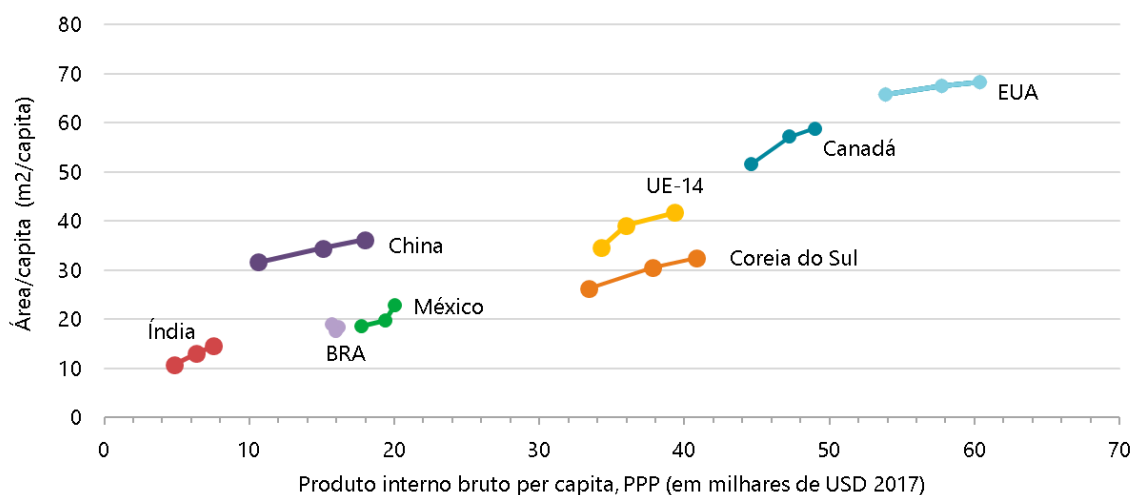
Gráfico 72 – Consumo final residencial por uso final



Fonte: IEA (2019e), *World Energy Statistics*

No Brasil, houve um pequeno aumento na área estimada por pessoa entre 2010 e 2018 (Gráfico 72). O aumento é menos pronunciado do que em outros países. Uma explicação provável é que, apesar do aumento do PIB de 2010 a 2015, uma desaceleração econômica reduziu o PIB de 2015 para 2018. Um aumento na área útil por pessoa está relacionado ao aumento do consumo de energia para alguns usos finais das famílias, como iluminação, aquecimento e resfriamento de espaços.

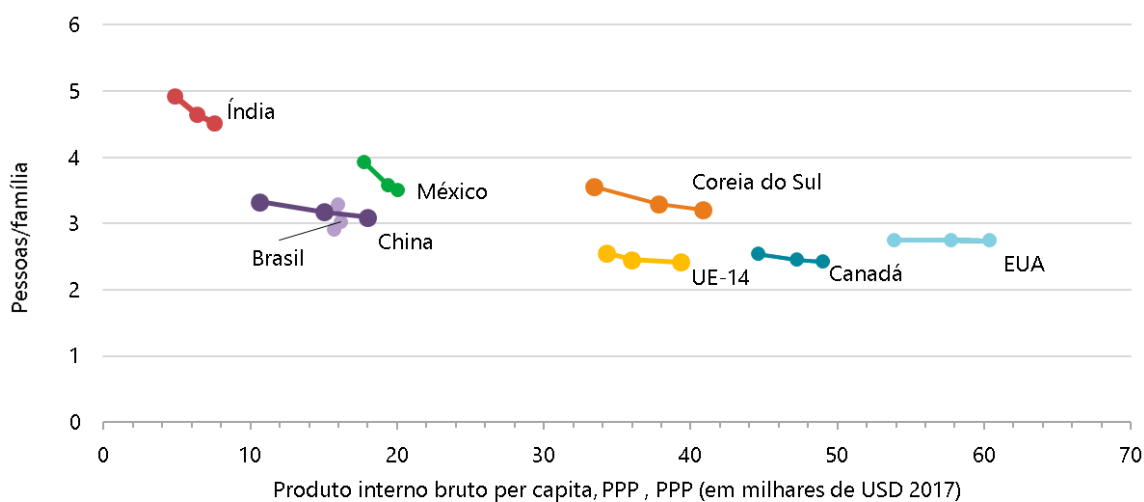
Gráfico 73 – Área/capita em 2010, 2015, 2018



Fonte: Adaptado de IEA (2019f), *Energy Efficiency Market Report 2019* e IEA (2019g) *Energy Technology Perspectives (modelo de edificações)*

Havia menos pessoas por família no Brasil - como em outros países - em 2018 em comparação a 2010, conforme ilustrado no Gráfico 74. O número de pessoas por família pode afetar o consumo de energia de diferentes maneiras. Menos pessoas por família pode levar a um consumo de energia reduzido por família de certos usos finais, como as atividades de lavar roupas, lavar louça, aquecer e consumir água quente.

Gráfico 74 – Pessoas por família, 2010, 2015, 2018



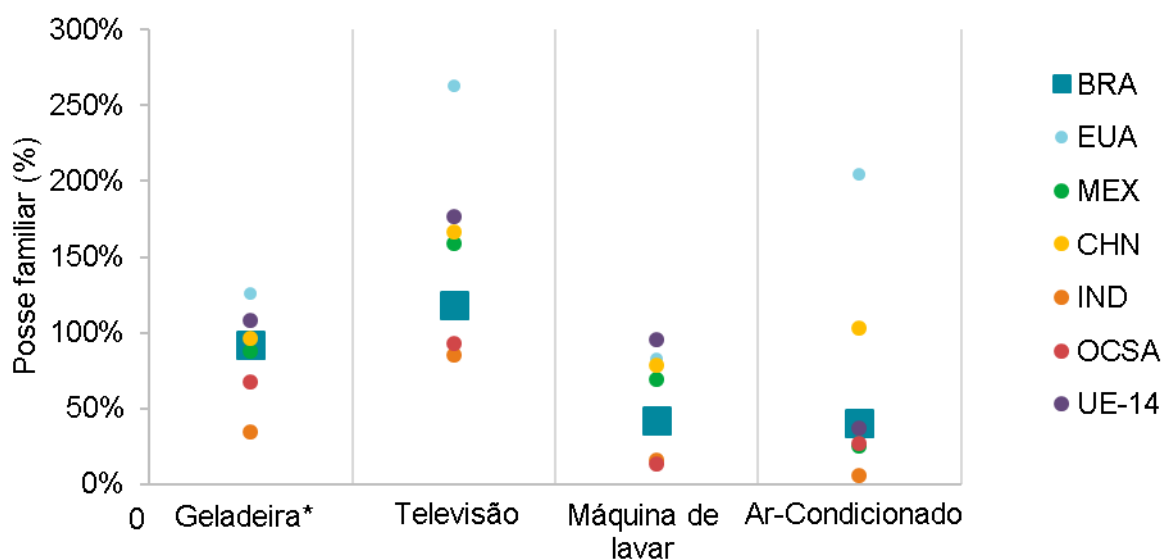
Fonte: Adaptado de IEA (2019f), *Energy Efficiency Market Report 2019* e IEA (2019g) *Energy Technology Perspectives (modelo de edificações)*

8.4.2 Consumo de energia dos principais eletrodomésticos

O Gráfico 75 apresenta os níveis de posse dos principais aparelhos que consomem energia no Brasil e em outras grandes economias emergentes e desenvolvidas. No Brasil, os níveis de propriedade de geladeiras e televisões são bastante altos - quase 100%. Ao mesmo tempo, relativamente poucas famílias possuem uma máquina de lavar ou ar-condicionado. À medida que o PIB e a renda das famílias crescem, pode-se esperar que os níveis de propriedade desses aparelhos aumentem, aumentando a importância da eficiência energética.

Os aparelhos de ar-condicionado representam um desafio particular no Brasil e nas principais economias emergentes. Embora os níveis de posse das famílias sejam relativamente baixos, em 40%, a experiência na China mostrou a rapidez com que a propriedade pode aumentar à medida que o PIB e a renda crescem. Isso pode ter um efeito profundo na demanda de eletricidade e, particularmente, no pico de demanda durante as estações quentes e os períodos mais quentes do dia.

Gráfico 75 – Percentual de posse de eletrodomésticos por família, 2017



Nota: Geladeira inclui geladeiras, bem como combinações de geladeira e freezer. Não inclui congeladores.*

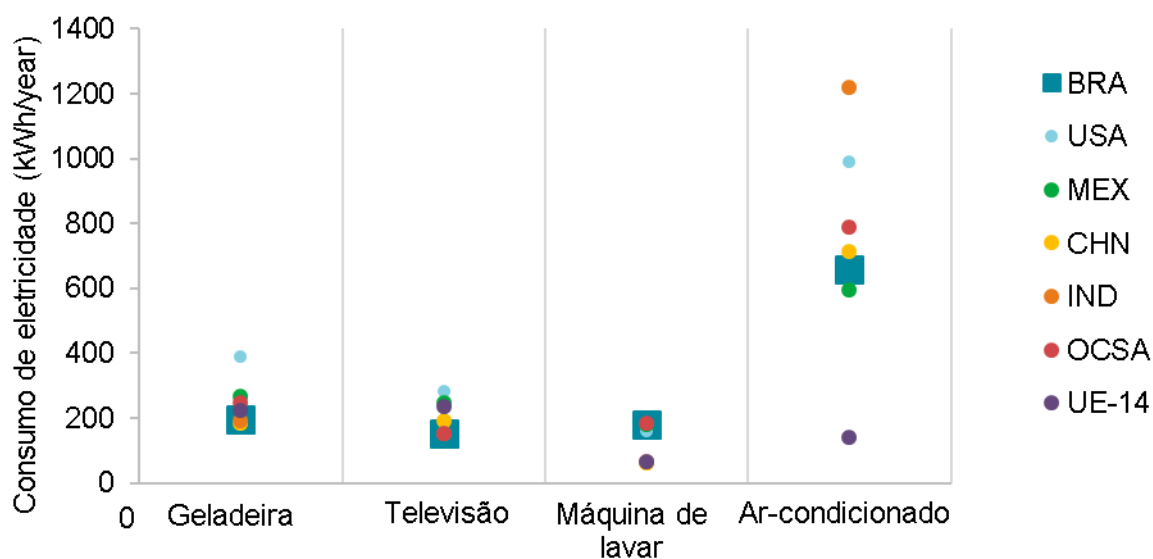
Fonte: Adaptado de IEA (2019g) Energy Technology Perspectives (modelo de edificações) e EPE

O consumo de energia unitária de aparelhos por ano é uma medida que pode ajudar a medir a eficiência média de novos aparelhos no mercado. No entanto, outros fatores, como frequência e duração de uso, design do aparelho e outros fatores

comportamentais, como o uso total ou parcial das máquinas de lavar (em termos de carga), também influenciam fortemente o consumo médio anual de energia por aparelho.

Como o Gráfico 76 ilustra, o consumo de energia no Brasil é baixo para o modelo médio de geladeira e televisão, enquanto o consumo de máquinas de lavar é alto. Para máquinas de lavar, o tamanho maior da família dos proprietários deste eletrodoméstico e a prevalência de máquinas com carga superior menos eficientes provavelmente desempenham um papel importante nesse maior consumo de energia. Ou seja, o maior consumo não é necessariamente tudo devido ao nível de eficiência subjacente das máquinas.

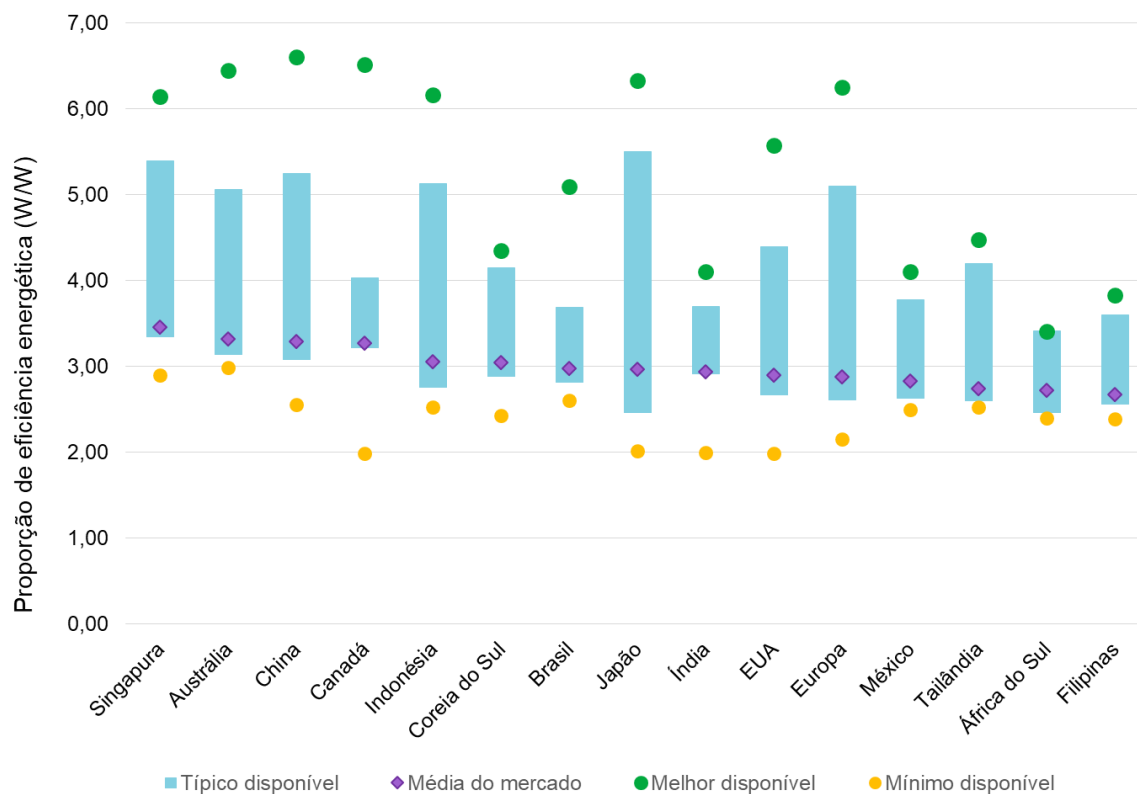
Gráfico 76 – Consumo de energia elétrica (kWh / ano) por equipamento, 2017



Fonte: Adaptado de IEA (2019g) Energy Technology Perspectives (modelo de edificações) e EPE

Espera-se que a posse de ar-condicionado no Brasil aumente substancialmente nos próximos anos. Isso terá um impacto significativo no sistema elétrico e nas emissões de gases com alto potencial de aquecimento global. A eficiência energética pode desempenhar um papel crítico na mitigação desses impactos. No entanto, atualmente o ar-condicionado médio no mercado, inclusive no Brasil, tem uma eficiência muito menor do que o modelo normalmente disponível. E mesmo o melhor modelo disponível tipicamente está bem abaixo da melhor tecnologia disponível no mercado global (Gráfico 77).

Gráfico 77 – Gama de eficiências disponíveis para aparelhos de ar-condicionado residenciais (EER: energy efficiency rating - classificação de eficiência energética)

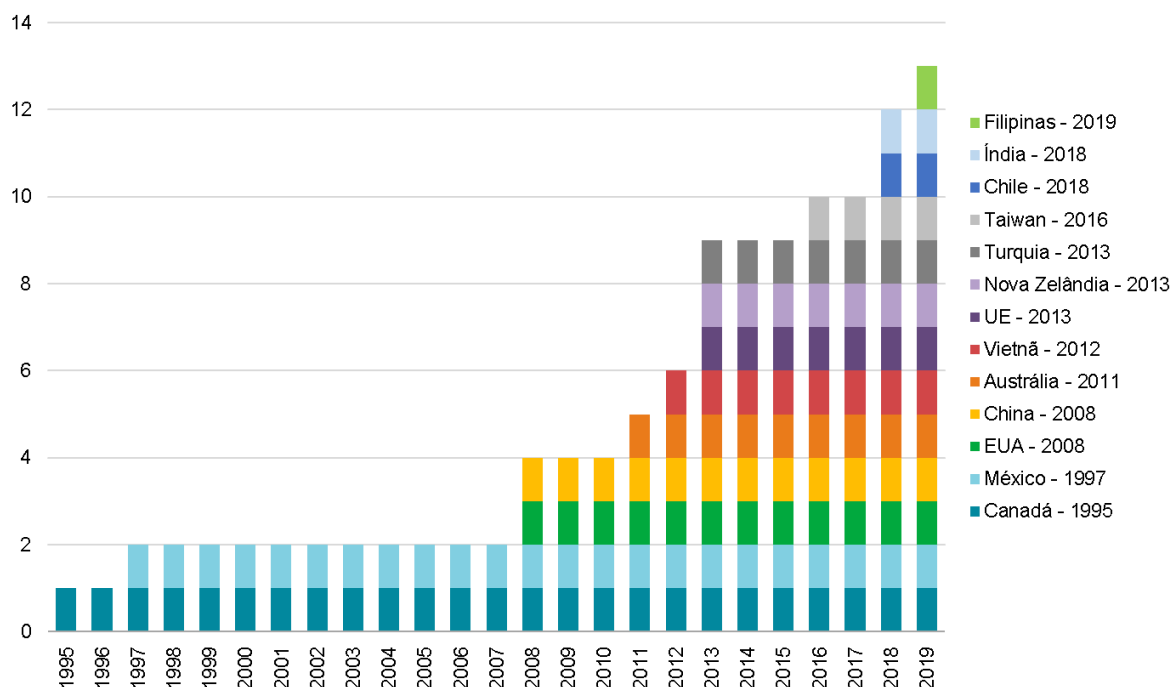


Fonte: IEA (2019h), Kigali Tracker

Políticas de eficiência energética tem um papel crítico a desempenhar na mudança do mercado para modelos mais eficientes e - do ponto de vista do custo do ciclo de vida - geralmente mais econômicos - de aparelhos de ar-condicionado. O Brasil possui padrões mínimos de desempenho energético, definidos em termos de EER (classificação de eficiência energética). Essa classificação compara o desempenho dos aparelhos de ar-condicionado com base em uma temperatura interna e externa fixa, destinada a simular as condições sob as quais o ar-condicionado está operando em plena capacidade. No entanto, vários outros países começaram a introduzir padrões mínimos de desempenho energético e etiquetagem de energia, enquadrados em termos de uma métrica sazonal, seja um SEER (*seasonal energy efficiency ratio* - índice de eficiência energética sazonal) ou CSPF (*cooling seasonal performance factor* - fator de desempenho sazonal de resfriamento). Uma métrica sazonal é responsável por variações sazonais e condições operacionais variáveis, que permitem uma medição mais representativa do consumo de energia do ar-condicionado. É importante ressaltar que isso permite que produtos mais eficientes, como aqueles que usam a tecnologia do

inversor, reflitam um nível mais alto de eficiência alcançado em condições operacionais reais.

Gráfico 78 – Países com MEPS – SEER ou CSPF



Fonte: IEA (2019a), *Policies Database*

Embora ainda seja difícil comparar métricas sazonais entre si devido a diferenças nas condições de teste, a mudança para uma métrica sazonal pode fortalecer significativamente a eficácia dos padrões mínimos de desempenho e etiquetagem. Isso ocorre porque uma métrica sazonal reflete com mais precisão o desempenho operacional dos aparelhos de ar-condicionado em condições externas variáveis e funcionando parcialmente. Isso permite que o consumidor entenda quanta eletricidade um ar-condicionado pode consumir ao longo do ano. Por outro lado, uma classificação de eficiência energética (EER) fornecerá ao consumidor apenas informações sobre quanta eletricidade seria consumida em sua capacidade total.

8.5 Transportes

Resumo

- Em todos os modais, o Brasil é consistente com outros países em termos de intensidade energética, ou seja, o ferroviário é o modo menos intensivo e o de aviação e o rodoviário os mais intensivos.
- O setor de transportes do Brasil é único em sua alta participação no consumo de etanol. Possui mais da metade da frota global de veículos flex. Isso deve continuar com a parcela destes aumentando para 94% das vendas de carros novos em 2017.
- O Brasil está aumentando sua participação nas vendas de carros novos, em linha com outras economias emergentes. Em 2017, foram 2,6% das vendas mundiais de carros novos, com a Índia em 4,2% e a China em 30,7% (IEA, 2019i). O Brasil é o maior mercado de veículos da América do Sul.
- A economia de combustível dos veículos leves (LDV – light duty vehicles) no Brasil está melhorando com o tempo e se beneficia do uso de veículos menores. Em comparação com economias desenvolvidas, o consumo de combustível para tipos similares de veículos (em tamanho e potência) é maior do que no Brasil. Esse é um padrão observado em outras economias emergentes.
- Compreender o impacto das tecnologias avançadas e o papel dos padrões de economia de combustível pode ser essencial para desbloquear outras oportunidades de eficiência energética.
- As futuras necessidades de demanda de energia de transporte do Brasil podem aumentar em mais de um terço até 2040, de acordo com as políticas atuais (IEA, 2018c). A eficiência energética pode ajudar a reduzir essa demanda. Isso facilitaria outros benefícios em termos de: dependência reduzida de importações de combustíveis, aumento de oportunidades para exportação de combustíveis e redução nas emissões de transporte.

Esta seção fornece perspectivas sobre a eficiência energética do setor de transportes no Brasil em um contexto global. Ela se concentra principalmente no consumo de combustível dos novos veículos leves (LDVs)³², medidos em litros de gasolina

³² Informações sobre a classificação dos veículos são fornecidas adiante.

equivalente a (LGE) por km percorrido. Também considera a relevância das diferenças estruturais no mercado de LDV e, em particular, a alta participação de veículos flex-fuel³³ no Brasil. Por fim, fornece perspectivas sobre as opções para melhorar a eficiência do uso de combustíveis no Brasil, levando em consideração a alta participação de veículos *flex fuel* no mercado e o perfil de baixo carbono na geração de eletricidade.

É importante em qualquer discussão sobre eficiência energética nos transportes ter em mente a complexidade e o escopo do setor. Embora esta seção se concentre no consumo de combustível e na comparação de projetos e tecnologias de veículos, há considerações muito mais amplas que devem ser levadas em consideração para o desenvolvimento de políticas abrangentes de transporte orientadas para a eficiência. Exemplos incluem planejamento de infraestrutura (como projeto de estradas, gerenciamento de tráfego, calçadas e ciclovias), bem como redes de transporte público.

Uma abordagem comum para abordar a eficiência energética no transporte da perspectiva de sistemas é enquadrar a discussão em torno de uma ampla hierarquia conceitual: evitar, mudar, melhorar. Ou seja, existem medidas de planejamento urbano que podem reduzir distâncias e evitar viagens desnecessárias, a partir de uma otimização de tarefas/viagem. Investir no transporte público e aumentar os custos monetários ou de tempo das viagens particulares de carro pode levar a uma mudança para modos de transporte menos intensivos. Em um contexto urbano, isso normalmente significa deslocamentos a pé, de bicicleta e transporte público de massa. Finalmente, para o transporte individual, no qual nenhuma das abordagens acima é viável (como em viagens de locais distantes ou em viagens intercontinentais), combustíveis e tecnologias mais avançados podem ser introduzidos para melhorar a eficiência em cada modo.

Embora esta seção se concentre na parte "melhorar" da fórmula, é essencial combinar as conclusões resumidas aqui com uma discussão mais ampla que inclua a consideração das estratégias de "evitar" e "mudar".

8.5.1 Estrutura do setor de transporte do Brasil no contexto global

Globalmente, o transporte representou 29% do consumo final total de energia em 2017. O transporte rodoviário foi responsável por 74% de toda a demanda de transporte. As vendas mundiais de novos veículos leves totalizaram quase 97 milhões em 2017, incluindo 26 milhões de veículos comerciais e 71 milhões de automóveis de

³³ Os veículos *flex fuel* são adaptados para o uso de altos níveis etanol conjuntamente com a gasolina C ou o uso exclusivo do etanol hidratado.

passageiros. As vendas de automóveis de passageiros vêm crescendo na última década. Houve 4 milhões de vendas a mais em 2017 que em 2015 e 25 milhões a mais que em 2005.

Entre 2015 e 2018, a eficiência energética não conseguiu compensar o crescimento da demanda no setor de transporte de passageiros. A mudança para modais mais intensivos, a preferência do consumidor por carros maiores e a menor ocupação dos veículos contribuíram para um maior consumo de energia (IEA, 2019f). O crescente fervor global por veículos utilitários esportivos (SUVs), por exemplo, significou que estes foram o segundo maior contribuinte para o aumento das emissões globais de CO₂ desde 2010, após o setor energético³⁴.

Classificação dos veículos

Os veículos leves (LDVs) e os pesados (HDVs) são classificados com base em uma combinação de tamanho e peso do veículo. Os LDVs, veículos leves, incluem os seguintes veículos abaixo de 3,5 toneladas GVW (peso bruto do veículo):

- Duas rodas
- Três e quatro rodas (passageiros e carga)
- Automóveis de passageiros
- Caminhões leves de passageiros
- Micro-ônibus
- Veículos comerciais leves (LCVs)

Os HDVs incluem os seguintes veículos que ultrapassam 3,5 toneladas de GVW:

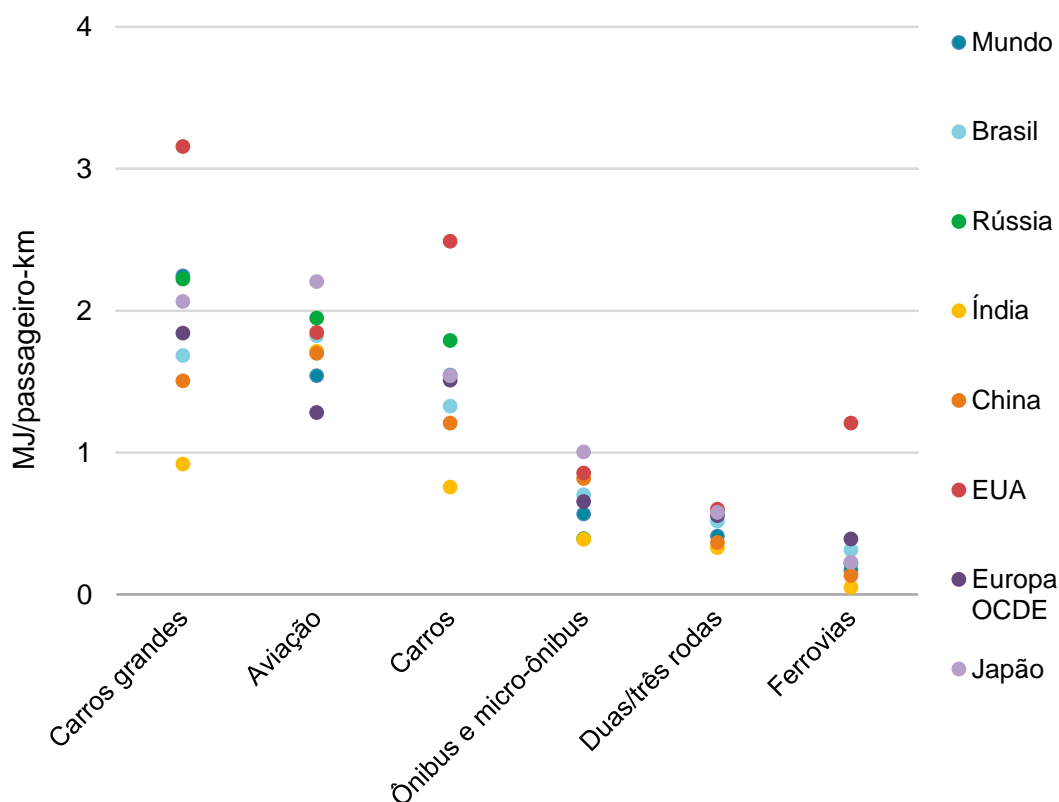
- Ônibus
- Ônibus de trânsito rápido (BRT)
- Caminhões médios (MFTs), entre 3,5 e 15 toneladas de GVW
- Caminhões pesados (HFTs), mais de 15 toneladas de GVW

No Brasil, assim como em outros países, há uma diferença significativa entre a eficiência da prestação de serviços de passageiros e mercadorias, dependendo do modo de transporte. Em média, veículos grandes tendem a ser os menos eficientes, seguidos pela aviação e carros menores (embora exista um alto grau de sobreposição entre esses modos, dependendo das tecnologias do veículo, taxas de ocupação e outras características da viagem). Duas e três rodas (motos e triciclos) são mais eficientes que

³⁴ IEA Commentary, Growing preference for SUVs challenges emissions reductions in passenger car Market. 1 October 2019. <https://www.iea.org/commentaries/growing-preference-for-suvs-challenges-emissions-reductions-in-passenger-car-market>.

os carros. O transporte público, incluindo ônibus, micro-ônibus e trens, pode ter um desempenho muito melhor do que qualquer um dos modos motorizados particulares (e viagens aéreas), desde que sejam bem utilizados. O modo ferroviário é geralmente o mais eficiente meio de transporte motorizado de passageiros a motor e ocupa o segundo lugar, atrás do marítimo, em termos de menor consumo de energia por tonelada-quilômetro de transporte na maioria das regiões do mundo.

Gráfico 79 – Intensidade energética do transporte de passageiros por modal



Fonte: IEA (2019j), *Mobility Model*

À medida que sua participação em veículos novos cresce, as economias emergentes estão cada vez mais impulsionando mudanças no consumo médio global de combustível para transporte rodoviário. Em 2005, as economias emergentes representaram 20% do mercado global de automóveis; hoje, eles respondem por quase 50%, em grande parte impulsionados pelo crescimento na China e na Índia.

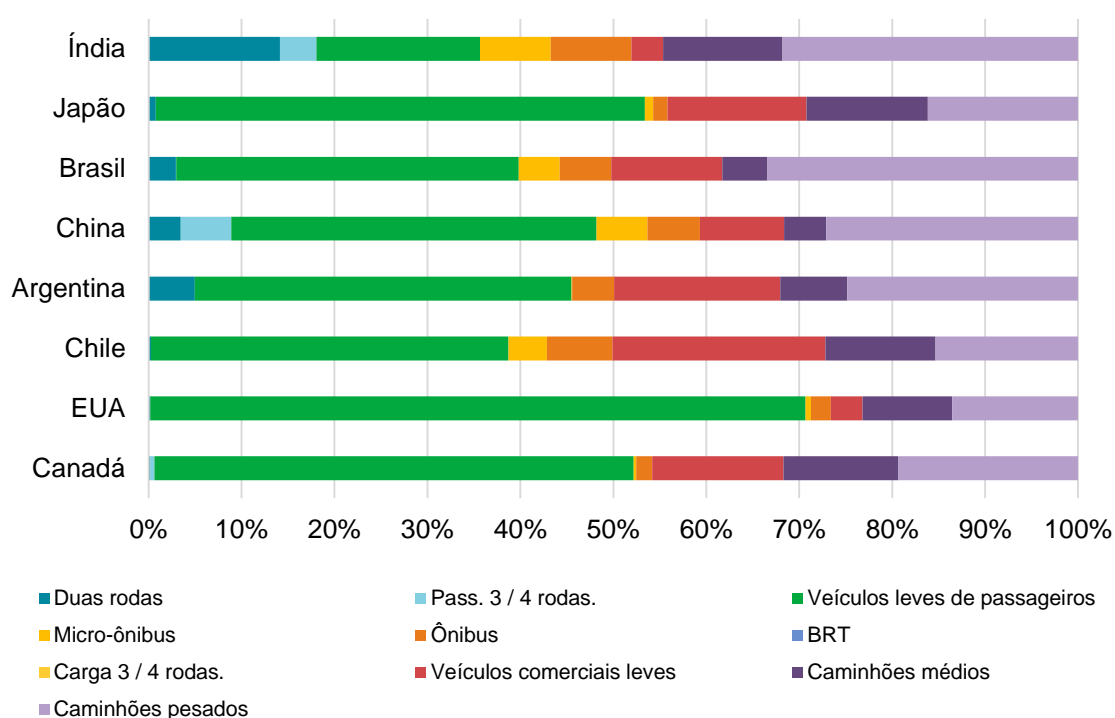
Cerca de 2,2 milhões de veículos leves (LDVs) foram vendidos no Brasil em 2017, representando 2,6% das vendas globais (IHS Markit, 2018)³⁵. As vendas de veículos

³⁵ Elaboração e aprimoramento da AIE para uma cobertura mais ampla do banco de dados IHS Markit.

caíram acentuadamente desde 2014 devido a dificuldades econômicas. Em 2012, as vendas de LDV foram de 3,6 milhões, quase dois terços acima de 2017. No entanto, em 2017, as vendas se recuperaram um pouco, aumentando 9,5% em relação a 2016. O Brasil continua sendo o maior mercado de veículos da América do Sul. Em 2017, sua frota de LDV era de 36,6 milhões, equivalente a 0,18 LDVs per capita, semelhante a outros países da América do Sul (IEA, 2018d)³⁶.

No Brasil, os LDVs representaram 54% do consumo de combustível no transporte rodoviário em 2017, enquanto os HDVs representaram 46% do consumo de combustível.

Gráfico 80 – Consumo final por modal, transporte rodoviário - 2017



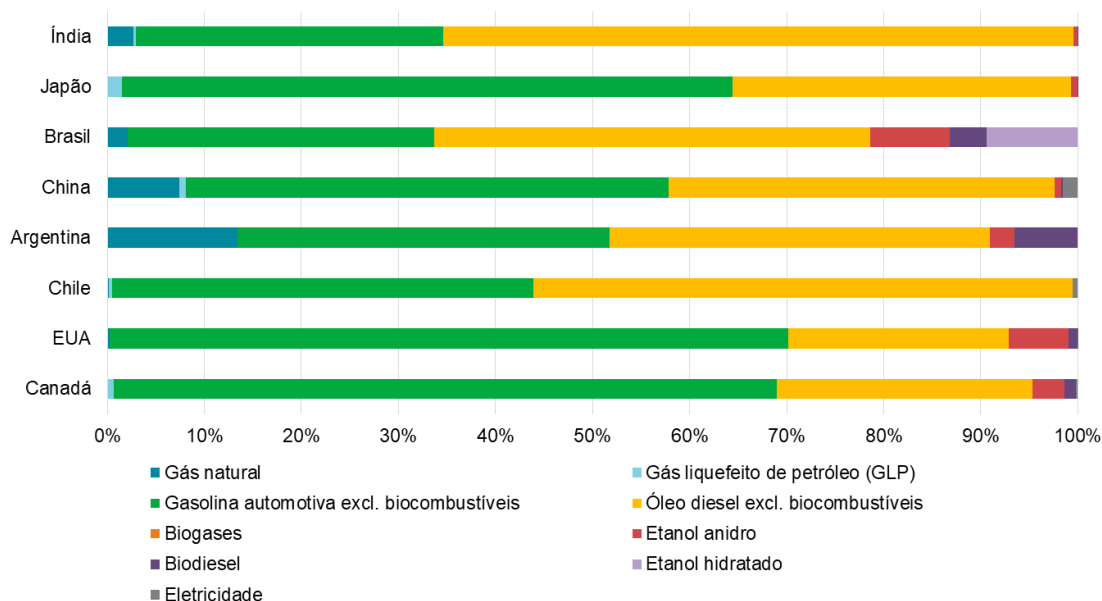
Fonte: IEA (2019k), *Global Electric Vehicle Outlook*

A gasolina e o diesel continuam dominando o *mix* de combustíveis para o transporte rodoviário em todo o mundo. No Brasil, a gasolina representou 32% do consumo de combustível, enquanto o diesel representou 45% do consumo.

O Brasil tem a maior participação no consumo de etanol do mundo no transporte rodoviário. Em 2017, a participação foi de 18%, quando considerados o anidro e o hidratado conjuntamente.

³⁶ Os dados usados neste capítulo diferem dos utilizados no corpo principal do relatório. Refere-se aos dados utilizados pela AIE. Em comparação, o corpo principal do relatório utiliza dados da ANFAVEA, IBGE e EPE.

Gráfico 81 – Consumo final por combustível, transporte rodoviário - 2017



Fonte: IEA (2019b), *World Energy Balances*

Veículos leves

Nesta seção, veículos leves (LDVs) são definidos como tendo um peso bruto inferior a 3,5 toneladas. Eles são divididos em seis segmentos de mercado. Embora não exista uma definição padrão aceita de categorias de mercado, a tabela a seguir ilustra os limites de cada categoria:

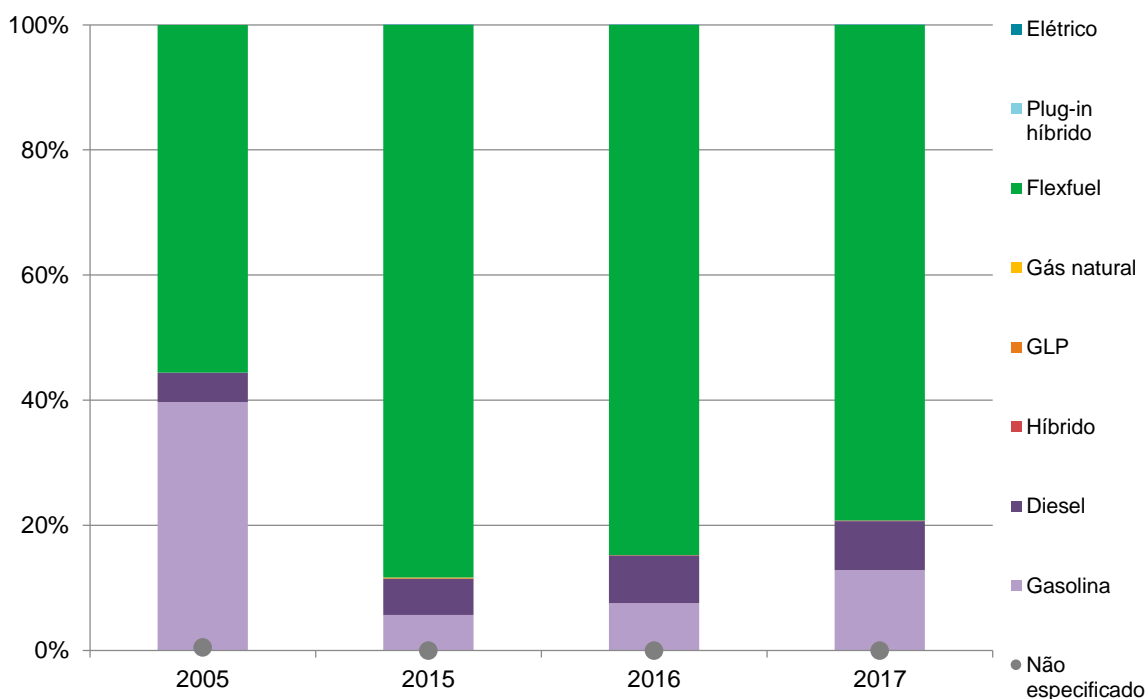
Segmentos de mercado	Exemplos selecionados de modelos de veículos
<i>Automóvel de cidade</i>	Volkswagen Polo, Renault Clio, Chevrolet Onix, Kia Rio
<i>Automóvel médio</i>	Volkswagen Golf, Honda Civic, Toyota Corolla, Volkswagen Lávda
<i>Van/veículo comercial leve</i>	Ford Transit, Renault Master, Fiat Doblo, Tata Ace, Isuzu Elf
<i>SUV/pick-up pequenas</i>	Toyota RAV4, Honda CR-V, Great Wall Haval H6, Nissan Rogue
<i>Automóvel grande</i>	Toyota Camry, Honda Accord, Audi A4, Hyundai Elantra
<i>SUV/pick-up grandes</i>	Ford F-150, Toyota Hilux, BMW X5, Isuzu D-Max, Audi Q7

Fonte: IEA (2018d), *Fuel Economy in Major Car Markets 2005-2017*

O Brasil é único na grande participação de veículos flex fuel na frota, que podem rodar com diferentes misturas de gasolina C (atualmente, com 27% em volume de etanol anidro) e etanol hidratado. Entre 2005 e 2017, a participação de novas vendas de veículos flex fuel subiram de 52% para 94% do total. Nenhum país chega perto desse nível de vendas de veículos deste tipo. No total, existem mais de 28 milhões de veículos flex no Brasil (EPE, 2018), quantidade superior aos cerca de 21 milhões nos Estados Unidos (DOE, 2019). Embora não seja uma medida de eficiência, a alta proporção de etanol tem um efeito positivo na redução de gases de efeito estufa e outras emissões nocivas da combustão de combustíveis em comparação à gasolina e ao diesel.³⁷

Além disso, a produção de etanol é de importância estratégica para o Brasil como componente central da produção de sua indústria sucroalcooleira, uma das maiores do mundo. A capacidade de suas unidades produtoras de variar a produção entre açúcar e etanol (dentro dos limites técnicos) com base na rentabilidade relativa de cada produto é essencial para a saúde financeira do setor.

Gráfico 82 – Vendas por tipo de motopropulsor, Brasil



Fonte: IHS Markit, 2018 - elaboração e aprimoramento da AIE para uma cobertura mais ampla do banco de dados IHS Markit

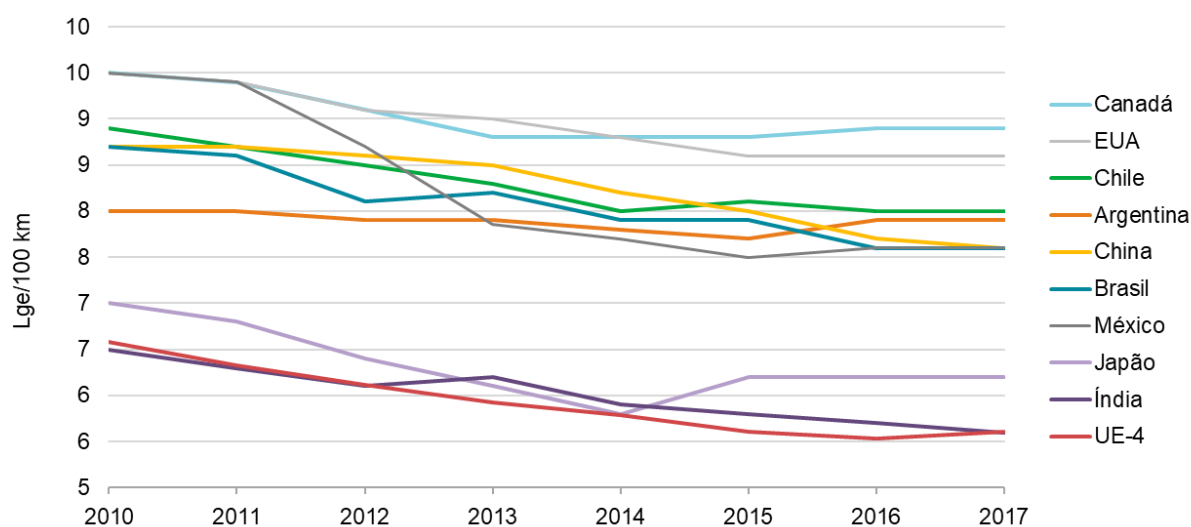
³⁷ A chave para garantir a sustentabilidade dos biocombustíveis é prover estruturas de governança adequadas para assegurar que os biocombustíveis sejam de fonte sustentável.

Espera-se que vários países aumentem substancialmente os níveis de produção e consumo de etanol nos próximos anos - principalmente China e Índia. Como no Brasil, os fatores determinantes para esse aumento incluem política agrícola, segurança energética e redução de emissões de CO₂ e outros poluentes nocivos (materiais particulados). A China estabeleceu a meta de alcançar o uso de 10% de etanol (E10) em transporte em todo o país³⁸, enquanto a Índia estabelece em sua política de biocombustíveis a meta de atingir o uso de 20% na mistura (E20) até 2030.

8.5.2 Consumo de combustível da frota de veículos

A economia média de combustível dos LDV no Brasil de 7,6 LGE / 100 km é um pouco maior que a média global de 7,3 e a média entre as economias emergentes (7,4), como demonstrado no Gráfico 34. É a mesma que a da China e a do México.

Gráfico 83 – Consumo médio de combustível média dos veículos leves



Fonte: IEA (2019i), Global Fuel Economy Initiative

Vários fatores afetam a escolha pelos veículos e o consumo médio de combustível:

Os **preços dos combustíveis** influenciam claramente a estrutura da frota de veículos. Economias avançadas com preços de combustível abaixo de USD 1 / L têm um consumo médio de combustível média substancialmente mais baixo devido à preferência por veículos maiores e mais potentes. Canadá e Estados Unidos se

³⁸ Implementação do plano de Expansão da Produção e Promoção de Etanol para Combustível de Transporte.

enquadram nessa categoria. Economias avançadas com preços de combustível acima de USD 1 / L tendem a ter maior consumo médio de combustível. Europa e Japão se enquadram nessa categoria. As economias emergentes tendem a ter um consumo médio de combustível entre 6,5 e 8,5 LGE / 100 km, com a Índia como uma exceção, devido à sua alta participação de veículos pequenos e leves. O Brasil tem preços de gasolina e consumo médio de combustível semelhantes ao de vários outros países: China, México, Argentina, África do Sul, Peru, Chile e Austrália (IEA, 2019i). Por exemplo, os custos por litro de gasolina foram de 96 centavos de dólar para a China, 102 centavos de dólar para o Brasil e 110 centavos de dólar para a Argentina em novembro de 2016. Globalmente, os custos variaram de 0,8 centavos de dólar na Venezuela a 200 centavos de dólar na Eritreia (GIZ, 2016).

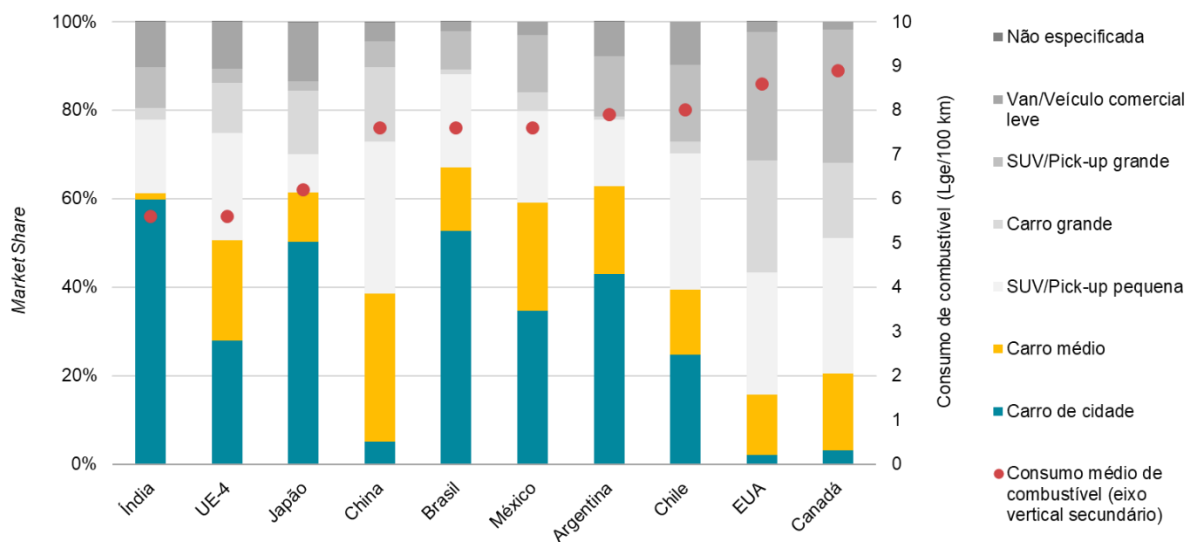
Design, tamanho, peso e potência do motor combinam-se para determinar a consumo médio de combustível de um veículo. O fato de a frota de LDVs em um país ser composta de veículos maiores, mais pesados e mais potentes, ou veículos menores, mais leves e menos potentes, acarretará em um impacto direto no consumo médio de combustível. No entanto, é importante considerar esses fatores separadamente. Os carros esportivos, por exemplo, terão um tamanho menor, mas terão um motor mais potente, reduzindo seu consumo de combustível em comparação com um carro de tamanho semelhante com um motor menor.

Motorização (Powertrain) e o combustível também têm uma forte influência no consumo médio de combustível. Todo o restante, os motores a gasolina têm o menor consumo médio de combustível, seguido pelos veículos a diesel, híbrido elétrico (HEV), plug-in híbrido elétrico (PHEV) e bateria elétrica (BEV).

8.5.2.1 Projeto, tamanho e potência do motor

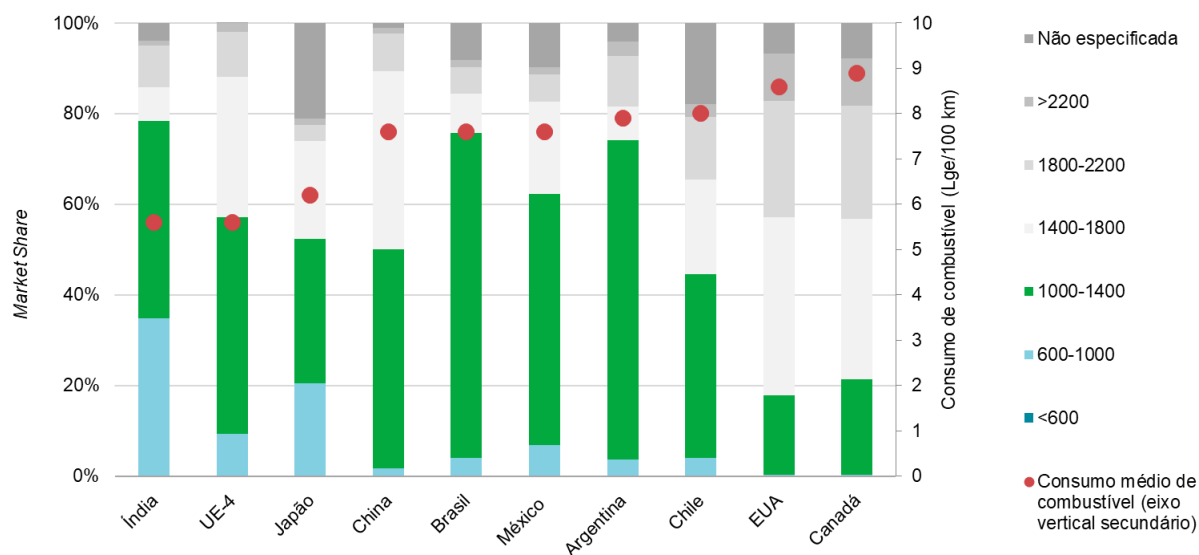
A maior parte da frota de LDV do Brasil consiste em veículos relativamente pequenos e leves. Isso tem uma influência positiva consumo médio de combustível em toda a frota. Como ilustrado abaixo, isso se traduz em uma frota de veículos composta por modelos pequenos, de baixo peso, tamanho reduzido de veículo e tamanho de motor pequeno.

Gráfico 84 – Participação de mercado por tipo de veículo e consumo de combustível



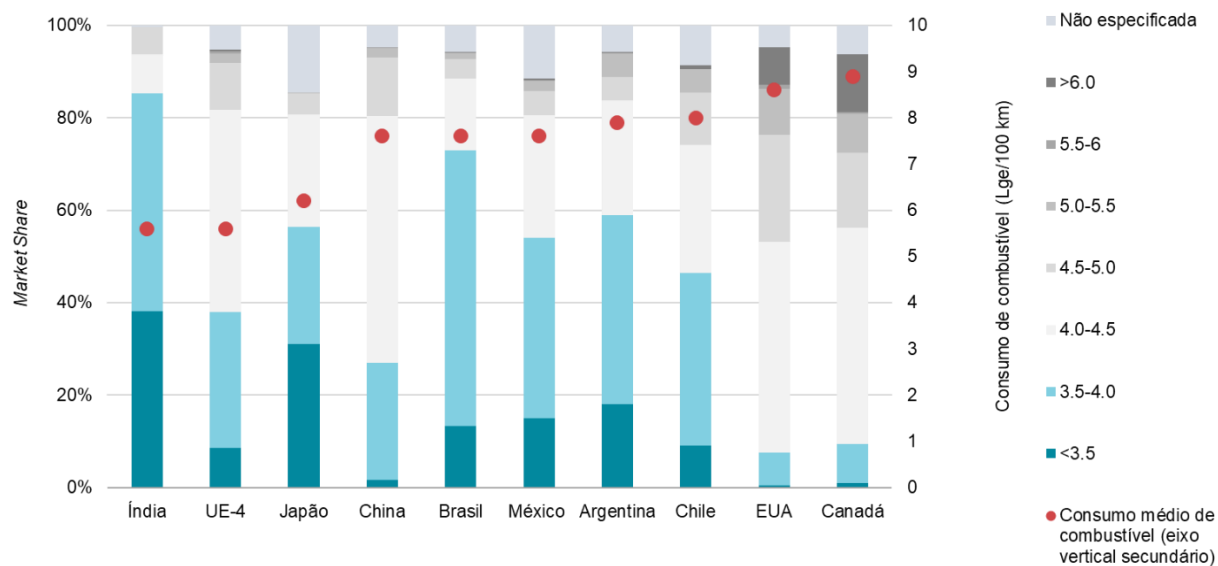
Fonte: IEA (2019i), Global Fuel Economy Initiative

Gráfico 85 – Vendas por peso do veículo não ocupado (vazio) e economia de combustível



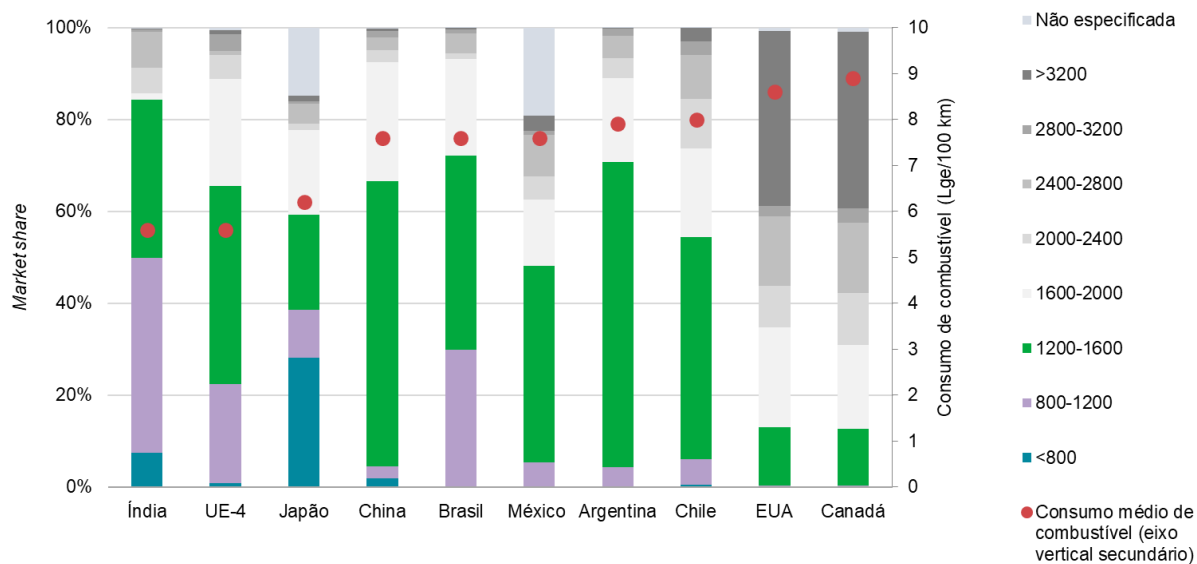
Fonte: IEA (2019i), Global Fuel Economy Initiative

Gráfico 86 – Consumo médio de combustível por área do veículo (m²)



Fonte: IEA (2019i), Global Fuel Economy Initiative

Gráfico 87 – Capacidade volumétrica do motor (cm³) e consumo médio de combustível



Fonte: IEA (2019i), Global Fuel Economy Initiative

Incentivos à eficiência de combustível no Brasil

O Brasil se baseou principalmente em incentivos fiscais para impulsionar melhorias na eficiência energética no setor automotivo. Duas políticas estimularam melhorias na eficiência energética, sob um objetivo mais amplo de inovação tecnológica e melhoria da competitividade industrial: o programa Inovar-Auto e, após sua aposentadoria, o programa Rota 2030.

O governo brasileiro lançou o programa "Inovar-Auto" em 2012. No âmbito do programa, fabricantes e importadores que atingiram as metas mínimas de eficiência de combustível se beneficiaram de uma redução de impostos de até 30%. Isso efetivamente compensou a taxa de imposto de 30% estabelecida antes da introdução da meta de eficiência de combustível (TransportPolicy, 2016 em IEA, 2017a). O programa Inovar-Auto terminou em 2017.

O programa Rota 2030 foi lançado em janeiro de 2018 (Lei nº 13.755) e segue uma linha estratégica semelhante à "Inovar-Auto". No entanto, o foco principal é incentivar projetos de pesquisa e desenvolvimento em toda a cadeia de valor, que se estende para além dos fabricantes de automóveis e importadores para incluir fabricantes de autopeças e sistemas estratégicos de produção de veículos.

O Rota 2030 apresenta metas mínimas de eficiência energética, juntamente com a etiquetagem obrigatória de veículos e alguns requisitos de segurança e tecnologia de equipamentos. Para eficiência energética, o programa inclui uma meta de redução de 11% no consumo de combustíveis para veículos comerciais leves em relação aos níveis de 2017.

O programa ainda introduz sanções financeiras por não conformidade. Por outro lado, as empresas que excederem os requisitos de eficiência em uma certa margem e que implementarem uma lista completa de equipamentos e tecnologias de segurança podem se qualificar para incentivos fiscais. A etiquetagem obrigatória de veículos sob a Rota 2030 substituiu o programa de rotulagem voluntária para consumo médio de combustível introduzido em 2007 (ICCT, 2014).

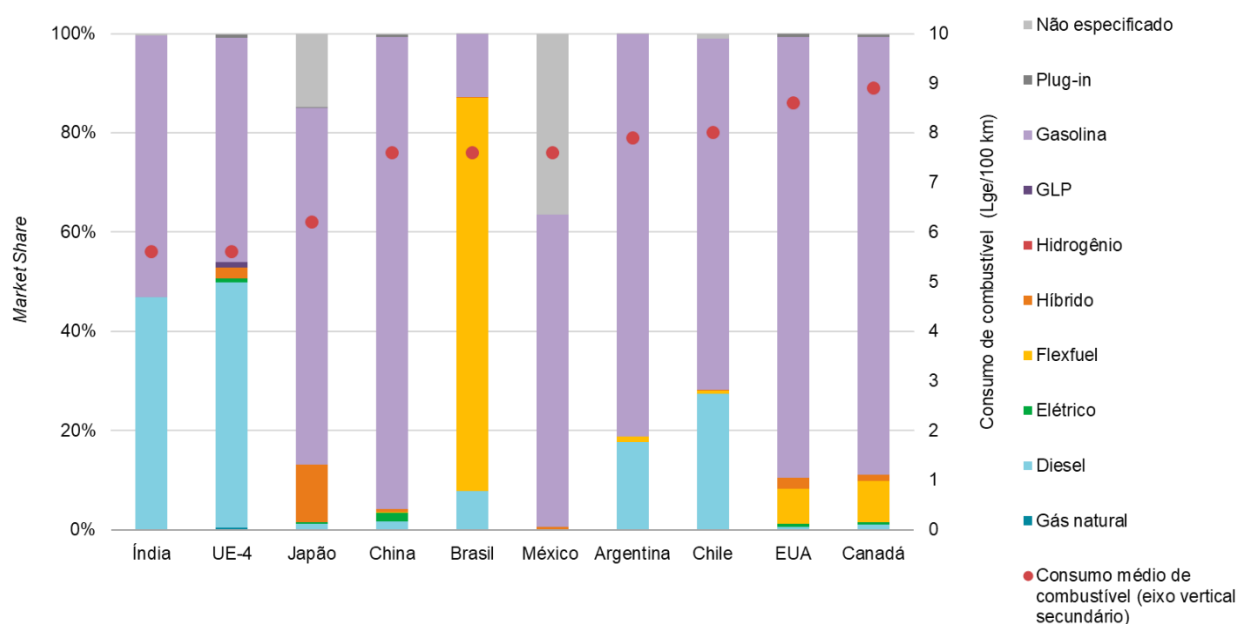
Também é importante notar que a mais recente política brasileira de biocombustíveis, a RenovaBio, enquanto focada na promoção da indústria nacional de biocombustíveis, exige melhorias na eficiência energética do ciclo de vida dos biocombustíveis. O programa também estabelecerá créditos de "descarbonização" (Créditos de Descarbonização) para rastrear o cumprimento das reduções de emissão de carbono, bem como certificados que refletem a eficiência energética e a intensidade de carbono dos biocombustíveis.

8.5.2.2 Motorização (Powertrain) e combustível

As tecnologias de motorização e combustíveis associados têm uma forte influência no consumo médio de combustível dos LDVs. Na maioria dos países, os motores a combustão interna à gasolina são preponderantes (Gráfico 88). O diesel desempenha um papel de destaque na Europa, Índia e, em menor grau, Chile, Argentina e Brasil. A maioria dos mercados possui participação limitada de veículos híbridos, elétricos e a GLP, com apenas uma participação nominal (menos de 1%) de veículos elétricos.

O Brasil tem maior participação de mercado de motores flex fuel que qualquer país do mundo, representando 94% das novas vendas de veículos em 2017. Em comparação, cerca de 10% das vendas de LDV em 2017 foram de *flex fuel* nos Estados Unidos e Canadá. Os únicos outros países com participação de mercado acima de 1% foram Chile e Argentina. Globalmente, os veículos com motores flex fuel representaram cerca de 4% das vendas de LDV em 2017 (IEA, 2019i).

Gráfico 88 – Participação de mercado de novos veículos leves por tecnologia de motor e consumo de combustível³⁹



Fonte: IEA (2019j), *Mobility Model*

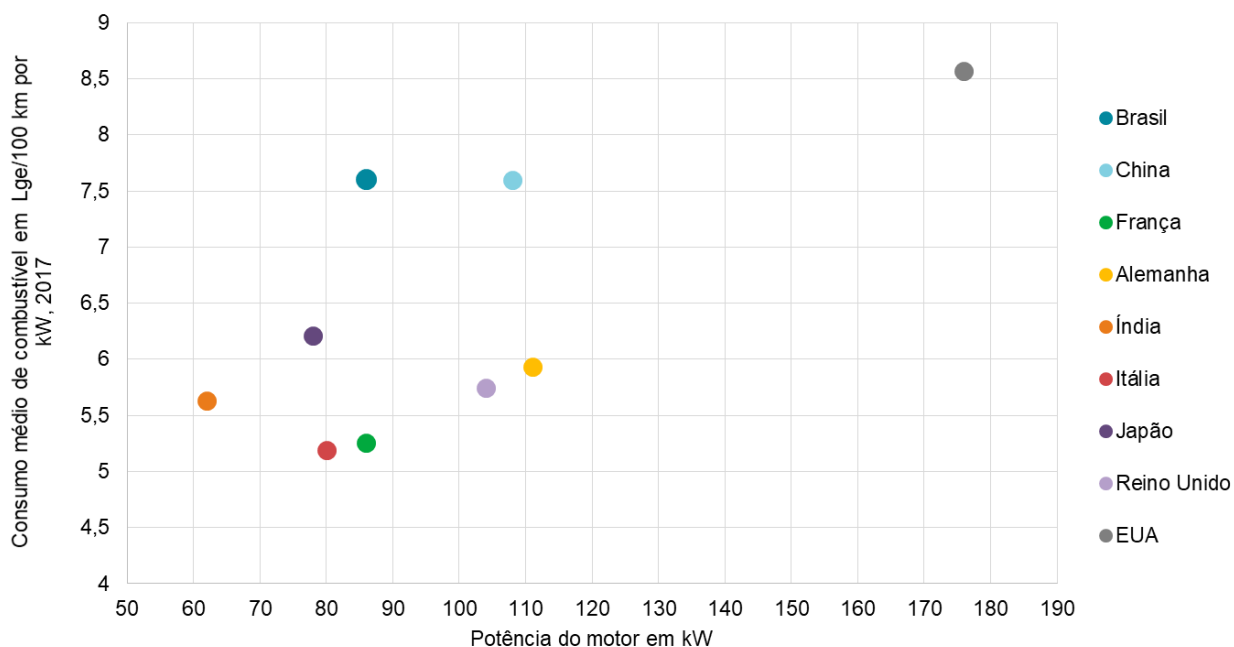
Nota: UE-4 se refere à Alemanha, Reino Unido, França e Itália.

³⁹ Nota: há diferenças entre os dados do gráfico e ANFAVEA.

Existem evidências de que diferentes níveis de mistura de etanol terão um impacto na eficiência e emissões de materiais particulados⁴⁰. É difícil, no entanto, isolar a eficiência relativa dos grupos motopropulsores *flex fuel* e suas contrapartes de gasolina (no caso do etanol) ou diesel (no caso do biodiesel). No Brasil, definir o consumo médio de combustível é ainda mais complicado pelo fato de as misturas consumidas nos LDVs variarem dependendo do preço relativo do etanol em comparação à gasolina.

O Brasil e muitas outras economias emergentes se beneficiam em termos de consumo de combustível devido à grande parcela de veículos leves relativamente pequenos no mix geral de LDVs. Ao mesmo tempo, como mostra o Gráfico 89, esses veículos não são tão eficientes em termos de combustível quanto os veículos com potência de motor semelhante em economias avançadas. Em outras palavras, veículos com motores de tamanho semelhante, que teriam um consumo de combustível semelhante, na verdade são muito menos eficientes nas economias emergentes. Isso indica que há potencial para avanços tecnológicos no projeto dos motores o que melhoraria ainda mais o consumo de combustível. As tecnologias a serem consideradas incluem turboalimentação, atuação variável da válvula e novas tecnologias de transmissão.

Gráfico 89 – Consumo médio de combustível e potência do motor, 2017

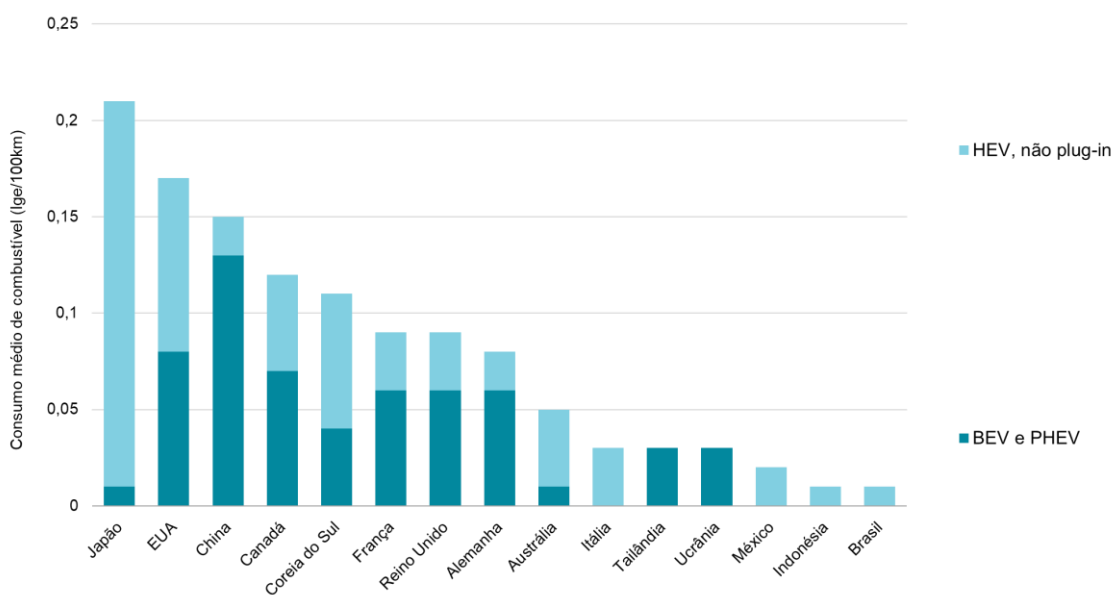


Fonte: IEA (2019i), *Global Fuel Economy Initiative*

⁴⁰ Ver Szikora (2018), Frankl (2017) and IEA (2019l).

O Brasil ainda está no início da adoção de veículos híbridos e elétricos. O Gráfico 90 apresenta a contribuição dos veículos híbridos e plug-in para a economia média de economia de combustível. Ou seja, quanto este indicador melhorou como resultado da adoção de veículos híbridos e elétricos. A maior contribuição entre os países considerados está no Japão (principalmente de veículos híbridos), seguido pela China (principalmente veículos híbridos “plug-in”).

Gráfico 90 – Contribuição dos veículos elétricos para o consumo médio de combustível, 2017



Fonte: IEA (2018d), *Fuel Economy in Major Car Markets*

Emissões de gases de efeito estufa Well-to-wheel (WTW) relacionadas a biocombustíveis.

Para os biocombustíveis, vários fatores devem ser levados em consideração para avaliar as emissões de gases de efeito estufa do WTW. Os fatores relevantes variam de acordo com as características de cada via de produção de combustível (localização, matéria-prima, logística).

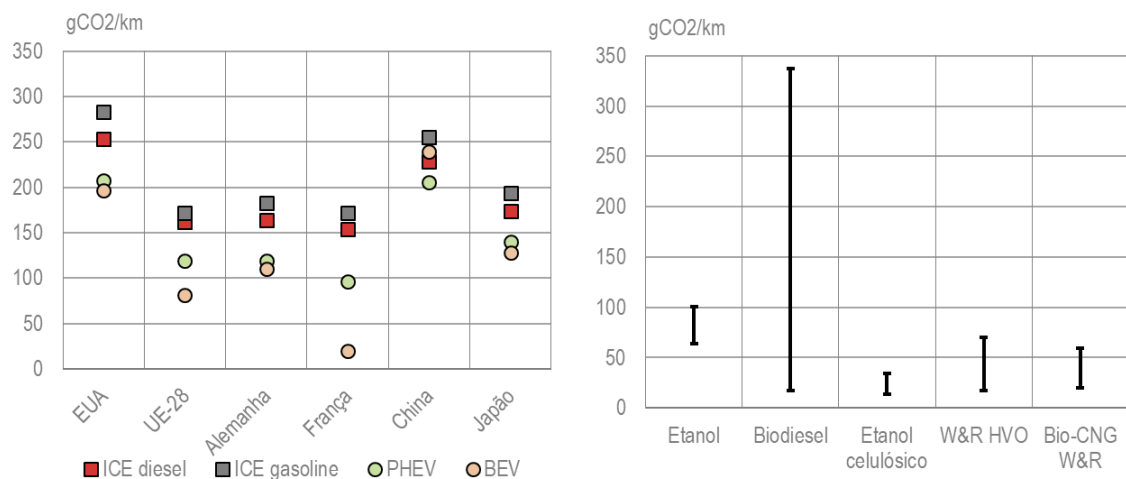
Quando consideradas em uma base WTW, as emissões de CO₂ por quilômetro percorrido de vários biocombustíveis se comparam favoravelmente com as de combustíveis fósseis, diesel e carros elétricos em países e regiões analisados pela AIE.

Uma exceção pode ser o biodiesel convencional, onde a inclusão de emissões modeladas do uso da terra resulta em estimativas superiores das emissões de CO₂ WTW mais altas que os combustíveis fósseis com determinadas matérias-primas, embora os caminhos de produção do biodiesel também possam resultar em emissões mais baixas (IEA, 2017b). No Brasil, pelo menos 80% do biodiesel é produzido em cooperativas familiares, o que pode envolver o cumprimento de alguns requisitos ambientais e sociais e a concessão de um certificado – o “Selo de Combustível Social”. Uma parte do biodiesel produzido no Brasil é de sebo (gordura animal) e, portanto, de muito baixa intensidade de carbono.

O Brasil introduzirá o RenovaBio, sua principal política de biocombustíveis em 2020. Tal política contribuirá para aumentar a participação de biocombustíveis sustentáveis na matriz energética do Brasil, criando mecanismos para aumentar a suas produções e usos (por exemplo, etanol, biodiesel, biocombustível e biometano).

No Brasil, a penetração de veículos elétricos e híbridos ainda é baixa. O Gráfico 91 demonstra a adoção futura de veículos elétricos, a partir do qual é importante observar que as reduções de emissão de CO₂ oferecidas variam dependendo da estrutura da frota de veículos e da intensidade de carbono do mix de combustível. Portanto, os países com fontes de eletricidade de baixo carbono (renováveis e nucleares) terão menores emissões de CO₂ no ciclo de vida (WTW), enquanto que veículos com baterias menores terão menores demandas de energia.

Gráfico 91 – Emissões de gases de efeito estufa WTW de carros elétricos para países e regiões selecionados (esquerda) e emissões de CO₂ WTW de referência de biocombustíveis selecionados (direita)



Fonte: IEA (2017b), *Renewables Market Report 2017*

Notas: PHEV assume 30% de direção elétrica; P&R = matérias-primas para resíduos e resíduos; bio-CNG = biometano comprimido; os valores convencionais de etanol e biodiesel de combustível levam em consideração os valores das mudanças modeladas no uso da terra (LUC) e ILUC; A linha de biodiesel é para o éster metílico de ácidos graxos (FAME), com base em girassol, soja e matérias-primas W&R.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABAL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. **Recovered Scrap and Domestic Consumption Ratio** – 2016. Disponível em: <<http://abal.org.br/en/statistical-information/total-aluminum-2016/>>. ABAL (2016).
2. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações – Parte 1 a 5**. Rio de Janeiro. ABNT, 2005.
3. _____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos**. Parte 1 a 5. Rio de Janeiro. ABNT, 2008
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Programa de Eficiência Energética. Gestão do Programa**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/>> Acesso em agosto de 2019. Aneel, 2019a.
4. _____. **Relatórios sobre as Unidades Consumidoras com Geração Distribuída - Resumo por Classe de Consumo**,. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao>>. Acesso em setembro de 2019. Aneel, 2019b.
5. ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. **Anuário do Transporte Aéreo 2018**. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo/dados-do-anuario-do-transporte-aereo>>. Acesso em outubro de 2019. ANAC, 2019.
6. ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2019**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuarios.html>>. Acesso em outubro de 2019. ANFAVEA, 2019
7. Ang, B.W. & Liu, F.L., 2001. **A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation**. Energy, Elsevier, vol. 26(6), pág 537-548. Ang & Liu, 2001.
8. ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana. Relatório Comparativo 2003-2014**. Disponível em: <http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--comparativo-2003_2014.pdf>. Acesso em outubro de 2019. ANTP, 2016

9. _____. **Ônibus no Brasil perderam 3 milhões de passageiros por dia e estão ficando mais velhos.** Disponível em <http://www.antp.org.br/noticias/clippings/onibus-no-brasil-perderam-3-milhoes-de-passageiros-por-dia-e-estao-ficando-mais-velhos.html>>. Acesso em outubro de 2019. ANTP, 2017.
10. _____. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Simob/ANTP. Relatório geral 2016.** Disponível em: <http://files.antp.org.br/simob/simob-2016-v6.pdf>>. Acesso em outubro de 2019: ANTP, 2018.
11. AUTOMOTIVE BUSINESS. **Todas as montadoras cumpriram meta de eficiência energética do Inovar-Auto.** Disponível em: <http://www.automotivebusiness.com.br/abinteligencia/pdf/ResultadoMetasInovar-Auto.pdf>>. Acesso em outubro de 2019. Automotive Business, 2018.
12. BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **50 ANOS. Histórias Setoriais.** Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/publicacoes/periodicos/revista-bndes-50>>. Acesso em outubro de 2019. BNDES, 2002.
13. BRASIL. **Decreto n ° 4.508 de 11 de dezembro de 2002.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2002.
14. _____. **Decreto n ° 99.274 de 06 de junho de 1990.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1990.
15. _____. **Lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2000.
16. _____. **Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2001.
17. _____. **Lei nº 13.280 de 03 de maio de 2016.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2016.
18. _____. **Lei nº 13.755 de 10 de dezembro de 2018.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2018.
19. _____. **Portaria Interministerial MME/MCTI/MDIC n ° 1 de 29 de junho 2017.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2017.
20. _____. **Portaria Interministerial MME/MCTI/MDIC n ° 1.007 de 31 de dezembro de 2010.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010.
21. _____. **Portaria Interministerial MME/MCTI/MDIC n ° 1 de 31 de julho 2018.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2018.
22. _____. **Portaria Interministerial MME/MCTI/MDIC n ° 2 de 31 de julho 2018.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2018.

23. CADE - Conselho Administrativo de Defesa Econômica. **Mercado de serviços portuários.** Disponível em: <<http://www.cade.gov.br/acesso-a-informacao/publicacoes-institucionais/dee-publicacoes-anexos/CadernosdoCadePortos26092017.pdf>>. Acesso em outubro de 2019. CADE, 2017.
24. CNT - Confederação Nacional do Transporte. Anuário CNT do Transporte. **Estatísticas consolidadas. 2018.** Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2018/>>. Acesso em outubro de 2019. CNT, 2017.
25. Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da Agropecuária.** Observatório Agrícola. Ano XXVI, nº 09 de Setembro de 2017, p. 01-120. Brasília. Conab, 2017.
26. _____. **Cana de Açúcar – Série Histórica.** Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safras?view=default>>. Acesso em outubro de 2019. Conab, 2019.
27. Conpet. **Consulta sobre políticas de eficiência energética para equipamentos comerciais.** Disponível em: <<http://www.conpet.gov.br>>. Acesso em outubro de 2019. Conpet, 2019.
28. Cruz, Flávio Eduardo da. **Produção de hidrogênio em refinarias de petróleo: avaliação exergética e custo de produção.** São Paulo, 2010. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Cruz, 2010.
29. CSI. Cement Sustainability Initiative. **Getting the Numbers Right Emissions Report 2017** (2018). <<https://gccassociation.org/gnr/>>. CSI, 2018.
30. DOE. US Department of Energy. **Flexible Fuel Vehicles.** Disponível em: <https://afdc.energy.gov/vehicles/flexible_fuel.html> Acesso em dezembro de 2019. DOE, 2019.
31. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>>. Acesso em outubro de 2019. EPE, 2019a.
32. _____. Empresa de Pesquisa Energética. **Demanda de energia dos veículos leves: 2018-2030.** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-331/topico-421/Demanda_Veiculos_Leves_2018-2030.pdf> Acesso em dezembro de 2019. EPE, 2018.

33. _____. **Estudos associados aos Planos Decenais de Expansão de Energia PDE – Demanda: Metodologia de Previsão da Demanda do ciclo Otto.** EPE, 2019b.
34. _____. **Monitorando o Progresso da Eficiência Energética no Brasil – Indicadores e Análises Setoriais.** Nota Técnica DEA 025/17. Rio de Janeiro. EPE, 2017.
35. _____. **NT SDB-Abast nº 1/2012.** Rio de Janeiro. EPE, 2012.
36. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Forestry Production and Trade.** Disponível em <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO/visualize>>. Acesso em setembro de 2019. FAO, 2017.
37. IATA – International Air Transport Association. **Technology Roadmap.** Disponível em: <https://www.iata.org/whatwedo/environment/Documents/technology-roadmap-2013.pdf>>. Acesso em outubro de 2019. IATA, 2013.
38. IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Histórico de Desempenho.** Disponível em: <https://www.iba.org/historico-de-desempenho>>. Acesso em setembro de 2019: Ibá, 2019.
39. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Séries Estatísticas.** Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=ST46>>. Acesso em agosto de 2019. IBGE, 2019a.
40. _____. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA.** Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em setembro de 2019. IBGE, 2019b.
41. _____. **Censo Agro 2017. Resultados preliminares.** Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/es_tabelecimentos.html>. Acesso em setembro de 2019. IBGE, 2019c.
42. IEA. International Energy Agency. **Policies Database.** Disponível em: <https://www.iea.org/policies>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2019a.
43. IEA. **World Energy Balances.** Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-2019>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2019b.
44. IEA. **Energy Efficiency Market Report 2018.** Disponível em: <https://www.iea.org/efficiency2018>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2018a.

45. IEA. **Tracking Industries Iron and Steel.** Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/tracking-industry-2019/iron-and-steel>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2019c.
46. IEA. **World Energy Outlook, 2018.** Disponível em: <<https://www.iea.org/weo2018/scenarios/>>. IEA, 2018b.
47. IEA. **Tracking Industry.** Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/tracking-industry-2019>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2019d.
48. IEA. **World Energy Statistics.** Disponível em: <<https://webstore.iea.org/world-energy-statistics-2019>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2019e.
49. IEA. **Energy Efficiency Market Report 2019.** Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2019>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2019f.
50. IEA. **Energy Technology Perspectives, Global Buildings Sector Model.** Disponível em: <<https://www.iea.org/etp/etpmodel/buildings>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2019g.
51. IEA. **Kigali Tracker.** Disponível em: <<https://www.iea.org/areas-of-work/promoting-energy-efficiency/kigali-cooling-efficiency-programme>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2019h.
52. IEA. **Global Fuel Economy Initiative.** Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/fuel-economy-in-major-car-markets>>. Março de 2019. IEA, 2019i.
53. IEA. **World Energy Outlook 2018.** Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2018c.
54. IEA. **Mobility Model.** Disponível em: <<https://www.iea.org/areas-of-work/programmes-and-partnerships/mobility-model>>. Acesso em novembro de 2019. IEA, 2019j.
55. IEA. **Fuel Economy in Major Car Markets: Technology and Policy Drivers 2005-2017.** Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/fuel-economy-in-major-car-markets>>. IEA, 2018d.
56. IEA. **Global Electric Vehicle Outlook 2019.** Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2019k.
57. IEA. **International comparison of light-duty vehicle fuel economy Ten years of fuel economy benchmarking.** Disponível em:

- <<https://webstore.iea.org/international-comparison-of-light-duty-vehicle-fuel-economy-2005-2015>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2017a.
58. IEA. **Renewables Market Report 2019**. Disponível em: <<https://webstore.iea.org/market-report-series-renewables-2019>> Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2019l.
59. IEA. **Renewables Market Report 2017**. Disponível em: <<https://webstore.iea.org/market-report-series-renewables-2017>>. Acesso em dezembro de 2019. IEA, 2017b.
60. IEMA. **Análise Preliminar sobre a Implementação do Padrão EURO VI no Brasil**. Disponível em <https://iema-site-staging.s3.amazonaws.com/Avalia%C3%A7%C3%A3o_EURO_VI_3.pdf>. Acesso em outubro de 2019. IEMA, 2015.
61. IHS Markit. **Vehicle Registrations and Other Characteristics at Model Level (database)**. <<https://ihsmarkit.com/btp/polk.html>>. 1 de junho, 2018.
62. INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Consulta sobre políticas de eficiência energética para equipamentos comerciais**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em outubro de 2019. INMETRO, 2019.
63. Instituto Aço Brasil – IABr. **Anuário Estatístico 2019**. Disponível em: <https://institutoacobrasil.net.br/site/wp-content/uploads/2019/10/AcoBrasil_Anuario_2019.pdf> Acesso em outubro de 2019. IABr, 2019.
64. International Aluminium Institute. World Aluminium Statistics. Disponível em: <<http://www.world-aluminium.org/statistics/>> Dados emitidos em 21 de outubro de 2019. International Aluminium Institute, 2019.
65. ITO. International Trade Administration. **Global Steel Trade Monitor**. Disponível em: <<https://www.trade.gov/steel/countries/pdfs/imports-us.pdf>> Acesso em dezembro de 2019. ITO, 2019.
66. Macrotrends. **Sugar Prices – Historical Annual Data**. Disponível em: <<https://www.macrotrends.net/2537/sugar-prices-historical-chart-data>>. Acesso em setembro de 2019. Macrotrends, 2019.
67. M. Szikora. **Emissions-reduction potential of ethanol-containing petrol (E5, E10, E20) - studies of CO2 emissions and particulate matter emissions in real driving conditions**. Lecture: 15th International Conference on Renewable Mobility. Berlin. Szikora, 2018

68. Maximilian Frankl. **Real driving emissions of a flexible fuel vehicle using ethanol containing gasoline blends**. Disponível em: http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/biokraftstoffe/dateien/masterarbeit_frankl.pdf> Acesso em dezembro de 2019. Frankl, 2017
69. MINFRA - Ministério da Infraestrutura. **Transportes 2018**. Disponível em: http://canaldoservidor.transportes.gov.br/images/2019/Documentos/Transportes_2018_-_web.pdf>. Acesso em outubro de 2019. Ministério da Infraestrutura 2019.
70. MMA – Ministério do Meio Ambiente. “**2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**”. Brasília. MMA, 2014.
71. PAC - Programa de Aceleração do Crescimento. **1º Balanço do PAC. Janeiro a abril de 2007**. PAC,2007.
72. Ministério das Cidades. **Portaria nº 643, de 13 de novembro de 2017**. Dispõe sobre as condições gerais para provisão de sistemas alternativos de geração de energia para empreendimentos destinados à aquisição e alienação com recursos advindos da integralização de cotas no Fundo de Arrendamento Residencial - FAR, e contratação de operações com recursos transferidos ao Fundo de Desenvolvimento Social - FDS, no âmbito do Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 nov. 2017.
73. MME. Ministério de Minas e Energia. **Consulta sobre políticas de eficiência energética para equipamentos comerciais**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cgiee/portarias>>. Acesso em outubro de 2019. MME, 2019.
74. Navigant. **Tomorrow’s Vehicles: A Projection of the Light Duty Vehicle Fleet Through 2025**. Disponível em: <https://www.fuelsinstitute.org/getattachment/Research/Tomorrows-Vehicles/Tomorrows-Vehicles-A-Projection-of-the-Light-Duty-Vehicle-Fleet-Through-2025.pdf?lang=en-US>> Acesso em dezembro de 2019. Navigant, 2017.
75. Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Resultados Procel 2018 – ano base 2017**. Disponível em: http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2018/docs/Procel_rel_2018_web.pdf>. Acesso em setembro de 2019. Procel, 2018a.

76. _____. **Segundo Plano Anual de Aplicação de Recursos do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656831/17806967/PAR+PROCEL+2018/8e1011fb-cae4-7a3a-6b6a-ca16b26966b6>>. Acesso em setembro de 2019. Procel, 2018b
77. QUEST. **Dados Estatísticos Uber Juntos: Relatório 2019**. Disponível em: <<http://conteudos.indecx.com.br/relatoriouberjuntos2019>>. Acesso em outubro de 2019. QUEST, 2019.
78. SP. **Cai total de passageiros em ônibus na cidade, mostra relatório debatido em audiência**. Disponível em: <<http://www.saopaulo.sp.leg.br/blog/cai-total-de-passageiros-em-onibus-na-cidade-mostra-relatorio-debatido-em-audiencia/acessao>> Acesso em outubro de 2019: SP, 2019.
79. Statistics Canada. **Vehicle registrations 2017**. Disponível em: <<https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/180615/dq180615e-eng.htm>> Acesso em dezembro de 2019. Canada Statistics, 2017.
80. Transport Policy. **Fuel Efficiency and GHG**. Disponível em: <[http://transportpolicy.net/index.php?title=Category:Fuel Efficiency and GHG](http://transportpolicy.net/index.php?title=Category:Fuel_Efficiency_and_GHG)> . Acesso em dezembro de 2019. TransportPolicy, 2016.
81. US Department of Commerce, International Trade Administration. **Global Steel Trade Monitor**. Setembro de 2019. <<https://www.trade.gov/steel/global-monitor.asp>>. US Department of Commerce, 2019.
82. USGS. United States geological Survey. **Cement Statistics and Information**. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/centers/nmic/cement-statistics-and-information>>. Acesso em dezembro de 2019. USGS, 2019.
83. World Steel Association. **Steel Statistical Yearbook 2018**. Disponível em: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:e5a8eda5-4b46-4892-856b-00908b5ab492/SSY_2018.pdf> Acesso em dezembro de 2019. World Steel Association, 2018.