

BEN

50 anos





Ministério de Minas e Energia – MME

Ministro

Bento Albuquerque

Secretária Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Paulo Cesar Magalhães Domingues

Empresa de Pesquisa Energética – EPE

Presidente

Thiago Vansconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômicos e Energéticos

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretora de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

Superintendente de Estudos Econômicos e Energéticos

Carla da Costa Lopes Achão

Superintendente Adjunto de Estudos Econômicos e Energéticos

Gustavo Naciff de Andrade

Consultor Técnico

Gláucio Vinícius Ramalho Faria

Coordenação

Flávio Raposo de Almeida

Rogério Antônio da Silva Matos

Equipe Técnica

Aline Moreira Gomes

Allex Yujhi Gomes Yukizaki

Ana Cristina Braga Maia

Arnaldo dos Santos Júnior

Felipe Klein Soares

Fernanda Marques Pereira Andreza

Flávio Raposo de Almeida

Gláucio Vinícius Ramalho Faria

Lidiane de Almeida Modesto

Marcelo Henrique Cayres Loureiro

Patrícia Messer Rosenblum

Rogério Antônio da Silva Matos

Thiago Toneli Chagas

Apresentação

A Empresa de Pesquisa Energética tem a grata satisfação de publicar o BEN 50 Anos, uma edição histórica dos cinquenta anos do Balanço Energético Nacional. O BEN é uma publicação anual fundamental para atividades de planejamento e acompanhamento do setor energético nacional e, desde 15 de março de 2004, de competência desta instituição, conforme Art. 4º, inciso II da Lei nº 10.847.

Fruto de extensa pesquisa, o BEN contém a contabilidade relativa à oferta e consumo de energia no Brasil, bem como dos processos de conversão de produtos energéticos e de comércio exterior, reunindo em um único documento as séries históricas dessas operações, além das informações sobre reservas, capacidades instaladas e importantes dados estaduais. Para a sua elaboração, a EPE conta hoje com a imprescindível colaboração de aproximadamente oitocentos agentes e empresas, fornecedores de dados primários.

Ao longo de seus 50 anos, as estatísticas energéticas se constituíram como singular base de dados para os estudos relacionados às estatísticas energéticas e ao planejamento energético nacional, subsidiando não apenas a Administração Pública brasileira, através do MME - Ministério de Minas e Energia, responsável por formular os princípios básicos e definir as diretrizes da política energética nacional, mas também universidades e instituições diversas, inclusive de natureza privada. Podemos dizer que ao longo de seus 50 anos, o BEN tornou-se uma espécie de censo anual do setor energético nacional. Prova de sua relevância para o setor energético e para a sociedade é a marca atingida em 2019 de aproximadamente 56 mil visualizações, o colocando entre as publicações da EPE com maiores registros de pesquisas e visualizações no site da instituição.

Ao compilar, em uma única publicação, os dados estatísticos energéticos nacionais nesse meio século de Balanço Energético Nacional, o BEN 50 Anos lança luz não somente sobre o setor energético nacional, mas também sobre toda a trajetória do desenvolvimento da sociedade brasileira neste período, a qual experimentou intensas transformações sociais, demográficas e econômicas, com significativo reflexo sobre

modo de vida e hábitos de consumo dos brasileiros. Assim, com a publicação do BEN 50 Anos, a EPE descortina para a sociedade brasileira como produzimos, transformamos e consumimos energia ao longo dos últimos 50 anos, fruto das transformações e escolhas da sociedade e das consequentes políticas públicas adotadas ao longo desta trajetória, representando publicação histórica que certamente despertará interesse não só para o público do setor energético, mas para todo aquele interessado em retratos de nossa sociedade em constante transformação.

O portfólio de produtos do BEN

Ferramentas de monitoramento dos movimentos de transição energética



MATRIZ
ENERGÉTICA



SÉRIES
HISTÓRICAS



RELATÓRIO
SÍNTESE



RELATÓRIO
ANUAL



BEN
INTERATIVO



BEN
50 ANOS

O portfólio de produtos do Balanço Energético Nacional tem origem nas estatísticas energéticas e busca diversificar as formas de consolidação, disponibilização e visualização destes dados em função dos diferentes públicos interessados no conhecimento das estatísticas. Ao longo dos últimos anos, esse conjunto de publicações envolvia a elaboração da Matriz Energética Nacional, a compilação das Séries Históricas completas, a elaboração de um relatório executivo que sintetiza os principais movimentos ocorridos no ano base e, por fim, o relatório anual.

Mais recentemente esse portfólio ganhou novos produtos, como, o Balanço Energético Interativo, aplicação web em um ambiente de *business intelligence* onde são disponibilizadas todas as séries históricas, gráficos, tabelas e diagramas do BEN. Por fim, visando contar a história dos cinquenta anos de estatísticas energéticas do país, apresentamos aqui o mais recente produto, o relatório BEN 50 anos.

Sumário

Sumário Executivo.....	03
Linhas do tempo.....	04
Economia da Energia e aspectos sociodemográficos.....	11
Oferta de Energia.....	17
Consumo Final de Energia.....	43
Intensidade Energética.....	82
Referências Bibliográficas.....	84
Anexos (Indicadores Internacionais).....	88

Sumário Executivo

A energia que atende às necessidades da sociedade em geral, movimentando a indústria, o transporte, o comércio e demais setores econômicos do país recebe a denominação de Consumo Final no Balço Energético Nacional. Esta energia, para chegar ao local de consumo, é transportada por gasodutos, linhas de transmissão, rodovias, ferrovias etc., e distribuída através de diversos outros sistemas, cujos processos acarretam perdas de energia.

De outro lado, a energia extraída da natureza não se encontra na forma mais adequada para os usos finais, necessitando, na maioria dos casos, de passar por processos em centros de transformação, tais como refinarias que transformam o petróleo em óleo diesel, gasolina etc; usinas hidrelétricas que aproveitam a energia mecânica da água para produção de energia elétrica; carvoarias que transformam a lenha em carvão vegetal etc. Esses processos também acarretam perdas de energia. No Balço Energético Nacional, a menos de eventuais ajustes estatísticos, a soma do Consumo Final de energia, das perdas no transporte, na distribuição e na armazenagem e das perdas nos processos de transformação, recebe a denominação de Oferta Interna de Energia – OIE, também, costumeiramente denominada de matriz energética ou de demanda total de energia.

Apresentam-se aqui os dados e análises da evolução da oferta interna de energia e suas relações com o crescimento econômico, para o período de 1970 a 2019, destacando-se indicadores de intensidade energética para períodos selecionados e as razões dos diferentes comportamentos destes indicadores. Apresentam-se aqui também os dados e análises da evolução do consumo final de energia, para o período de 1970 a 2019, destacando-se a participação dos principais energéticos e dos principais setores econômicos, e também as políticas públicas que influenciaram nas alterações estruturais do consumo.

Ao longo dos últimos 50 anos, alguns dos movimentos que moldaram a mudança do uso da energia no Brasil estiveram ligados a fatores econômicos, sociodemográficos e tecnológicos que impulsionaram o crescimento das cidades brasileiras e propiciaram a criação de uma sociedade urbana com novos hábitos e, conseqüentemente, geraram alterações na estrutura da matriz energética nacional.



A migração do campo para as cidades

Em 1970, mais da metade dos brasileiros já viviam nas cidades, como resultado de um processo de urbanização e evasão do campo pela busca por maior oferta de emprego e de serviços, como saúde, educação, transporte e disponibilidade de energia. Esse movimento se acentuou nos últimos 50 anos. Em 1970 havia 93 milhões de habitantes, quase 56% deles em áreas urbanas. Hoje o Brasil possui mais do que o dobro de população, com 86% vivendo nas cidades.



A expansão das cidades

A necessidade de deslocamento da força de trabalho e de mercadorias, acentuado pelo processo de descentralização das indústrias e pela predominância do modal rodoviário para o transporte de carga e de passageiros, fez crescer significativamente o uso de óleo diesel para os veículos pesados e da gasolina e do etanol na frota de veículos leves.



Reflexos da nova sociedade urbana

Quando olhamos para a matriz energética nacional, vemos reflexos claros do processo de urbanização: concentração urbana e transformação na organização do trabalho. Conseqüentemente, surgem alterações de hábitos, rotinas e tipos consumo em função da renda. Por exemplo, a substituição do uso da lenha para cocção, pelo GLP (gás liquefeito de petróleo) e, posteriormente pelo gás natural com o crescimento da sua infraestrutura de distribuição.



A mecanização do campo

O campo por sua vez também se transformou, a mecanização, em substituição ao trabalho animal, e o uso de resíduos (biomassa) e rejeitos (produção de metano) da produção rural, também têm contribuído para as mudanças na matriz energética.



LINHA DO TEMPO ECONOMIA

Linhas do tempo

- 1972 01 | I Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND)
- 1973 02 | 1º Choque do Petróleo
- 1974 03 | II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND)
- 1975 04 | Criação do Programa Nacional do Álcool (Próalcohol)
- 1979 05 | 2º Choque do Petróleo
- 1982 06 | Moratória do México
- 1986 07 | Plano Cruzado
- 1987 08 | Plano Bresser
- 1988 09 | Política do Feijão com Arroz
- 1989 10 | Plano Verão
- 1990 11 | Plano Collor I
- 1991 12 | Plano Collor II
- 1994 13 | Plano Real
- 1997 14 | Crise Cambial Asiática
- 1998 15 | Crise Cambial da Rússia
- 2001 16 | Crise de Abastecimento de Eletricidade no Brasil
- 2009 17 | Crise Financeira Internacional (Subprime)
- 2014 18 | Crise Econômica Doméstica
- 2015 19 | Crise Hídrica
- 2018 20 | Greve dos Caminhoneiros



LINHA DO TEMPO CARVÃO

Linhas do tempo

- 1946** 01 | CSN: entrada em operação de siderúrgica integrada com coqueria
- 1962** 02 | USIMINAS: entrada em operação de siderúrgica integrada com coqueria
- 1963** 03 | Figueira (PR): entrada em operação de termoeletrica
- 1963** 04 | COSIPA: entrada em operação de siderúrgica integrada com coqueria
- 1965** 05 | Jorge Lacerda I e II (SC): entrada em operação de termoeletrica
- 1973** 06 | “Boom” do setor de carvão com o 1º Choque do Petróleo
- 1979** 07 | Jorge Lacerda III (SC): entrada em operação de termoeletrica
- 1982** 08 | Decreto nº 87.079, de 1982 aprova as diretrizes para o Programa de Mobilização Energética (PME)
- 1983** 09 | ArcelorMittal Tubarão (ex CST): entrada em operação de siderúrgica integrada com coqueria
- 1986** 10 | Gerdau Açominas: entrada em operação de siderúrgica integrada com coqueria
- 1988** 11 | Corte abrupto do programa de subsídios do PME pelo Governo Federal
- 1990** 12 | Desregulamentação do setor de carvão pelo Governo Federal no Programa de Competitividade Industrial
- 1997** 13 | Jorge Lacerda IV (SC): entrada em operação de termoeletrica
- 2007** 14 | Alunorte (PA): entrada em operação de termoeletrica APE
- 2009** 15 | Alumar (MA): entrada em operação de termoeletrica APE
- 2010** 16 | Ternium Brasil (antiga CSA): entrada em operação de siderúrgica integrada com coqueria
- 2011** 17 | Candiota III (RS): entrada em operação de termoeletrica
- 2012** 18 | Porto do Pecém I (CE): entrada em operação de termoeletrica
- 2013** 19 | Porto do Pecém II (CE): entrada em operação de termoeletrica
- 2013** 20 | Porto do Itaqui (MA): entrada em operação de termoeletrica
- 2016** 21 | Entrada em operação da CSP (siderúrgica integrada com coqueria)
- 2019** 22 | Entrada em operação da termelétrica Pampa Sul

06 | Nesse cenário de restrição energética de importação de petróleo, a atenção fica voltada para o uso do carvão nacional

08 | O Programa de Mobilização Energética (PME) viabilizou grandes minas mecanizadas e a ampliação das usinas termoeletricas.

12 | Ficando definidos o fim da obrigatoriedade do consumo do carvão nacional pelo setor estatal, a liberação dos preços, a liberação das importações e a desativação das minas da Companhia Siderúrgica Nacional – CSN, visando sua privatização.



LINHA DO TEMPO

BIOCOMBUSTÍVEIS

Linhas do tempo

- 1973** 01 | Primeiro Choque do Petróleo
- 1975** 02 | Decreto Nº 76.593 dá início à 1ª Fase do Próalcool
- 1977** 03 | Adição de 4,5% de etanol à gasolina
- 1979** 04 | 2ª Fase do Próalcool
- 1979** 05 | Adição de 15% de etanol à gasolina
- 1983** 06 | Carros a etanol representam 90% do total de vendas
- 1985** 07 | Percentual de etanol adicionado à gasolina chega a 22%
- 1986** 08 | Contrachoque do Petróleo
- 1989** 09 | Preços do petróleo caem e gasolina se equipara ao etanol
- 1990** 10 | Extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA)
- 1992** 11 | Realização da Eco 92 no Rio de Janeiro
- 1997** 12 | Assinatura do Protocolo de Kyoto
- 1997** 13 | Lei do Petróleo
- 1999** 14 | Ratificação do Protocolo de Kyoto
- 2003** 15 | Lançamento dos automóveis flexfuel
- 2003** 16 | Início dos primeiros estudos para a criação de uma política do biodiesel no Brasil
- 2004** 17 | Lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)
- 2004** 18 | Criação do Selo Combustível Social por meio do Decreto Nº 5.297
- 2005** 19 | Lei 11.097/2005 configura o Primeiro Marco Regulatório do Biodiesel no Brasil
- 2005** 20 | Lei nº 11.097/2005: Estabelece a regra de adição de biodiesel no diesel.
- 2005** 21 | Decreto nº 5448/2005: Define um percentual de 2% de mistura.
- 2008** 22 | Mistura B2 passa a ser obrigatória em todo o país
- 2008** 23 | Consumo de etanol se equipara ao da gasolina
- 2008** 24 | Resolução CNPE nº 02/2008: Altera para 3% a partir de julho/2008.
- 2009** 25 | Resolução CNPE nº 02/2009: Altera para 4% a partir de julho/2009.
- 2010** 26 | Primeiro teste de voo nacional com bioquerosene de aviação
- 2010** 27 | Resolução CNPE nº 06/2009: Altera para 5% a partir de janeiro/2010.
- 2011** 28 | ANP passa a regular e fiscalizar a produção de etanol
- 2014** 29 | Lei nº 13.033/2014: Altera para 6% a partir de julho/2014.
- 2014** 30 | Lei nº 13.033/2014: Altera para 7% a partir de novembro/2014.
- 2016** 31 | Lei nº 13.263/2016 altera anualmente os percentuais para 8, 9 e 10%.
- 2017** 32 | Lei do Renovabio
- 2018** 33 | Resolução CNPE nº 16/2018: Prevê a elevação de 1% a.a. até B15 em 2023
- 2019** 34 | Resolução CNPE Nº 16/2018 autoriza o B11

11 | Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento

27 | Percentual na gasolina pode ir de 18% a 25% e é determinado pelo governo federal

30 | Resolução CNPE nº 11/2016 determina essas adições a partir de 1º de março de cada ano



LINHA DO TEMPO

ELETRICIDADE

Linhas do tempo

- 1960** 01 | Lei 3.782/1960: Criação do MME
- 1961** 02 | Lei 3.890-A: Criação da ELETROBRAS
- 1970** 03 | Interligação SE/S. 1ª Interligação: LT 230 kV Chavantes-Figueira
- 1973** 04 | Assinatura do Tratado de Itaipu
- 1974** 05 | Criação do CEPEL
- 1981** 06 | Interligação N/NE. 1ª Interligação: LT 500kV V.Conde-B.Esperança
- 1984** 07 | Bipolo Itaipu 600kV CC
- 1985** 08 | Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)
- 1985** 09 | UTN Angra I (640 MW)
- 1985** 10 | Criação do PROCEL
- 1988** 11 | Fim do monopólio estatal no setor elétrico, expansão via leilões.
- 1991** 12 | UHE Itaipu - 18 UGs (700 MW cada)
- 1991** 13 | Acidente Indústria de Alumínio Albrás
- 1992** 14 | 1ª usina eólica instalada no Brasil, em Fernando de Noronha
- 1994** 15 | Primeiro parque eólico conectado ao SIN
- 1995** 16 | Lei das Concessões (Lei 8.987/1995)
- 1995** 17 | Criação do Mercado Livre (Lei 9074/1995)
- 1996** 18 | Criação da ANEEL (Lei 9.427/1996)
- 1996** 19 | Projeto de reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro
- 1998** 20 | Criação do Mercado Atacadista de Energia (Lei 9.648/1998)
- 1998** 21 | Lei 9.648/1998: Criação do ONS
- 1999** 22 | Interligação Norte Sul, 1278 km, LT 500kV Samambaia/Imperatriz
- 2000** 23 | Lançado o primeiro Atlas Eólico do Brasil
- 2000** 24 | Programa de Eficiência Energética ANEEL (Lei 9.991/2000)
- 2001** 25 | Lei de Eficiência energética (Lei 10.295/2001)
- 2001** 26 | MP 2.147/2001: Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE)
- 2001** 27 | UTN Anfra II (1.350 MW)
- 2002** 28 | Associação Brasileira de Energia Eólica - ABEEólica é fundada no Brasil
- 2002** 29 | Mercado Atacadista de Energia (Lei 10.433/2002)
- 2002** 30 | Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa)
- 2003** 31 | Decreto n 4.873, de 11 de novembro de 2003: Programa Luz para Todos
- 2004** 32 | Instituição do Proinfa
- 2004** 33 | Criação da EPE (Lei 10.848/2004)
- 2004** 34 | Criação da CCEE (Lei 10.848/2004)
- 2004** 35 | Instituição do CMSE (Lei 10.848/2004)
- 2005** 36 | Selo PROCEL
- 2007** 37 | Primeiro leilão de energia para o ACR com fonte eólica
- 2007** 38 | UHE Itaipu - 2 UGs (Conclusão da Motorização, 700 MW cada)
- 2009** 39 | Primeiro leilão de energia de reserva, exclusivo para a fonte eólica
- 2009** 40 | Etiquetagem de Edificações



LINHA DO TEMPO

ELETRICIDADE

Linhas do tempo

- 2010 41 | EPE cria o Sistema AMA para armazenar dados do recurso eólico
- 2010 42 | Resolução Normativa ANEEL 414/2010
- 2012 43 | MP 579/2012
- 2012 44 | Resolução Normativa 482/2012
- 2013 45 | 1º Bipolo do Madeira 600kV CC
- 2013 46 | LT 500 kV Tucuruí-Macapá 1.418km
- 2014 47 | 2º Bipolo do Madeira 600kV CC
- 2014 48 | Crise Hídrica. PLD ultrapassando o teto
- 2014 49 | Instrução Normativa 02 Edificações Federais
- 2015 50 | Inaugurado parque eólico Geribatu
- 2015 51 | Projeto de Lei PL 1.917/2015.
- 2015 52 | Rompimento de barragem em Mariana
- 2015 53 | Barragem de Rejeitos CBA
- 2015 54 | Expressiva Redução de Produção ALUMAR
- 2015 55 | Usiminas desliga alto forno
- 2015 56 | Revisão Tarifária Extraordinária - 3º Ciclo
- 2016 57 | Lei 13.280/2016 destina 20% de recursos do PEE ao Procel
- 2016 58 | UHE Jirau 3.750 MW
- 2016 59 | CP21 - Abertura de mercado
- 2016 60 | Projeto de Lei do Senado PLS 232/2016 (Subs-108/2018)

- 2017 61 | UHE Santo Antônio 3.568 MW
- 2017 62 | 1º Bipolo de Belo Monte 800kV CC
- 2017 63 | CP33 - Aprimoramento do marco legal do setor elétrico
- 2017 64 | Supersafra agrícola
- 2018 65 | Usiminas reativa alto-forno
- 2019 66 | A geração eólica supera a geração à biomassa, e vira a 3ª fonte de geração
- 2019 67 | 2º Bipolo de Belo Monte 800kV CC
- 2019 68 | MME 187/2019. Instituição de GT de Modernização do Setor Elétrico
- 2019 69 | CP76/2019 - Comercializador Varejista
- 2019 70 | CP77/2019 - Ampliação das possibilidades de contratação
- 2019 71 | Rompimento da Barragem em Brumadinho
- 2019 72 | Braskem AL- Licença de Operação suspensa
- 2020 73 | UHE Belo Monte 11.233 MW
- 2020 74 | Falha Elétrica na Albrás
- 2020 75 | ArcelorMittal desliga +1 alto-forno (total de 2)
- 2020 76 | Braskem BA - paralisação da produção
- 2020 77 | Usiminas desliga +2 alto-fornos (total de 4 desligados)
- 2020 78 | Gerdau desliga alto-forno (resta apenas 1 ligado)



LINHA DO TEMPO

PETRÓLEO E GÁS NATURAL

Linhas do tempo

- 1937** 01 | Inauguração da refinaria de petróleo Ipiranga (RS)
- 1950** 02 | Entrada em operação da RELAM (BA)
- 1953** 03 | Criação da Petrobrás
- 1954** 04 | Entrada em operação da RECAP (SP); Manguinhos (RJ)
- 1955** 05 | Entrada em operação da RPBC (SP)
- 1956** 06 | Entrada em operação da REMAM (AM)
- 1958** 07 | Operação da UFN de Cubatão (SP)
- 1961** 08 | Entrada em operação da REDUC (RJ)
- 1966** 09 | Entrada em operação da LUBNOR (CE)
- 1968** 10 | REGAP (MG); REFAP (RS)
- 1971** 11 | Operação da UFN de Camaçari (BA)
- 1972** 12 | Início de operação do Polo Petroquímico de Capuava
- 1972** 13 | Início de operação do Polo Petroquímico de Camaçari (BA)
- 1972** 14 | REPLAN (SP)
- 1973** 15 | 1º Choque do Petróleo
- 1975** 16 | Contratos de risco
- 1977** 17 | REPAR (PR)
- 1979** 18 | 2º Choque do Petróleo
- 1980** 19 | REVAP (SP)
- 1982** 20 | Início de operação do Polo Petroquímico de Triunfo (RS)
- 1982** 21 | Operação da UFN de Sergipe
- 1984** 22 | Descoberta do Campo de Albacora (Bacia de Campos)
- 1985** 23 | Descoberta do Campo de Marlim (Bacia de Campos)
- 1986** 24 | Procap 1000 – capacitação para E&P em águas profundas
- 1986** 25 | Início de op. do Polo de Urucu (AM), maior reserva terrestre de GN do país
- 1988** 26 | Constituição Federal: monopólio do Estados para distribuição do GN
- 1988** 27 | Primeiros registros de uso do Gás Natural Veicular (GNV)
- 1989** 28 | Descoberta do Campo gigante de Barracuda (Bacia de Campos)
- 1991** 29 | Decreto de 18 de julho de 1991: instituição do Conpet
- 1993** 30 | Liberação do uso do GNV para taxistas e frotas de empresas
- 1993** 31 | Procap 2000 – capacitação para E&P em águas ultra profundas
- 1996** 32 | Descoberta do Campo gigante de Roncador
- 1997** 33 | Lei do Petróleo (Lei 9.478/97): fim do monopólio
- 1998** 34 | Liberação do uso de GNV para veículos particulares
- 1999** 35 | Início da operação do GASBOL
- 2000** 36 | Início da operação do trecho sul do GASBOL
- 2000** 37 | Portaria ANP 245/2000 limites máx. para queimas em flares e perda de GN
- 2000** 38 | Instituído o Programa Prioritário de Térmicas (PPT), Decreto 3.371/2000
- 2000** 39 | RPCC (RN)
- 2001** 40 | Início da operação do Gasoduto Lateral Cuiabá



LINHA DO TEMPO PETRÓLEO E GÁS NATURAL

Linhas do tempo

- 2001 41 | Crise de Abastecimento de Eletricidade no Brasil
- 2001 42 | Procap 3000 – capacitação E&P em águas ultra profundas
- 2005 43 | 1ª Descoberta no Pré-Sal da Bacia de Campos
- 2005 44 | Início de operação do Polo Petroquímico de Duque de Caxias (RJ)
- 2006 45 | Nova Descoberta no Pré-Sal (TUPI) e ideia com COMPERJ
- 2006 46 | Criação do PLANGÁS – Plano de Antecipação da Produção de Gás
- 2007 47 | UNIVEN (SP)
- 2008 48 | Descoberta de Júpiter e Iara na Bacia de Santos
- 2008 49 | DAX-OIL (BA)
- 2008 50 | Extração do 1º Óleo na Bacia de Campos (JUBARTE) pré-sal
- 2009 51 | Início op. do gasoduto Urucu-Coaraci-Manaus
- 2009 52 | Início op. do terminal de Regaseificação de Pecém/CE
- 2009 53 | Início op. do terminal de Regaseificação da Baía de Guanabara/RJ
- 2009 54 | Lei do Gás (Lei 11.909/09)
- 2009 55 | Extração do 1º Óleo na Bacia de Santos (lula) pré-sal
- 2009 56 | Etiquetagem Veicular
- 2009 57 | Etiquetagem Edificações
- 2010 58 | Nova lei do Pré-Sal
- 2010 59 | Lei da Partilha
- 2010 60 | Lei da Cessão Onerosa
- 2010 61 | Inauguração do gasoduto de integração Sudeste-Nordeste (GASENE)
- 2010 62 | Lei da PPSA
- 2011 63 | Perfuração e Descoberta dos poços 2-ANP-1-RJS e 2-ANP-2A-RJS
- 2012 64 | Criação do Programa Inovar-Auto
- 2013 65 | Criação da PPSA
- 2013 66 | 1ª Rodada de Partilha de Produção (pré-sal)
- 2014 67 | Início da operação do terminal de Regaseificação da Bahia
- 2014 68 | RNEST (PE)
- 2015 69 | Petrobrás inicia processo de desinvestimento em alguns ativos de GN
- 2016 70 | Lançamento do Gás Para Crescer do Governo Federal
- 2016 71 | Fim da operação exclusiva do pré-sal
- 2017 72 | 2ª e 3ª rodadas de Partilha de Produção
- 2017 73 | Início da produção do TLD de Libra
- 2019 74 | Hibernação das UFNs de Camaçari (BA) e Sergipe
- 2019 75 | Programa Novo Mercado de Gás do Governo Federal
- 2019 76 | Assinatura do Termo de Compromisso de Cessão entre CADE e Petrobras

Economia da Energia e aspectos sociodemográficos

Energia, economia e aspectos sociodemográficos: movimentos que acompanharam a evolução do uso da energia

Nos últimos cinquenta anos, tanto a sociedade quanto a economia brasileira passaram por uma série de transformações que se refletiram em mudanças nos hábitos de consumo. Este capítulo tem o objetivo de mostrar como essas alterações impactaram o setor de energia.

Em termos demográficos, aconteceram mudanças significativas no que diz respeito ao ritmo de crescimento populacional e, conseqüentemente, sobre a estrutura etária da população, bem como sobre a ocupação do território nacional. No que diz respeito à economia, aconteceram diversos eventos importantes, tanto domésticos como globais, que impactaram significativamente a atividade econômica, bem como a estrutura da economia brasileira e mundial.

Aspectos demográficos

De 1970 até 2019, a população brasileira cresceu, em média, 1,7% a.a. , porém, ao analisar a trajetória ao longo dos anos (Gráfico 1.1), é possível perceber que esta vem crescendo a taxas cada vez menores, o que, considerado isoladamente, levaria a uma menor pressão sobre o consumo de energia. Vale ressaltar que, desde 1970, outros fatores, que também serão discutidos ao longo deste documento, influenciaram o consumo de energia, como, por exemplo, o nível de atividade econômica, o ritmo de aquisição de equipamentos eletrodomésticos e o aumento da taxa de motorização.

A desaceleração do crescimento populacional se deve à redução da taxa de natalidade, já que, nos últimos anos, houve uma queda significativa do número de filhos por família. Isso somado à maior expectativa de vida tem levado ao envelhecimento populacional. Segundo IBGE (2018), estima-se que em 2019, cerca de 25% da população tinha mais de 50 anos de idade.

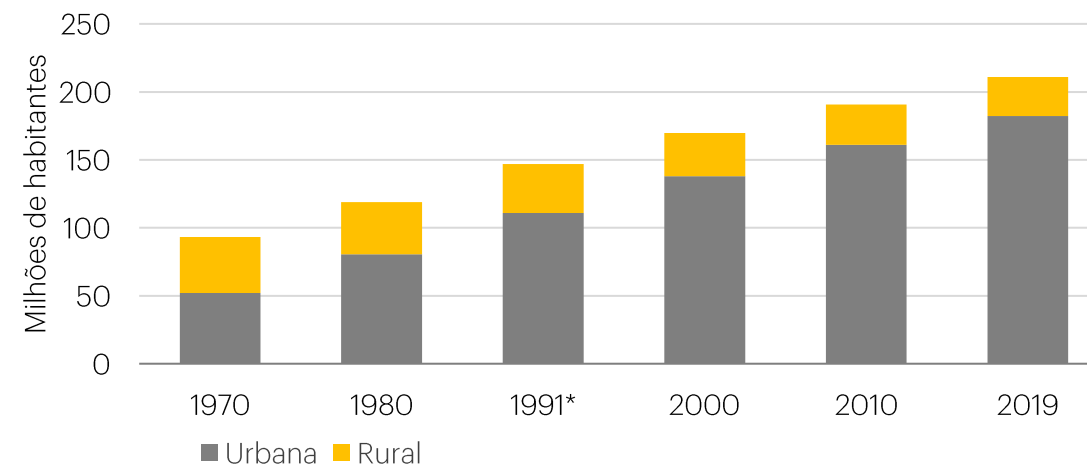
Em relação à distribuição ao longo do território nacional, a população brasileira passou por um rápido processo de urbanização entre as décadas de 1940 a 1970, em virtude

das migrações internas, principalmente, do início dos processos de industrialização e de mecanização do campo. Em 1970, apenas 56% da população estavam nas cidades, em 1980 este número saltou para 67,7%, chegando a 86,4% em 2019.

Nos últimos anos, apesar deste processo estar mais lento, a tendência de urbanização se manteve. Esse maior fluxo de pessoas do campo para a cidade levou a alterações significativas em relação ao consumo de energia, como o aumento do uso de GLP para cocção, em detrimento da lenha. Essas mudanças serão discutidas com mais detalhes ao longo deste relatório.

Gráfico 1.1 – Evolução da população brasileira urbana e rural (1970-2019)

Fonte: IBGE (diversos anos) e estimativa de 2019 baseadas em IBGE (2018).



Nota: Na década de 1990, o Censo Demográfico foi realizado em 1991. Os diversos anos de publicações do IBGE compreendem IBGE (1970, 1980, 1991, 2000 e 2010).

Economia e Energia

A década de 70 e o Milagre Econômico

No início dos anos 1970, o Brasil viveu o chamado “Milagre Econômico”, período de grande prosperidade na economia nacional em que se observou um crescimento do PIB de cerca de 12% ao ano e uma inflação descendente (embora ainda elevada), frutos das reformas e políticas de estabilização implementadas nos anos anteriores, do cenário internacional favorável e das políticas econômicas orientadas ao crescimento, entre as quais se inclui o I Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), lançado em 1972. O setor industrial foi o protagonista desse crescimento, sendo impulsionado pelo aumento dos investimentos, incluindo em infraestrutura, pelo aumento da mecanização do setor agropecuário e pela retomada do desenvolvimento da indústria de bens de consumo duráveis e de capital (ABREU, 2014), levando a indústria a crescer a taxas de 14% a.a.

O crescimento econômico no período do Milagre foi acompanhado de um aumento do consumo e da Oferta Interna de Energia (OIE) nacional, que variou 7% a.a., entre 1970-73. Houve crescimento expressivo do consumo dos setores energético (18% a.a.), público (16% a.a.), transporte (13% a.a.) e industrial (10% a.a.). O período também foi marcado por um aumento da dependência externa de petróleo, que passou de 67% em 1970 para 77% em 1973, levando a um aumento da importação desse bem de 25% a.a. Cabe mencionar que também se observou um crescimento expressivo do consumo de eletricidade (13% a.a.), cuja participação era de apenas 6% do consumo final de energia.

Ao final de 1973, o mundo se defrontava com o “1º Choque do Petróleo”, quando os países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) decidiram aumentar o preço do barril de petróleo para US\$11,65, um crescimento de 300% em relação ao preço praticado até setembro daquele ano, de US\$2,90. Em meio a um cenário internacional de grande dependência dessa fonte, o resultado foi uma retração da atividade em diversos países desenvolvidos e uma redução do crescimento no Brasil, contribuindo para encerrar o ciclo de altas taxas de crescimento do Milagre. As importações de petróleo bruto no Brasil ficaram praticamente estagnadas em 1974,

embora a importação de derivados e a produção interna tenham crescido, resultando em uma expansão da oferta interna de petróleo e derivados de 10% nesse ano.

Naquele momento, o cenário nacional era de, ao mesmo tempo: i) dependência estrutural por importações, decorrente da expansão da indústria no período do Milagre, e; ii) restrição na capacidade de importar em função dos efeitos do choque sobre o preço dos produtos importados e da crise nos países desenvolvidos, com consequente redução das receitas de exportações brasileiras (GIAMBIAGI et. al., 2016).

Nesse contexto, em 1974, foi lançado o II PND, plano de investimentos públicos e privados com foco nos setores considerados pontos de estrangulamento ao crescimento nacional. Entre os objetivos, incluíam-se a expansão da malha ferroviária, da rede de telecomunicações e da infraestrutura ligada ao setor agrícola, além do desenvolvimento da indústria de base, em especial a siderurgia, a química pesada, metais não ferrosos e minerais não metálicos. Na área de energia, o plano previa investimentos para ampliação da capacidade de produção de energia, com destaque para a produção de petróleo, bem como o desenvolvimento de fontes alternativas, e a expansão da geração hidrelétrica.

Ao longo dos anos do II PND, entre 1974 e 1979, o PIB brasileiro se expandiu a uma taxa média de 6,4% a.a., com destaque para o desempenho da indústria de produção e distribuição de eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana (12% a.a.) e dos serviços de transporte (10% a.a.). Os segmentos da indústria de minerais não metálicos, metalurgia, material elétrico e de comunicações e química também apresentaram crescimento médio acima do PIB no período (cerca de 8% a.a.). Como reflexo, esses setores também apresentaram aumento considerável no consumo de energia no período, com expansão de 15% nos setores energéticos, 12% a.a. nos setores de química e metalurgia e de 7,5% a.a. no setor de cimento. Em termos totais, foi observado um crescimento médio de 5% da OIE e do consumo final de energia entre 1974 e 1979.

No âmbito das medidas para reduzir a dependência externa de petróleo, em 1975 o governo lançou o Programa Nacional do Álcool (Próalcool), o qual visava estimular a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar como combustível substituto de alguns derivados de petróleo. O programa teve duas fases: a primeira, que se estendeu até 1979, foi voltada para a produção de etanol anidro, que deveria ser misturado à gasolina; na segunda fase, foi ampliada a produção de etanol hidratado, que seria utilizado puro em substituição da gasolina como combustível nos automóveis. Como resultado, a produção de etanol se expandiu a taxas elevadas até o final da década seguinte (cerca de 32% a.a. entre 1976 e 1987).

O vigoroso crescimento do etanol nesse período também foi beneficiado pelo 2º choque do petróleo ocorrido em 1979, quando os preços internacionais do barril atingiram o valor de US\$30.

Após um período de aparente acomodação das economias internacionais ao novo padrão de preços, o acirramento do conflito com o Iraque provocou uma queda substancial na produção de petróleo do Irã, então segundo maior produtor global, cujo volume passou de 5,6 milhões de barris/dia em junho de 1978 para 800 mil barris/dia em novembro do mesmo ano, aumentando a pressão sobre os preços internacionais (PINTO JR et. al; 2016).

Os anos 80: crise da dívida e planos de estabilização

O segundo choque do petróleo provocou uma nova fase de recessão nos países desenvolvidos, que se estendeu pelos primeiros anos da década de 80. A combinação de aumentos de juros nos países desenvolvidos, interrupção de fluxos de capitais para os países em desenvolvimento e a deflagração da crise da dívida externa na América Latina após a moratória do México em 1982 impôs um cenário externo adverso para os países em desenvolvimento com alto endividamento, como era o caso do Brasil (GIAMBIAGI et. al., 2016). Esse contexto, associado ao cenário interno de inflação elevada – de 110% em 1980 – provocou uma mudança da política econômica na direção do ajuste interno e externo, que se estenderia ao longo de toda a década de 1980.

Como consequência, entre 1980 e 1983 foi observada uma retração de 2% a.a. no PIB e de 5% a.a. na indústria. A OIE e o consumo final ficaram praticamente estagnados no período, ambos variando a uma taxa média de 0,2% a.a. Cabe mencionar, no entanto, que apenas as fontes lenha e carvão vegetal, e petróleo e derivados apresentaram queda na OIE e no consumo final de energia nesse período, de -1% e -4,9%, respectivamente. Apesar disso, a participação dessas fontes seguia elevada (cerca de 67% da OIE em 1983), e seus desempenhos negativos compensaram o crescimento observado nas demais fontes. Cabe mencionar que, enquanto a lenha já apresentava tendência de redução ao longo da década de 1970, a queda substancial de petróleo e derivados no período pode ser entendida como um efeito direto do choque de preços e das políticas de promoção de fontes alternativas, como etanol. Em termos de setores consumidores, houve queda apenas no consumo residencial, industrial e de transporte (em especial, no rodoviário).

Nos anos que se seguiram, uma conjunção de fatores positivos contribuiu para que a economia nacional recuperasse o fôlego e voltasse a crescer. As economias desenvolvidas mostravam retomada da atividade, o preço internacional do petróleo começava a ceder do patamar de US\$40/barril para cerca de US\$15/barril, e os investimentos realizado pelo II PND de substituição de importação e de aumento das exportações mostravam seus frutos (GIAMBIAGI et. al., 2016). Dessa forma, o PIB brasileiro logrou crescimento médio de 6,3% a.a. entre 1984 e 1987, o qual foi acompanhado de uma expansão média de 5% a.a. tanto na OIE quanto no consumo final de energia.

Em 1988, no entanto, o PIB apresentou uma retração suave de 0,1%, puxada pela indústria (-2,6%) e pela formação bruta de capital fixo (-4,9%). Ainda assim, a OIE e o consumo final apresentaram crescimento de cerca de 1%, embora o consumo dos setores energético, residencial e alguns segmentos de transporte (aéreo e hidroviário) e indústria (cimento, alimentos e bebidas e cerâmica) tenham apresentado redução. No ano seguinte, o PIB se expandiu 3,2%, acompanhado de uma expansão de 1,7% e de 1,5% na OIE e no consumo final de energia, respectivamente.

O período entre a segunda metade da década de 1980 e o início da década de 1990 foi marcado por um cenário de inflação elevada e persistente, bem como pelos esforços de estabilização, materializados em cinco planos: Cruzado (1986), Plano Bresser (1987), e Plano Verão (1989), Color I (1990) e Color II (1991).

Os anos 1990 e o controle inflacionário

Tais esforços, no entanto, não foram bem sucedidos em frear o aumento da inflação, que saltou de 235% em 1985 para 1.094% em 1994. Essas experiências frustradas, em conjunto com o alto endividamento público, resultaram em um baixo crescimento da economia brasileira entre 1990 e 1993 - cerca de 1,8% a.a. Isso se refletiu, em termos energéticos, já que a oferta interna de energia e o consumo também apresentaram um resultado modesto no período, 1,8% a.a. e 2% a.a., respectivamente.

Neste mesmo período, houve a alteração do modelo de desenvolvimento de substituição de importações, caracterizado pelo forte papel do Estado na economia, para um modelo focado na maior participação do investimento privado com privatizações, em linha com o contexto internacional de liberalismo econômico. Segundo GIAMBIAGI et. al. (2016), o processo de privatizações, no período, ficou abaixo da meta e os principais setores englobados foram o de siderurgia, petroquímica e fertilizantes, importantes consumidores de energia. É importante destacar que esse modelo com menor participação do Estado na economia, bem como a política de privatizações permaneceram presentes ao longo da década de 90, atingindo, principalmente os setores de energia – concentrada no segmento de distribuição – e telecomunicações.

O Plano Real, que começou a ser implementado em 1993, teve êxito no controle inflacionário a partir de 1994, o que levou a um aumento do poder de compra da população. Isso resultou em um incremento médio do consumo das famílias de 7% a.a. entre 1994 e 1995 e um crescimento do PIB de 4,2% a.a. no mesmo período. O maior nível de atividade econômica impactou significativamente a oferta interna e o consumo

de energia, que cresceram 3,5% a.a., com destaque para o setor comercial cujo consumo energético cresceu, em média, 9,2% a.a. nesse biênio.

O crescimento significativo da economia observado no pós-Plano Real foi interrompido no fim da década de 90 por conta das crises cambiais internacionais – da Ásia (1997) e da Rússia (1998) – que levaram à desvalorização do real e aumento da taxa de juros, o que impactou negativamente a atividade. O baixo desempenho da economia teve reflexos no consumo de energia, que apresentou crescimento médio de 1% a.a. entre 1998 e 2000, notadamente nas fontes associadas ao uso individual, como o consumo de etanol (-6,5% a.a.) e de gasolina automotiva (-5,2% a.a.)

Anos 2000: a década das transformações

Em 2001, a economia brasileira, que se recuperava dos acontecimentos do fim da década anterior, foi afetada pelo desaquecimento da economia americana, agravada pelos atentados terroristas, que contaminou as principais economias mundiais e pela crise de abastecimento de eletricidade no País. A redução dos investimentos no setor elétrico combinado com a escassez de chuvas e a tendência de crescimento do consumo de eletricidade levaram à necessidade de estabelecer um racionamento a fim de evitar uma interrupção do fornecimento. Nesse ano, o consumo de energia elétrica do País caiu 6,7%, em decorrência do contingenciamento em todas classes, sendo os setores intensivos em energia, como aço, alumínio e ferroligas, os mais afetados.

Ao longo da primeira década de 2000, outros fatos relevantes impactaram, de forma significativa, o setor de energia. Nesse período, houve o aumento da participação da China nas exportações brasileiras, com crescimento expressivo de compras chinesas de produtos oriundos de setores grandes consumidores de energia, como minério de ferro e papel e celulose. Em 2003, a introdução dos automóveis flexfuel impulsionou a retomada da atividade do setor sucroalcooleiro no País com o aumento do consumo de etanol nos anos subsequentes.

Ainda nessa década, segundo GIAMBIAGI et. al. (2016), os biocombustíveis ganharam destaque no cenário mundial com o aumento do preço do petróleo e a maior preocupação com questões ambientais, colocando o Brasil em uma posição privilegiada, dada à sua forte competitividade na produção de combustíveis derivados da cana-de-açúcar. Um destaque nesse período foi a descoberta de petróleo na região do pré-sal. Essas reservas possuem grandes quantidade de óleo leve, de excelente qualidade e com alto valor comercial, o que contribuiu para um aumento considerável na produção de petróleo bruto e na redução da dependência externa ao longo da década de 2010.

Em 2009, aconteceu a crise financeira global, que embora tenha afetado fortemente diversas economias importantes, no Brasil, teve impacto modesto sobre o PIB – queda de 0,1%. Porém, quando analisamos setorialmente, vemos que a indústria foi fortemente afetada, caindo 4,7% nesse ano. Os segmentos industriais mais afetados foram a metalurgia e a mineração. Como consequência, a oferta interna de energia retraiu 3,5%.

Em resposta à crise, foram tomadas uma série de medidas contracíclicas a fim de evitar que uma queda ainda mais forte da atividade econômica, dentre elas destaca-se a redução da alíquota de IPI de bens como automóveis e produtos linha branca. Tais medidas, que continuaram sendo aplicadas até a primeira metade da década de 2010, estimularam, de forma significativa, a venda desses bens, e, conseqüentemente, o consumo de combustíveis e energia elétrica.

Dos anos 2010 até os dias de hoje...

Entre 2010 e 2013, o aumento observado na renda média da população e a redução da desigualdade, em virtude das políticas sociais implementadas nos anos anteriores, associado à 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 2,5% neste período, tendo o PIB crescido a uma taxa de 3% a.a.

Esse período positivo da economia foi interrompido em 2014 com o início de uma crise doméstica que afetou fortemente a confiança dos agentes. Entre 2014 e 2016, a atividade econômica encolheu, em média, 3,4% a.a., com forte queda dos investimentos (-13% a.a.) e do consumo das famílias (-2,8% a.a.) e da indústria (- 5,2% a.a.). Ainda nesse período, a escassez de chuvas na Região Sudeste resultou uma crise hídrica e redução dos níveis dos reservatórios, com impactos sobre a geração hidráulica, que caiu 3,2% em 2015. Diante desse contexto, a oferta interna e do consumo de energia registraram queda de 2,9% a.a. e 1,9% a.a., respectivamente.

A partir de 2017, a economia brasileira passou a esboçar um processo de recuperação gradual da economia, alcançando um crescimento de 1,2% entre 2017 e 2019, o que pode ser considerado modesto, dado o elevado nível de capacidade ociosa e a base baixa de comparação devido à crise anterior. Cabe destacar, nesse período, a greve nacional dos caminhoneiros ocorrida em maio de 2018, em protesto contra os preços dos combustíveis, gerando efeitos negativos sobre o PIB e o consumo de combustíveis, em especial de gasolina (-13%) e de óleo diesel (-1,3%). Assim, entre 2017 e 2019, o consumo total, em média, permaneceu estagnado, embora apresentando ainda queda significativa no setor industrial (-3,7%).

Oferta de Energia

Produção e Oferta Interna de Energia

A Oferta Interna de Energia no Brasil no período 1970-2019 cresceu a um ritmo de 3,1% a.a. atingindo 294,04 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) em 2019, o que equivaleu a 4,4 vezes a oferta em 1970 e próximo a 2% da demanda mundial.

Setor relevante da infraestrutura econômica, a indústria de energia no Brasil no final do período em análise supriu toda a demanda nacional, apresentando um superávit de 10,8 Mtep. Atualmente o carvão metalúrgico é a única fonte não explorada no país sendo todo o suprimento oriundo das importações.

Ao longo dos últimos 50 anos, a matriz energética nacional apresentou alterações significativas, algumas relacionadas aos impactos de crises econômicas, caso do petróleo, e outras associadas à transição demográfica, mudanças de hábitos e disponibilidade e exploração de novas fontes energéticas.

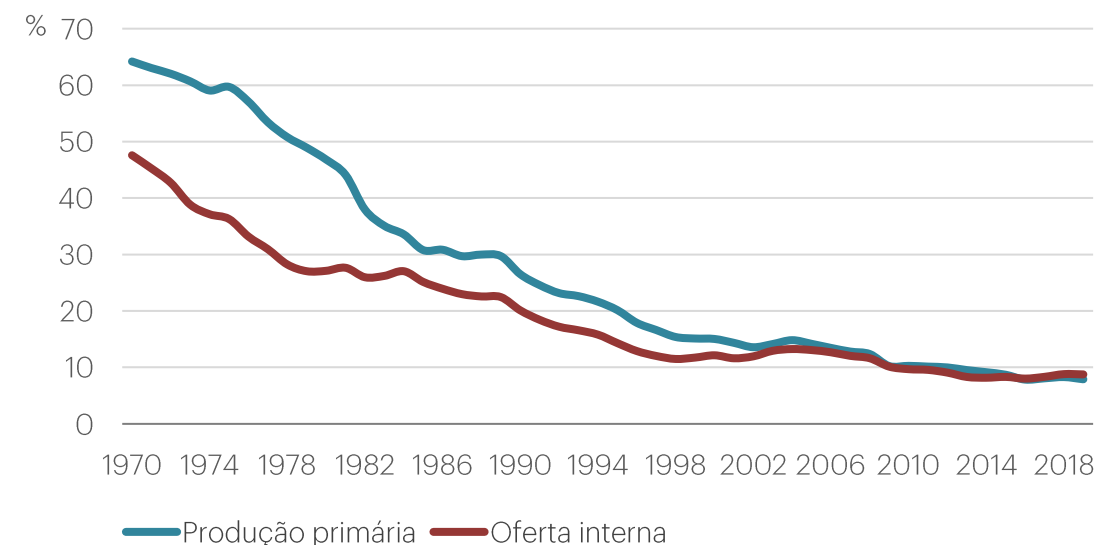
O caso da lenha é exemplar. Em 1970 a lenha representava 64,2% de toda a produção de energia primária no Brasil, equivalente a 47,6% da OIE. Estes patamares se mantiveram elevados até o início da década de 1980, com 46,8% da produção primária, porém com uma redução na OIE (27,1%) em decorrência, particularmente, dos altos volumes de petróleo e derivados importados. A participação acentuada da lenha na matriz energética nacional no início do período analisado se deve a práticas rudimentares características de algumas atividades econômicas da época, a exemplo da agropecuária e produção de alimentos (casas de farinha, em secagem de grãos e folhas), produção de cerâmica vermelha em pequenas olarias, cal, entre outras, além do uso intensivo no setor residencial para cocção de alimentos e aquecimento. O processo de intensificação da urbanização associado ao desenvolvimento industrial, acelera a substituição da lenha por combustíveis mais modernos, eficientes e menos poluentes, caso do consumo de GLP nas residências.

Nota-se, portanto, uma forte redução da participação da lenha nos anos de 1970-2000, excetuando-se o início da década de 1980, quando a elevação dos preços internos do

óleo combustível e do gás natural favoreceu um maior uso da lenha e do carvão vegetal. Esta trajetória é decorrente da evolução do parque industrial, do desenvolvimento da indústria de energia, de maiores controles ambientais, além da disponibilidade e penetração de novas fontes energéticas no país. A partir dos anos 2000 até 2019, a queda da participação da lenha é gradual, estabilizando-se na faixa de 8% a 9% nos últimos anos do período (2010 – 2019).

Gráfico 2.1 – Participação da lenha na matriz energética

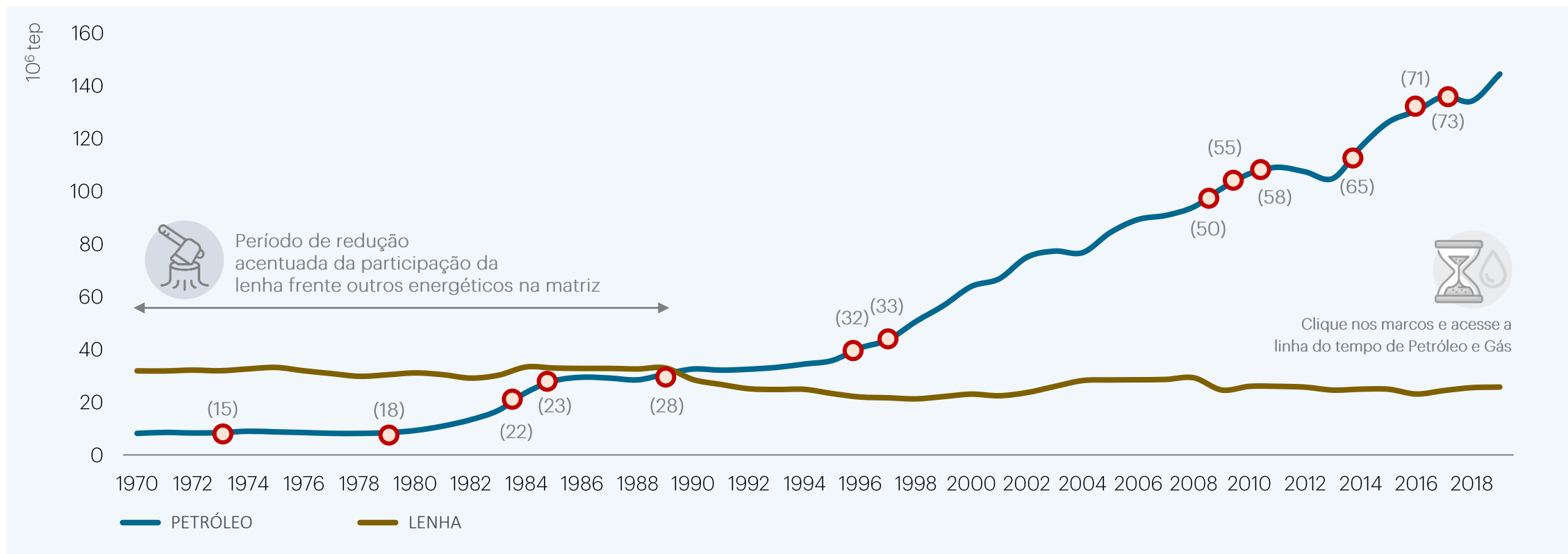
Fonte: EPE (2020b)



Ainda assim a presença da lenha para fins energéticos foi marcante: durante os anos 1970-1989 a lenha figurou como a principal fonte de energia primária, declinando apenas a partir da década de 1990, quando a produção de petróleo se consolidou como a primeira fonte de energia primária do Brasil.

Gráfico 2.2 – Evolução da produção primária de petróleo e lenha

Fonte: EPE (2020b)



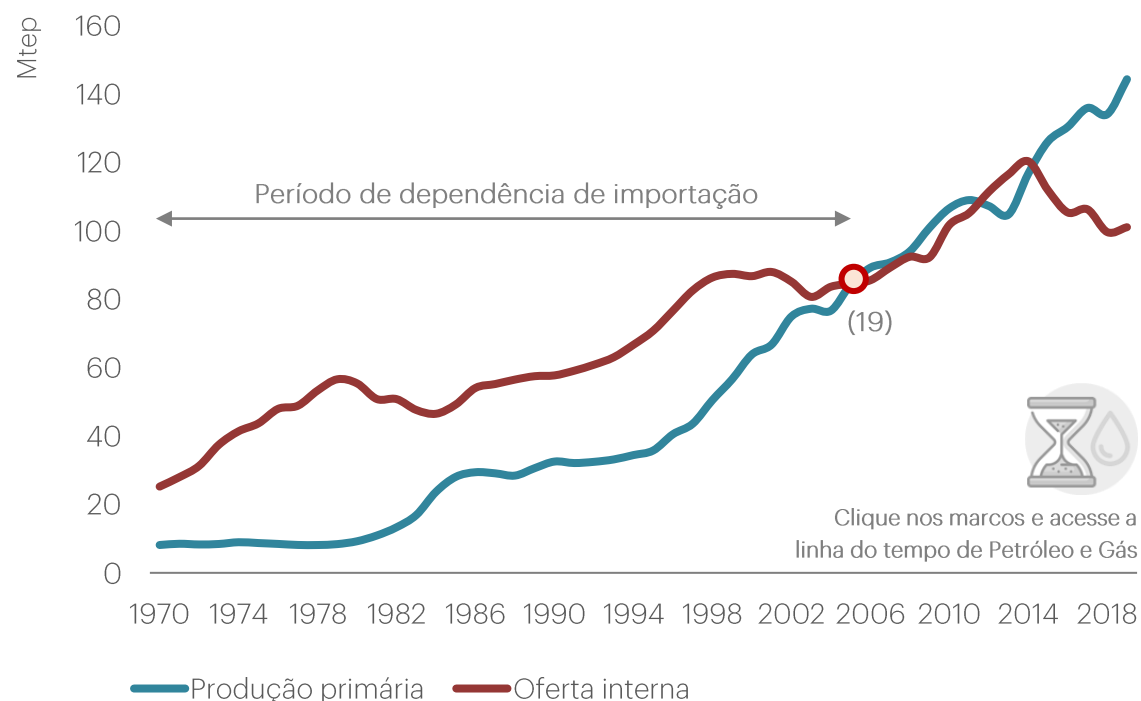
Desde os anos 1930, o crescimento da indústria vinha pressionando a infraestrutura nacional, particularmente o setor de produção de energia.

Dependente das importações de hidrocarbonetos, em 1953 é criada a Petrobrás visando reduzir a vulnerabilidade do país em relação ao suprimento de petróleo e derivados. Nos anos de 1970-1980 a estatal petrolífera consolida um amplo parque industrial, atuando nas atividades de E&P (exploração e produção de petróleo), refino e distribuição, petroquímica, fertilizantes entre outras atividades. A expansão das atividades de refino, iniciada nos anos de 1950 (Cubatão, Mataripe), assegurou, junto com as importações, o suprimento de derivados mesmo durante os impactos das duas crises internacionais do petróleo na década de 1970. A cronologia dos fatos pode ser destacada pelos seguintes momentos:

- Nos anos de 1970-1980 a produção de petróleo no país manteve-se estável crescendo a taxas médias anuais de 1,3% contra um crescimento da oferta interna de 8,2% ao ano;
- No período 1980-1986 há uma reversão de tendências quando a produção nacional cresce a um ritmo de 21,3% a.a. e a OIE a -0,4% a.a., reduzindo assim o grau de dependência externa;
- Durante os anos de 1986-1995 a produção primária desacelera e a oferta interna retoma sua trajetória, ambos crescendo a taxas de 2,2% a.a. e 3,0% a.a. respectivamente;
- A partir de então a indústria de exploração e produção nacional de petróleo cresce praticamente de forma contínua apresentando uma taxa média de 5,7% a.a. durante os anos de 1996-2019, atingindo a marca de 2,79 milhões de bbb/dia em 2019.

Gráfico 2.3 – Evolução da produção primária e oferta interna de petróleo e derivados

Fonte: EPE (2020b)

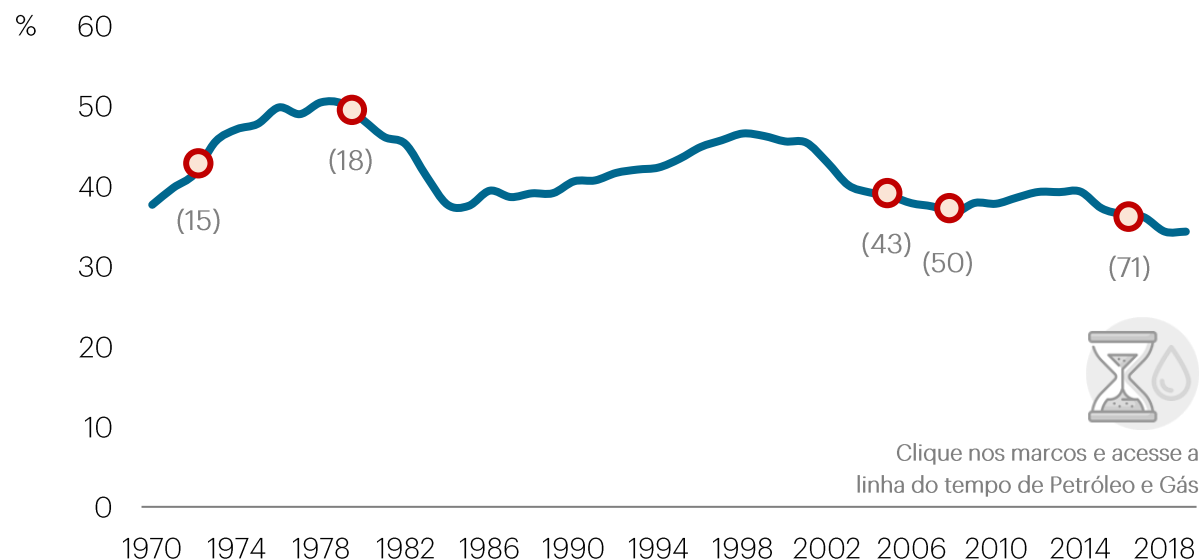


Com a oferta interna de energia se expandindo a taxas médias de 1,2% a.a. no mesmo período, o Brasil se desloca da condição de importador para a de exportador líquido nos últimos anos.

O desenvolvimento da produção de petróleo no Brasil se deu a partir de investimentos vultosos nos setores de prospecção e exploração. Isso possibilitou a aplicação de tecnologias pioneiras no mundo na extração de petróleo em águas profundas com lâminas d'água superiores a 5.000 metros, o que resultou no desenvolvimento de grandes reservatórios na Bacia de Campos e nas áreas do Pré-sal.

Gráfico 2.4 – Evolução da participação de petróleo e derivados na matriz energética

Fonte: EPE (2020b)



Principais pontos da Lei do Petróleo (Lei 9.479/1997)



Criação do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e da atual Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP);



Ratificação de que todos os reservatórios de petróleo, gás natural e outros hidrocarbonetos existentes no território nacional são propriedades da União;



As atividades de transporte, refino, exportação e importação de petróleo podem ser executadas por terceiros, desde que autorizados pela ANP;



As atividades do segmento de *upstream* são concedidas a terceiros pela ANP através de procedimento licitatório.

Outro fator que contribuiu para o crescimento da produção nacional foi a alteração do marco regulatório (Lei nº 9.478 de 1997) viabilizando a entrada de novos atores no processo. Nos últimos 50 anos a produção de petróleo passou de 164 mil barris por dia em 1970 para 2,79 milhões de barris por dia em 2019. A participação de petróleo e derivados na oferta interna de energia em 1970 que era de 38% atinge o patamar de 34% em 2019.

Todo petróleo voltado ao mercado interno é destinado para as refinarias nacionais (Centros de Transformação) onde é convertido numa cesta de derivados. O diesel, a gasolina (automotiva e de aviação) e o óleo combustível são os principais derivados de petróleo produzidos no Brasil. Tais derivados totalizavam 84% dos derivados refinados no em 1970, mas recuaram para 71% em 2019.

Gráfico 2.5 – Participação do diesel, gasolina e óleo combustível no refino

Fonte: EPE (2020b)

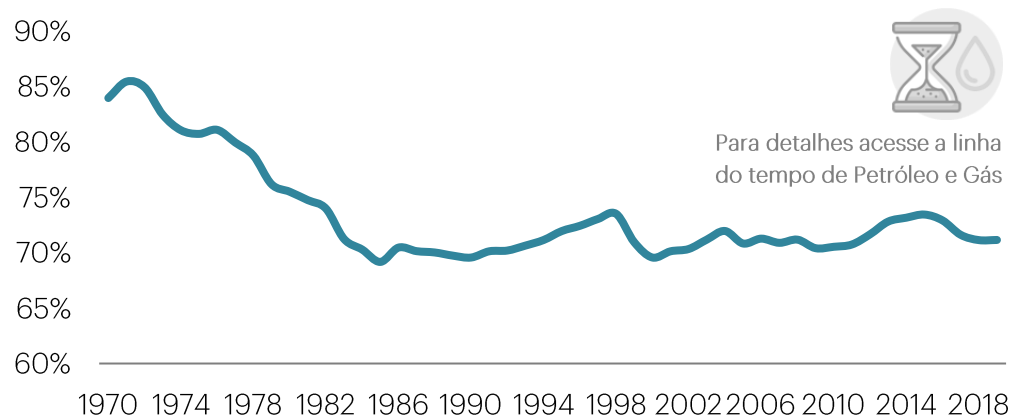
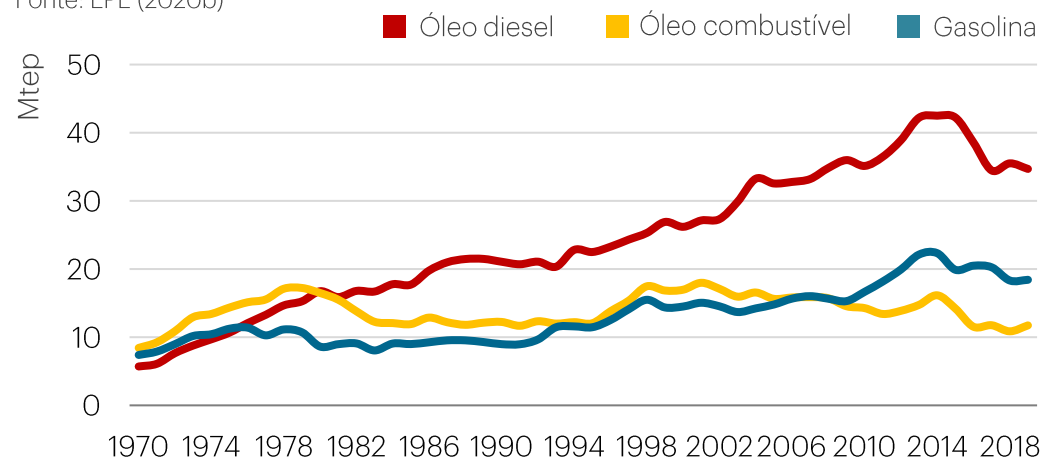


Gráfico 2.6 – Produção nacional de derivados

Fonte: EPE (2020b)



A participação de petróleo e derivados na oferta interna de energia em 1970 que era de 38% atinge o patamar de 34% em 2019. Ao longo destes 50 anos, a produção de derivados cresceu ao passo da expansão do parque de refino e da demanda interna. O óleo diesel, acompanhando principalmente o consumo do setor de transporte de carga, atinge a produção máxima em 2014 (43 Mtep) com uma taxa média de crescimento de 4,7% a.a. entre 1970 – 2014. Entre os anos 2015 e 2019, o baixo crescimento da economia do país ocasionou o declínio da sua produção, atingindo o montante de 35 Mtep em 2019. O impacto da greve dos caminhoneiros, verificado em 2018, também contribuiu para tal, assim como para a redução da produção dos demais combustíveis.

A gasolina e o óleo combustível apresentam crescimentos mais moderados de 1,3% e 0,7% a.a., respectivamente, durante o período 1970-2019. No caso do óleo combustível é visível a sua substituição tanto na indústria quanto na geração de energia elétrica.

O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) destinado principalmente para cocção nos setores residencial e comercial cresce gradativamente substituindo a lenha, conforme verificado no setor residencial e comercial. Os períodos de recuo refletem as política de preços que eventualmente ocasionaram a ampliação da lenha, particularmente nas famílias de baixa renda. Nos últimos 50 anos a produção de GLP cresceu a taxas médias anuais de 3,1%.

Gráfico 2.7 – Produção nacional de GLP, Nafta e querosene*

Fonte: EPE (2020b)

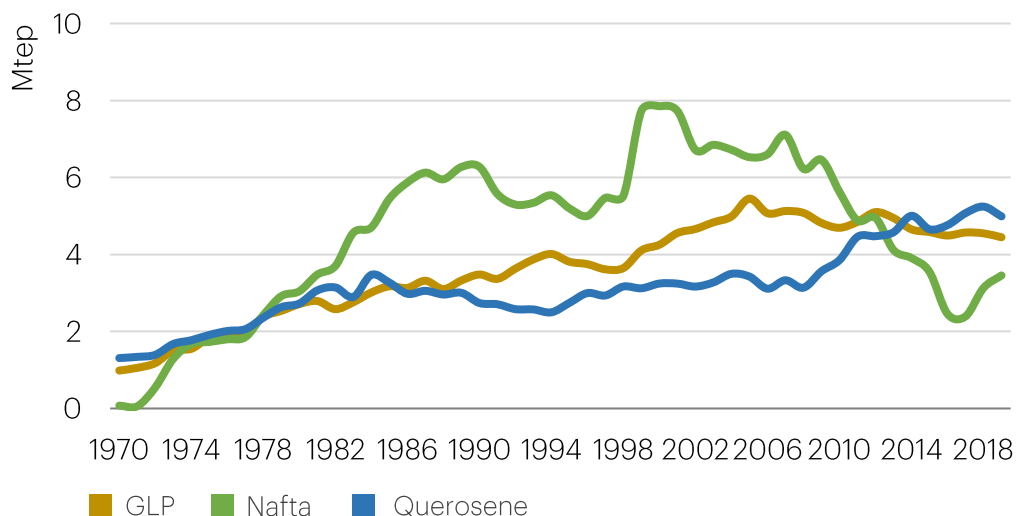
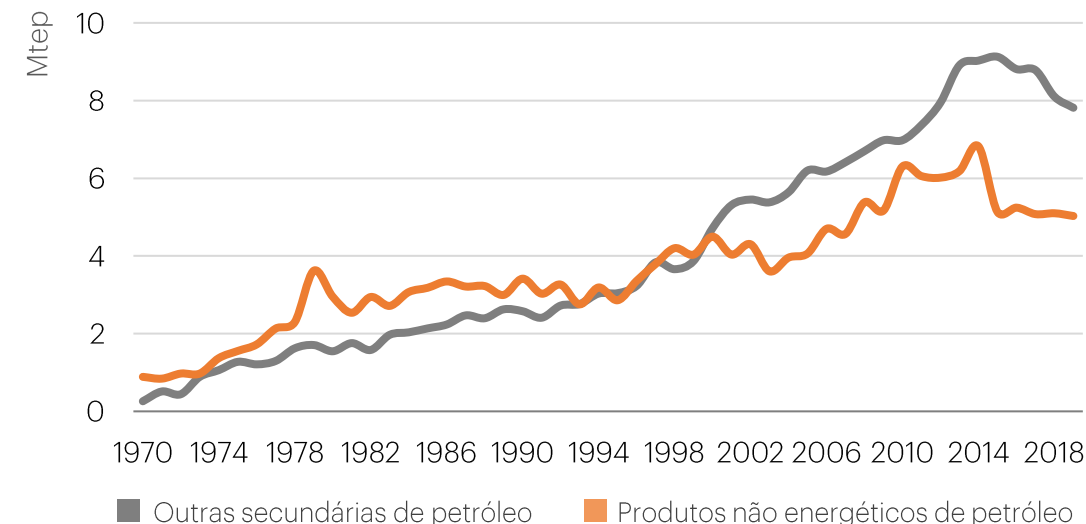


Gráfico 2.8 – Produção nacional de outras secundárias e outros não energéticos de petróleo

Fonte: EPE (2020b)



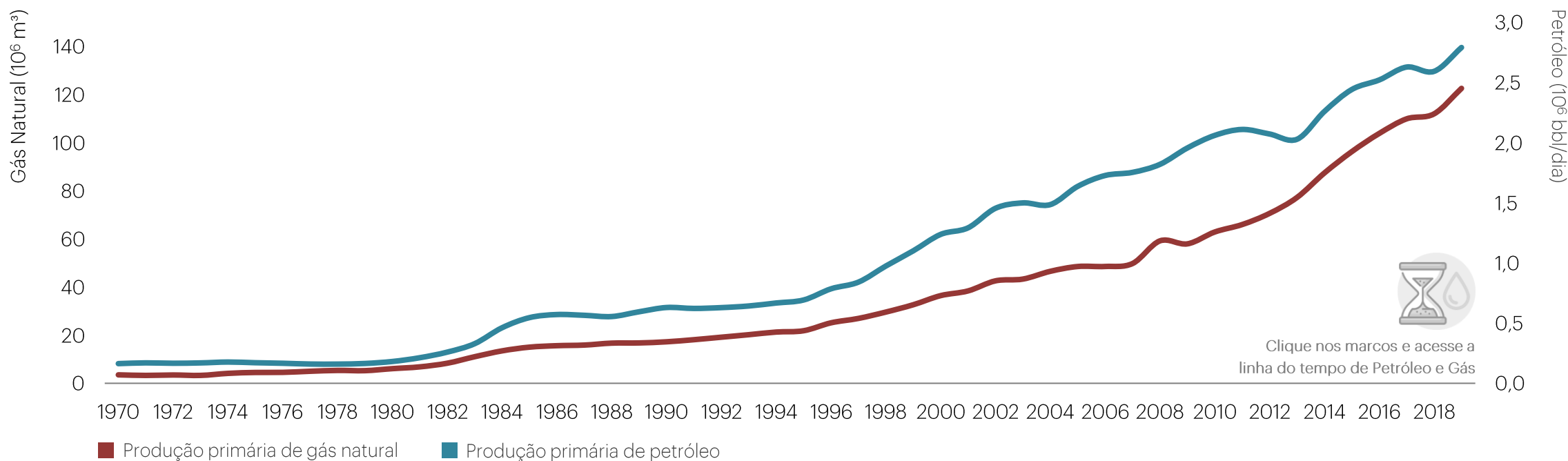
A nafta destinada a produção de resinas termoplásticas na indústria petroquímica atingiu o ápice de produção em 2000 (7,9 Mtep). A partir de 2002, contudo, teve a sua participação no refino reduzida atingindo 3,5 Mtep em 2019, conforme verificado no segmento da indústria química. O querosene, cujo uso nos anos 1970 era destinado em parcelas semelhantes à iluminação e ao transporte aeroviário, em 1985 já era quase que totalmente utilizado para o abastecimento de aeronaves, tendo sua produção expandida a taxas de 2,8% a.a. Os demais derivados de petróleo, outras secundárias de petróleo e produtos não energéticos cresceram a taxas de 7,2% e 3,6% a.a., respectivamente. Gases da petroquímica são as principais fontes das 'outras secundárias' enquanto o asfalto, lubrificantes, solventes entre outros compõem os produtos não energéticos de petróleo.

*iluminante e de aviação

A evolução da produção de petróleo impulsionou a indústria de gás natural, cuja trajetória de extração bruta se assemelha à do óleo. O gás natural produzido no Brasil é majoritariamente associado ao petróleo, sendo destinado à geração de eletricidade, produção de calor de processo e ao aquecimento direto nas mais diversas atividades econômicas, além de ser utilizado como matéria-prima (uso não energético) na petroquímica e na indústria de fertilizantes.

Gráfico 2.9 – Evolução da produção primária de petróleo e gás natural

Fonte: EPE (2020b)



O carvão mineral e o coque apresentaram uma trajetória de crescimento expressivo no decorrer do período entre 1974 e 1986, impulsionada pela construção de termoeletricas e pelo uso intensivo em alguns setores da indústria. Neste período, o carvão e o coque, que representavam 3,1% da Oferta Interna de Energia (OIE), atingiram o patamar de 7,6% em 1986, mais que dobrando as suas participações.

Gráfico 2.10 – Participação de carvão mineral e coque na Oferta Interna de Energia

Fonte: EPE (2020b)

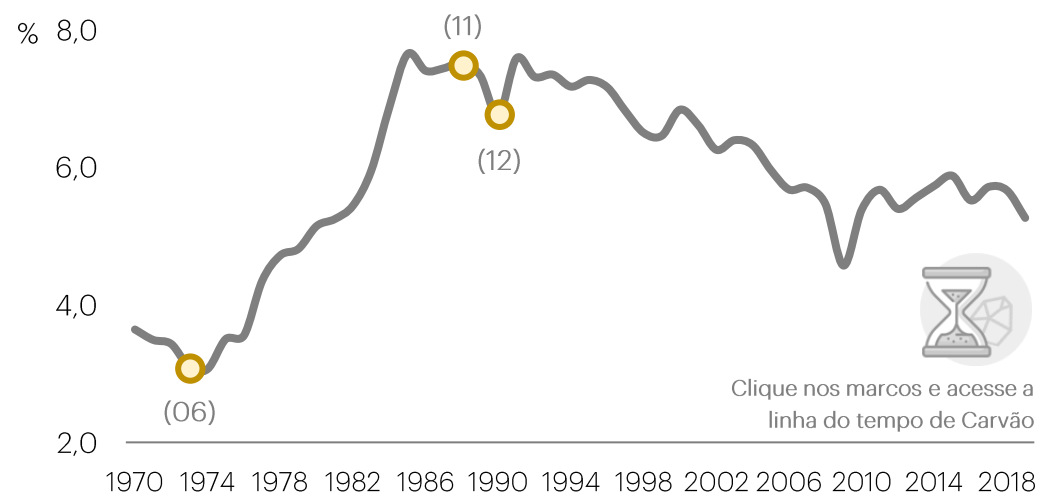
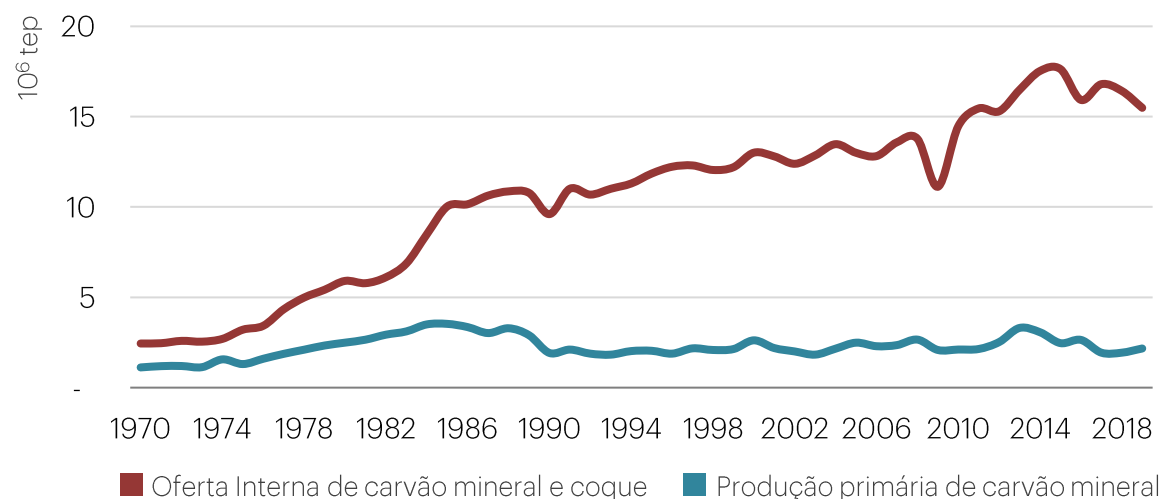


Gráfico 2.11 – Produção e oferta de carvão mineral e coque

Fonte: EPE (2020b)



O carvão a vapor destinado para produção de calor e aquecimento, entre 1980 e 1986 predominou como principal fonte por exemplo na indústria do cimento. No caso do carvão vapor utilizado para geração de energia elétrica, nos anos de 1974-1986 cresceu a uma taxa média de 8,5% a.a. (Veja detalhes na [Linha do tempo do Carvão](#)). Por sua vez, o carvão metalúrgico, amplamente utilizado no setor siderúrgico para produção de coque expandiu seu consumo a uma taxa média de 11,7% a.a. A partir de 1987, a participação do carvão (vapor) declina, especialmente devido à penetração de outras fontes energéticas no setor industrial, atingindo 5,3% do total da OIE.

O Brasil, ao longo destes 50 anos, produziu basicamente carvão vapor, sendo, portanto, dependente das importações de carvão metalúrgico e coque, o que explica a defasagem entre a curvas da figura acima e à direita.

O Brasil também possui uma das maiores reservas de urânio do mundo, com uma fatia de 5% do total (WNA, 2018).

O uso da energia nuclear está presente em diversos setores da economia, como na medicina, na indústria, agricultura, meio ambiente, além do suprimento de eletricidade – que representa a principal demanda do recurso. O desenvolvimento da energia nuclear no país tem origem no Programa Nuclear Brasileiro, que remonta à década de 1950. No entanto, foi somente em 1985 que esta fonte se incorpora na matriz energética nacional, com a entrada em operação da primeira usina nuclear. O parque gerador nuclear brasileiro é composto por duas usinas, Angra 1 (640 MW) e Angra 2 (1.350 MW), localizadas no estado do Rio de Janeiro. Com essas duas plantas, atualmente o urânio é responsável por 1,4% da energia total disponibilizada para o País. Mais detalhes serão tratados em Oferta Interna de Energia Elétrica.



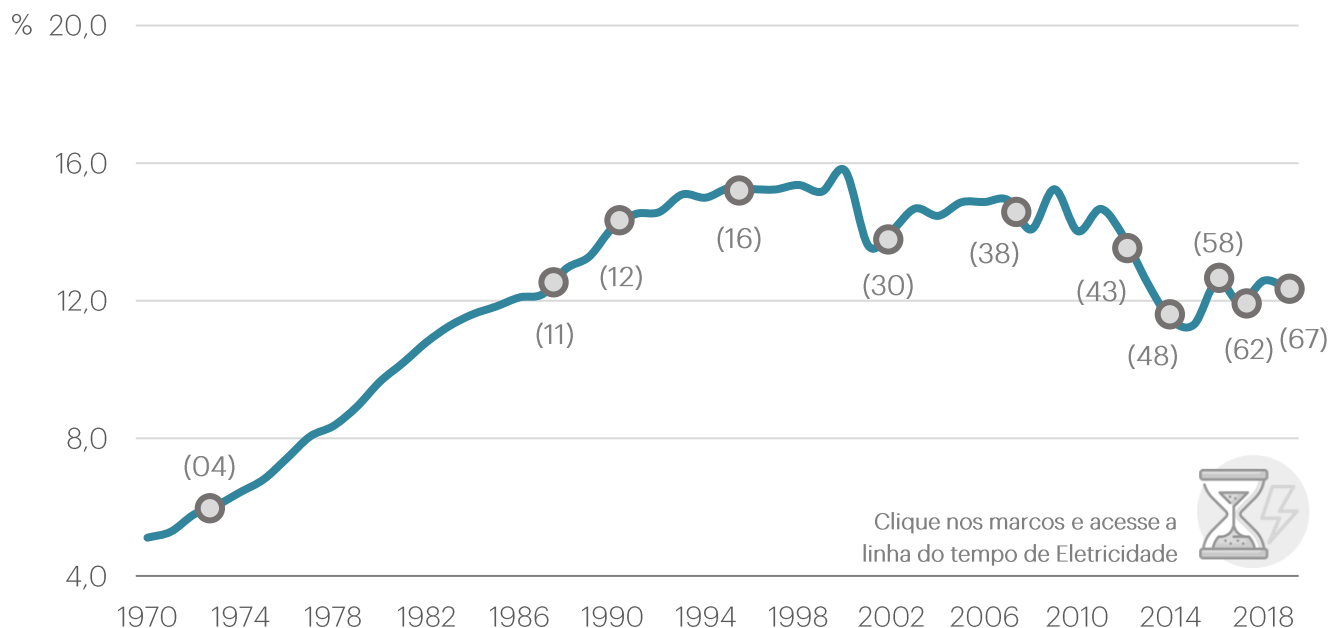
Fonte: INB (2020)

A participação da energia hidráulica na OIE cresceu permanentemente durante o período compreendido entre 1970 e 2000, evoluindo de 5,1% em 1970 para 15,8% em 2000 no total de energia disponibilizada no país.

Este crescimento esteve diretamente associado ao desenvolvimento da indústria de energia elétrica através de tecnologias no campo da construção e operação de grandes centrais hidrelétricas, bem como na operação de sistemas de transmissão a grandes distâncias. Somente em 2001 esta trajetória foi interrompida, decorrente, entre outros aspectos, do grande estresse hídrico verificado neste ano. A partir de 2002 esta fonte primária retoma a tendência de crescimento na OIE alcançando em 2009 o pico de 15,2% de participação. A partir de 2011, após sucessivos anos de escassez hídrica, recuou ao índice de 11,3% do total de energia disponibilizada no país, próximo ao verificado em 1983. Embora o Brasil disponha de grandes recursos hídricos, esta é uma fonte impactada pela sazonalidade, recentemente intensificada devido às novas tipologias das hidrelétricas (expansão a partir de empreendimentos com menor capacidade de armazenamento, visando um menor impacto ambiental). Estes aspectos adicionados à entrada de novas fontes energéticas (eólica, solar e biomassa) contribuem para a estabilização da participação hídrica em novos patamares.

Gráfico 2.12 – Participação da energia hidráulica na Oferta Interna de Energia (OIE)

Fonte: EPE (2020b)



Nota: maiores detalhes na seção referente à oferta interna de energia elétrica - OIEE, onde a evolução das fontes geradoras de eletricidade será tratada integralmente. Ou seja, na seção OIEE serão abordadas as fontes destinadas principalmente à geração de energia elétrica, tais quais a energia eólica, a solar fotovoltaica, tanto quanto outras biomassas, à exemplo da lixívia, subproduto da indústria de celulose, que estão agregadas em 'outras fontes' na OIE, (Gráfico 2.12). Estas outras fontes incorporam ainda todas as matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel.

Os produtos da cana incluem o etanol e o bagaço de cana, este último amplamente utilizado para a produção de calor de processo no setor sucroalcooleiro, entre outras indústrias, além de geração de energia elétrica...

A evolução da oferta dos produtos da cana está intimamente relacionada às sucessivas políticas e programas adotados durante os anos 1970-2019.

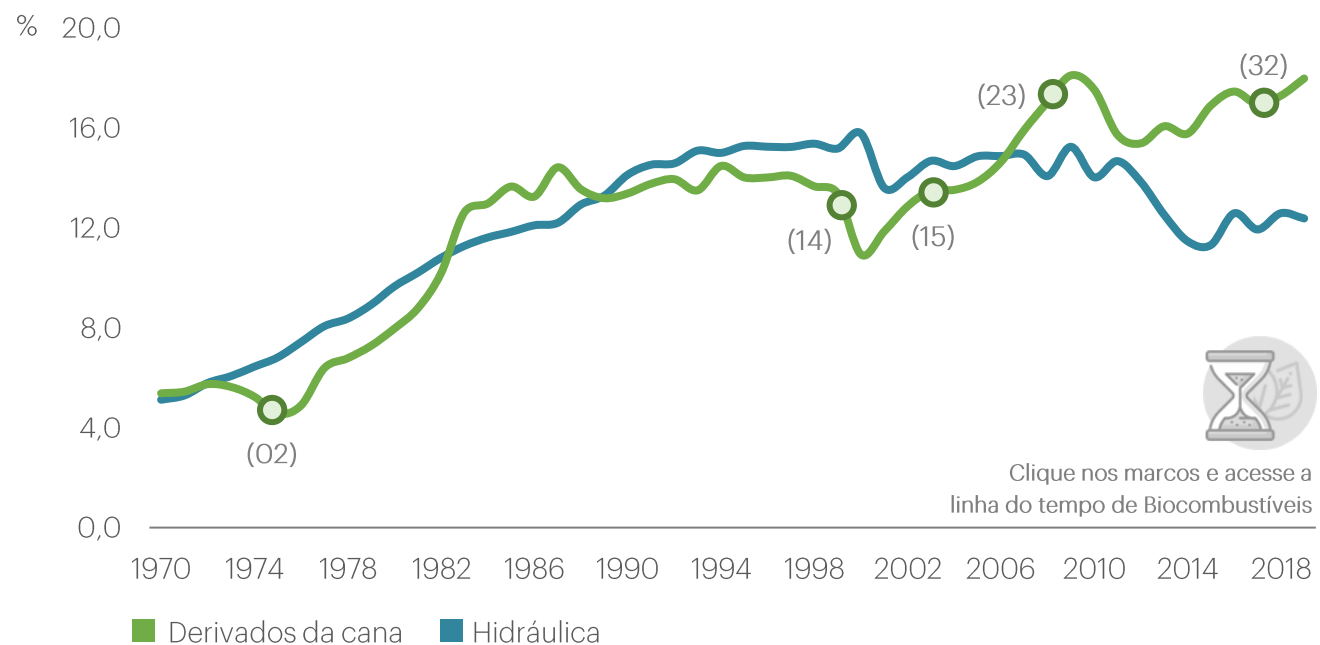
Um dos primeiros impulsos à expansão da oferta dos produtos da cana se deu em 1975, com a criação do Proálcool pelo decreto 76.593, que visava estimular a produção de etanol combustível e assim reduzir o impacto da crise do choque de petróleo de 1973. O principal objetivo era o de substituir parte da gasolina utilizada na frota nacional de veículos leves pela adoção de motores de combustão a etanol hidratado em parte da frota e, ainda incrementar a adição de etanol anidro à gasolina, tornando-a inclusive menos poluente.

O impacto deste programa foi tão grande que alavancou a participação dos derivados da cana na OIE de 4,6% em 1975 para o 14,4% em 1987. Entre os anos de 1983 – 1987 os produtos da cana superam em participação a energia hidráulica na OIE, fato que só veio a ocorrer novamente, aí sim, de forma permanente, a partir de 2007, (Gráfico 2.13). Veja na [linha do tempo dos biocombustíveis](#) os principais marcos do setor sucroalcooleiro.

A cana de açúcar é destinada a dois centros de transformação: o caldo para produção de etanol e o bagaço para as centrais elétricas autoprodutoras, lembrando que uma parcela do bagaço é destinada para a produção de vapor. Esta seção dará ênfase apenas à produção do etanol, dado que os demais produtos serão abordados mais à frente.

Gráfico 2.13 – Participação da energia hidráulica e derivados da cana na Oferta Interna de Energia (OIE)

Fonte: EPE (2020b)



... já o etanol, em suas formas anidro e hidratado, expandiu-se significativamente em função do crescimento do uso de combustíveis do ciclo Otto no setor de transportes.

A evolução da produção de álcool etílico, até 1975 o país produzia pouco mais de 0,6 milhões de metros cúbicos (hidratado e anidro). Somente a partir da criação do Proálcool, a produção ganha relevância. Entre 1975-1991 o etanol hidratado cresce à taxa de 23,7% a.a., alcançando a marca de 10,8 milhões de metros cúbicos no final do período. Em 1991, cerca de 60% dos veículos leves eram movidos à base de etanol hidratado.

A partir deste ano há uma reversão de tendência, decorrente entre outros aspectos da redução do preço do barril de petróleo. A redução da diferença de preço entre o hidratado e a gasolina promove o redirecionamento do setor sucroalcooleiro para a produção de açúcar destinada ao mercado internacional. Em 2001 a produção de etanol hidratado despencou para 5,0 milhões de metros cúbicos.

Somente em 2003, com a inserção da tecnologia *flexfuel* é retomado o crescimento da oferta de etanol hidratado, atingindo sua produção recorde em 2019 de 24,6 milhões de metros cúbicos.

O álcool anidro, por sua vez, teve seu crescimento diretamente associado aos mandatos de adição na gasolina A, atualmente em 27% (BRASIL, 2015). Além disso, por intermédio dos incentivos financeiros relacionados a linhas de financiamentos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), foram contempladas várias atividades do setor sucroenergético, através de programas como PRORENOVA, PASS, PAISS, PROGEREN, FINEM, conforme detalhado em EPE (2016).

Gráfico 2.14 – Evolução da produção de etanol anidro e hidratado

Fonte: EPE (2020b)



Muito embora petróleo e carvão estejam presentes com destaque nos últimos 50 anos das séries históricas, a participação das fontes renováveis, são uma característica marcante da oferta interna de energia no País...

Gráfico 2.15 – Evolução das Outras Fontes Renováveis

Fonte: EPE (2020b)

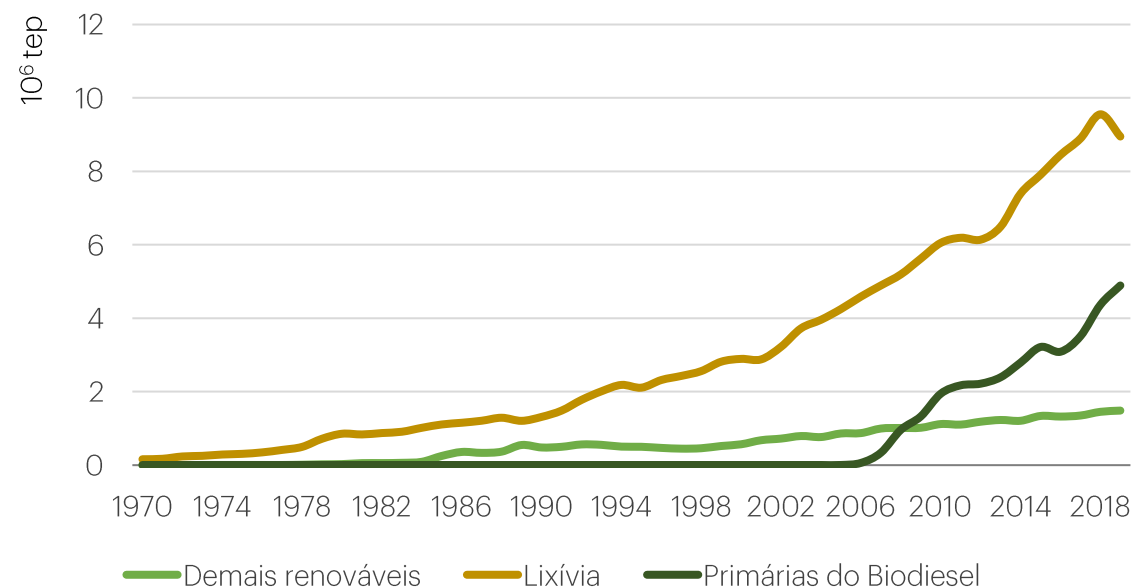
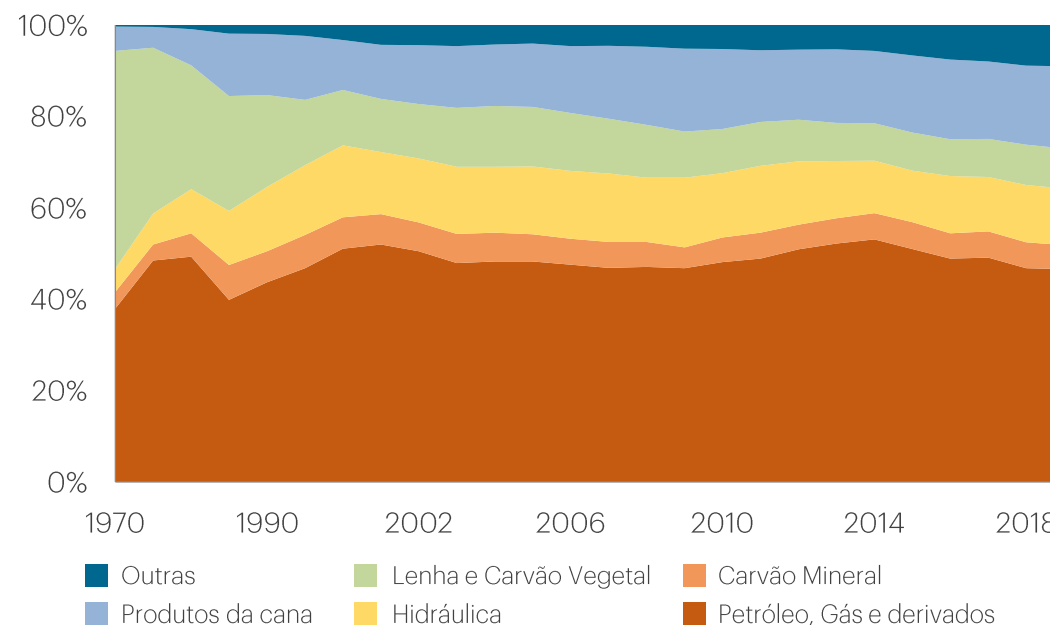


Gráfico 2.16 – Participação das fontes na OIE em anos selecionados

Fonte: EPE (2020b)

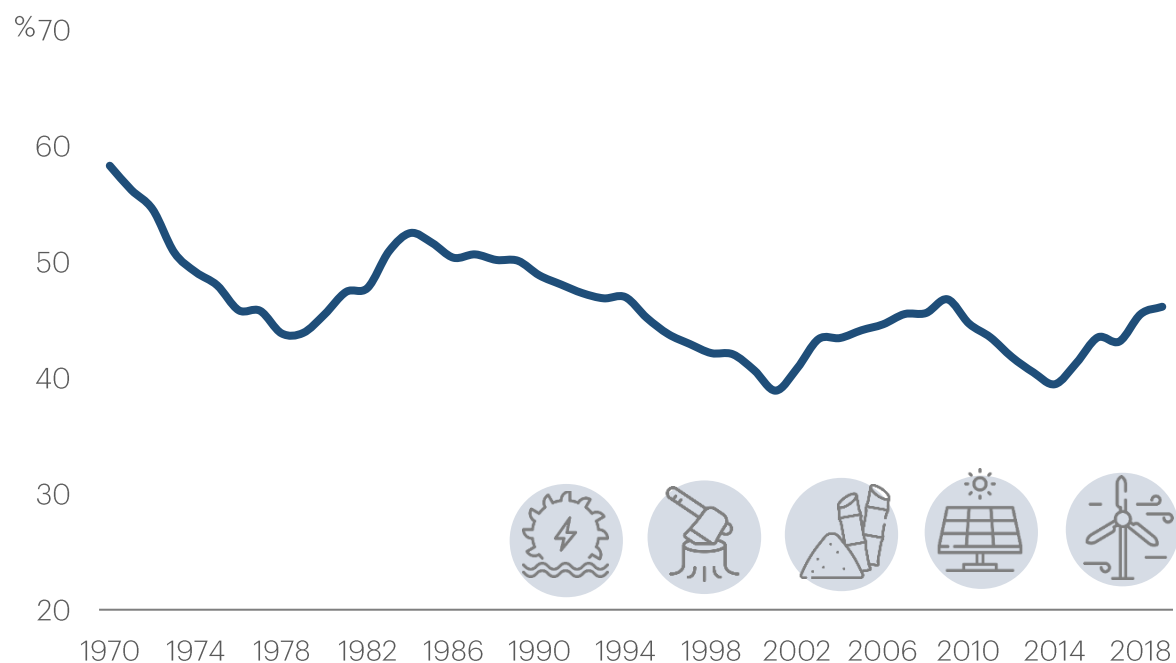


As 'Outras Renováveis' referem-se principalmente à lixívia (subproduto da indústria de papel e celulose), mais recentemente às primárias do Biodiesel e por um conjunto de outras fontes (classificadas no Gráfico 2.15 como demais renováveis) tais como capim elefante, casca de arroz entre outras. O crescimento da lixívia está diretamente associado à produção de celulose no Brasil, assunto que será tratado mais à frente. O biodiesel é obtido a partir de um conjunto de fontes primárias tais como óleos vegetais, com destaque para a soja, que representa mais de 80% dos insumos, e vários outros ácidos graxos de origem animal. O crescimento do consumo de biodiesel está relacionado às políticas de adição deste combustível ao diesel fóssil, adotadas nos últimos 15 anos, com a finalidade de reduzir a pegada de carbono além de estimular novos segmentos da economia nacional. [Vide a linha do tempo de biocombustíveis.](#)

... resultado direto da matriz energética altamente renovável: além da extensa província petrolífera* e da presença de uma das principais reservas de urânio do mundo em território nacional, dominando todo o ciclo do combustível nuclear, o País dispõe de uma matriz energética com ampla diversidade de fontes e se sobressai mundialmente pelo seu elevado grau de renovabilidade, atributo observado em poucos países do mundo.

Gráfico 2.17 – Participação das fontes renováveis na OIE

Fonte: EPE (2020b)



Entre os anos 1970-2019, a matriz energética brasileira apresentou expressivas alterações em sua composição, refletindo os movimentos demográficos caracterizados por uma forte migração campo-cidade e a conseqüente mudança de hábitos, o desenvolvimento de um significativo parque industrial além de estar em consonância com uma pauta ambiental de alta relevância no sentido de assegurar a sustentabilidade do planeta.

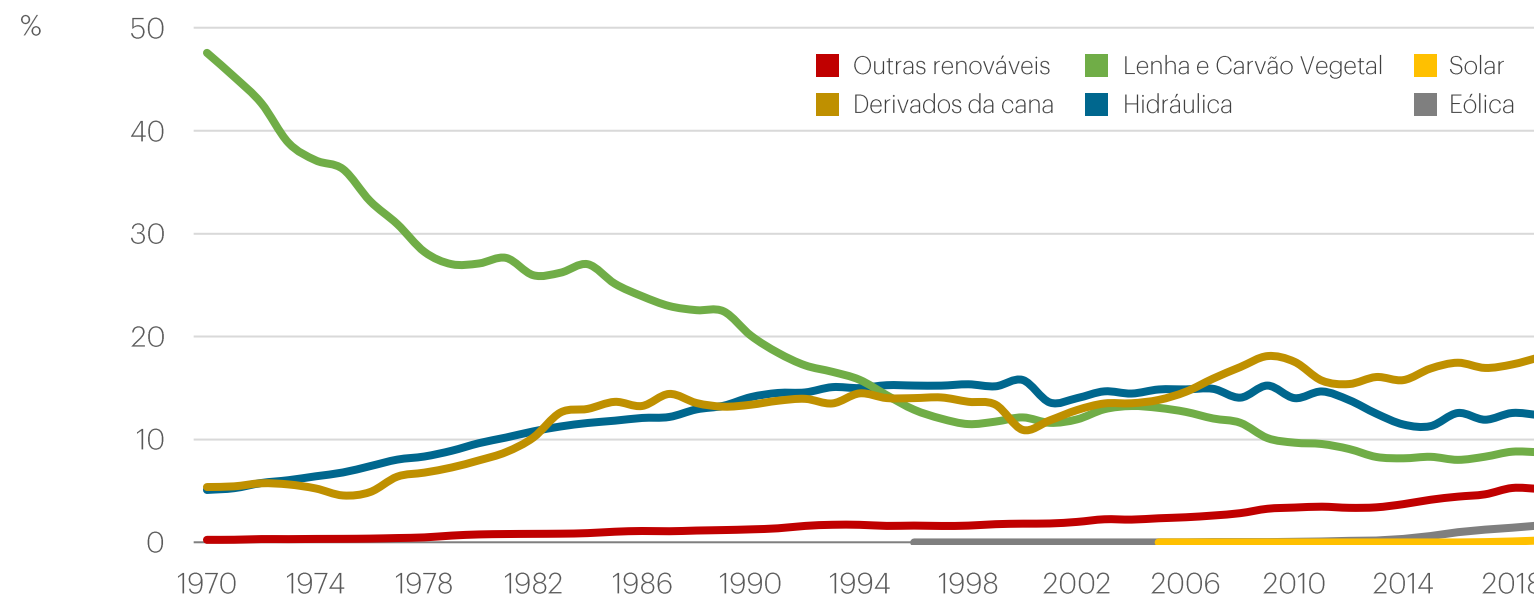
Portanto, no decorrer destes últimos 50 anos, algumas fontes tiveram sua participação reduzida, caso da lenha e do carvão vegetal, já mencionados anteriormente, outras foram desenvolvidas a exemplo do petróleo e gás, energia hidráulica e novas fontes renováveis introduzidas (eólica, solar, biomassa). Esta trajetória caracterizada pelo equilíbrio entre renováveis e não renováveis assegurou ao país ao longo de todo este período a presença de fontes energéticas com menos emissões locais e globais conforme mostra o Gráfico 2.17.

*destaque para as áreas do Pré-Sal

Em 1970, a participação das fontes renováveis era de 58%, reduzindo-se até atingir 44% em 1979 em função da penetração de novas fontes na indústria e, particularmente, decorrente da substituição da lenha no setor residencial por combustíveis, embora não renováveis, mais limpos e adequados à cocção, portanto menos prejudiciais a saúde.

Gráfico 2.18– Evolução da participação das fontes renováveis na matriz energética

Fonte: EPE (2020b)



O Gráfico 2.18 mostra os movimentos das fontes renováveis na matriz energética. Derivados da cana e a hidráulica figuram como as principais fontes renováveis. Destaque para crescimento das outras renováveis (lixívia, fontes do biodiesel, capim elefante, biogás, entre outras) puxado pela lixívia e com tendência de forte expansão da demanda por biodiesel

Durante estes 50 anos, o Brasil manteve-se como um dos principais países do mundo no que se refere à participação de fontes renováveis na matriz e, conseqüentemente, com índices de emissões de GEE pequenos quando comparados com outras nações. Em 2019, de toda a energia disponibilizada no país, 46% foi de origem renovável. A partir daí, verificam-se períodos de ascendência e descendência, associados ao crescimento e sazonalidade de algumas fontes (ex. hídrica), movimentos e picos decorrentes da trajetória econômica, além de políticas adotadas com os objetivos de desenvolvimento de novas fontes limpas (eólica, solar e biomassa) e de garantia do suprimento de energia no Brasil.

Produção e Oferta Interna de Energia Elétrica

A primeira usina hidrelétrica no Brasil, inaugurada no final do século XIX, localizada no Ribeirão do Inferno, para suprir os serviços de mineração em Diamantina/MG registra a entrada do país no segmento de produção de energia elétrica. Na primeira metade do século XX, o setor de geração vai se expandindo, inicialmente com significativa participação de companhias internacionais, participação esta que declina a partir da promulgação do 'Código das Águas' em 1934, marco regulatório que coloca a União como agente central na política energética nacional. A partir daí dá-se início a aceleração do processo de estruturação e estatização da indústria de energia elétrica no país. Em 1974 o Brasil já dispunha de um parque gerador com capacidade instalada de 18.133MW. Nos anos 1990-2000 o Brasil coloca na pauta nacional a redução da participação do estado nas atividades econômicas, com a consequente onda de privatizações.

O Gráfico 2.19 mostra a evolução da produção e oferta de energia elétrica durante o período de 1970-2019. A geração e a oferta de energia ao longo de 1970-2000 crescem continuamente, a taxas médias de 7,0% e 7,4% a.a. respectivamente. O gradativo descolamento das curvas de geração e oferta deve-se principalmente à importação de todo excedente energético do Paraguai, sócia da usina binacional de Itaipu que entrou em operação no ano 1984, inicialmente com uma potência instalada de 1400 MW, expandida para 4200 MW em 1986 e atingindo sua plena capacidade (14000MW) em 2007.

Em 2001, ocorre pela primeira vez nestes 50 anos uma ruptura na trajetória da indústria de energia elétrica, ano em que a produção e a oferta recuaram -6% e -7%, respectivamente, decorrente entre outros aspectos: de uma escassez hídrica (reservatórios das hidrelétricas deplecionados); da insuficiência de linhas de transmissão que conectassem os subsistemas elétricos, ou seja infraestrutura que viabilizasse o transporte de energia das regiões onde havia excedente para locais carentes de

eletricidade; questões estas diretamente relacionadas ao planejamento da época específica.

O impacto da crise força o Brasil a investir em usinas termoeletricas a gás natural, carvão e óleo combustível que não dependiam do ciclo hidrológico, com o propósito de garantir flexibilidade para o sistema e complementar a geração hidrelétrica em períodos de seca, aumentando a segurança energética.

As térmicas a gás natural têm um ganho de participação no parque gerador, estimuladas por políticas de desenvolvimento de mercado para o gás boliviano - relacionado à construção do GASBOL (entrada em operação do trecho Norte em 1999 e trecho Sul em 2000) - e pelo Programa Prioritário de Termoeletricas (PPT) nos anos 2000 (EPE, 2017a). A matriz elétrica evolui para um perfil hidrotérmico no qual o gás natural cresce de importância.

Entre 2002-2014 a oferta e a produção voltam a crescer a taxas de 4,2% e 4,6% a.a., respectivamente, à exceção de 2009 quando o País e o mundo sofrem os impactos da recessão americana que se arrastava desde fins de 2007.

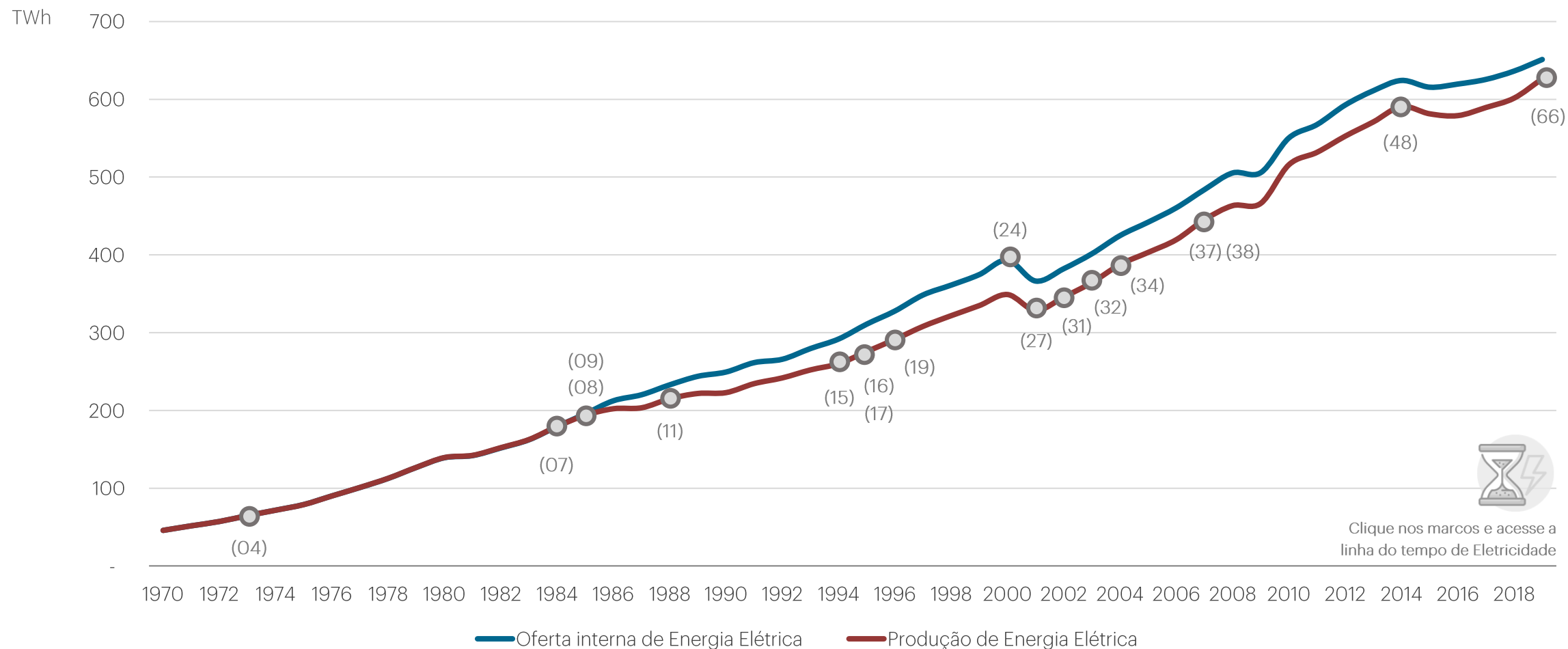
Os anos 2015 – 2017 refletem a instabilidade econômica que conduziu o país a um novo período de recessão, provocando queda na demanda interna de energia, com a consequente redução da oferta e produção de energia. Somente em 2018 a energia elétrica disponibilizada no Brasil atinge os patamares praticados em 2014.

Em 2019 o país produziu 626 TWh de eletricidade e importou outros 25 TWh, basicamente do Paraguai, atingindo assim uma oferta total de 651 TWh, de origem prioritariamente renovável conforme mostra a figura 20.

Desde o início do seu funcionamento, o duto se provou essencial para o suprimento da demanda de gás natural no país, que vem crescendo a cada ano, garantindo o abastecimento de distribuidoras de gás, termoeletricas e refinarias.

Gráfico 2.19 – Evolução da Produção e Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) no Brasil

Fonte: EPE (2020b)

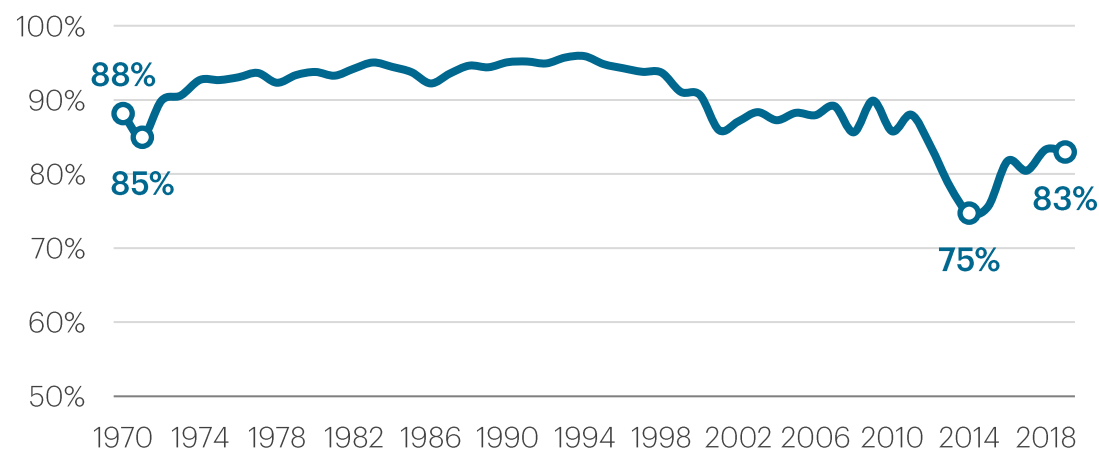


Clique nos marcadores e acesse a linha do tempo de Eletricidade

A participação das fontes renováveis se manteve elevada ao longo de todo o período com percentuais variando entre mais de 90% (até o ano 2000) a 83% em 2019. Estas oscilações estão relacionadas com a sazonalidade da principal fonte da matriz elétrica: energia hidráulica; expansão por meio de hidrelétricas com reservatórios menores, entre outros aspectos.

Gráfico 2.20 – Participação das fontes renováveis na OIEE

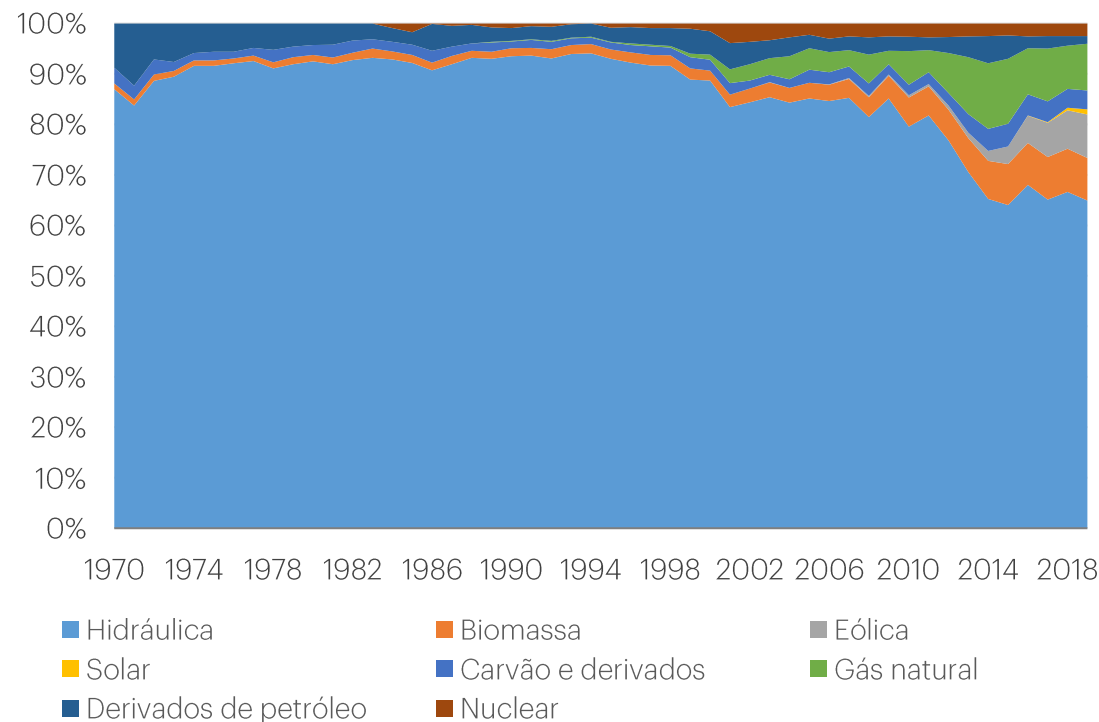
Fonte: EPE (2020b)



Ainda assim, dados o extenso potencial hidrelétrico nacional, a disponibilidade de tecnologia madura e a sua competitividade econômica, a energia hidráulica constitui-se como a principal fonte para geração de energia elétrica, conforme no gráfico ao lado.

Gráfico 2.21 – Participação das fontes na OIEE

Fonte: EPE (2020b)



Duas outras fontes renováveis se destacam particularmente nos anos 2000: a geração de eletricidade a partir da fonte eólica e da biomassa oriunda de bagaço de cana e lixívia.

A geração a biomassa, principalmente a bagaço de cana e a lixívia, entre 1970-2000, contribuiu discretamente para a produção total de eletricidade (em torno de 2% de participação, movimentos vinculados aos setores sucroalcooleiro e de papel e celulose). Somente a partir do ano 2000 a biomassa ganhou relevância, crescendo a taxas de 10,8% a.a. e elevando a sua participação na matriz elétrica de 2% para 8%. Já a geração eólica apresentou um desempenho extraordinário entre os anos 2000 e 2019. No início deste período, contribuía com menos de 1%, atingindo, em 2019, a marca de quase 9% de participação na matriz, superando a biomassa. Tal crescimento esteve associado às políticas desencadeadas ao longo deste período, **vide linha do tempo da Eletricidade**. Por fim, no âmbito das renováveis, a energia solar fotovoltaica, embora ainda com uma pequena participação (1% em 2019), vem crescendo em ritmo acelerado, de 228% a.a., entre 2012 e 2019.

Gráfico 2.22 – Participação da biomassa e eólica na geração

Fonte: EPE (2020b)

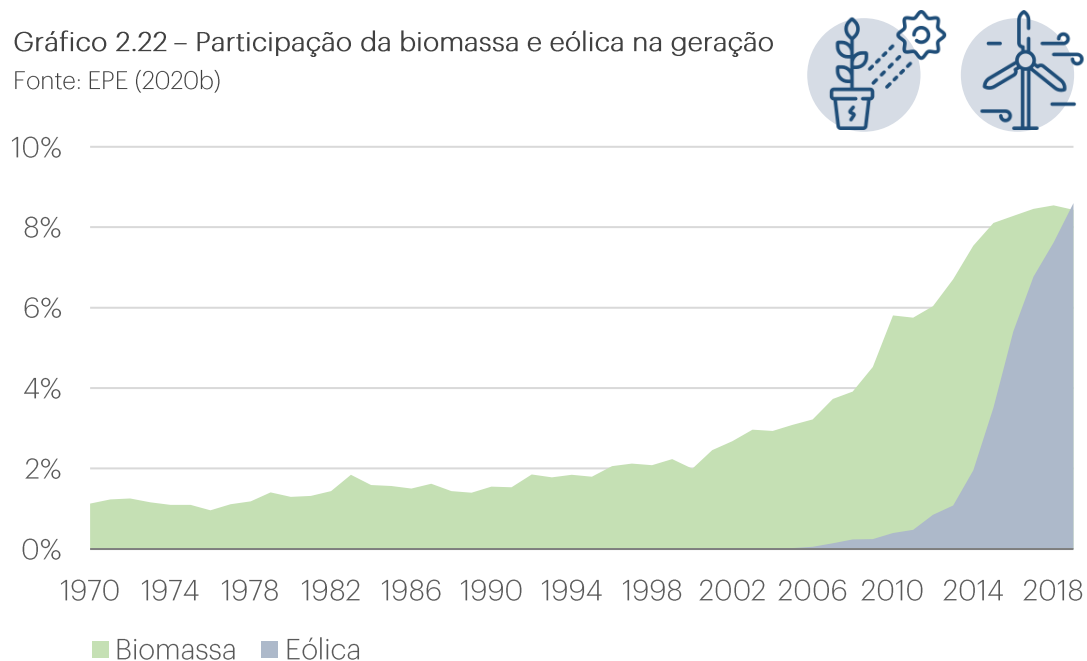
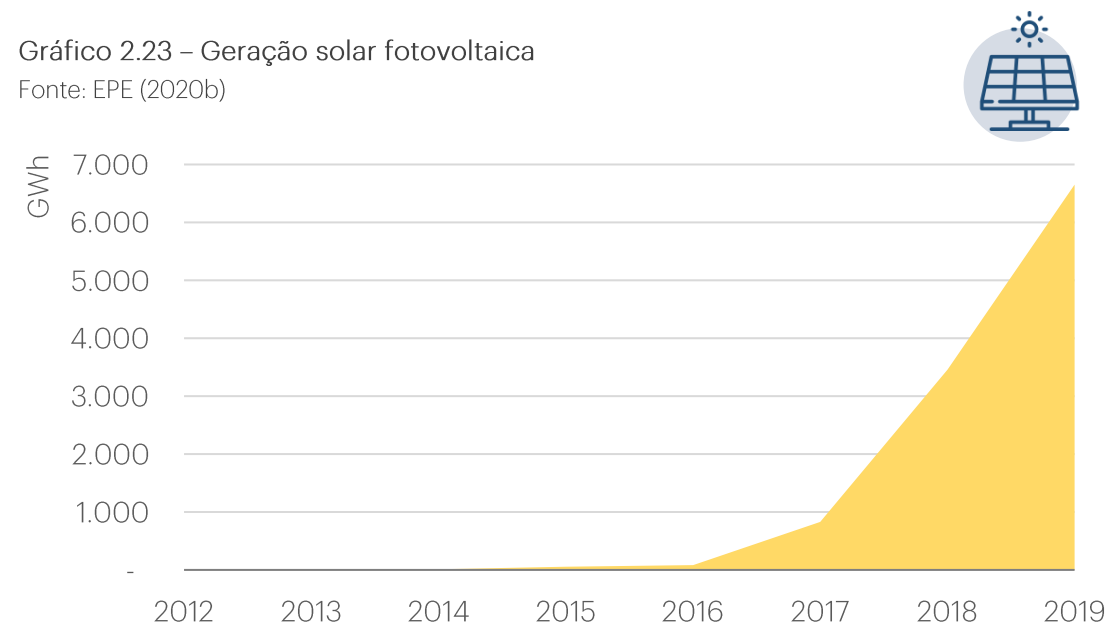


Gráfico 2.23 – Geração solar fotovoltaica

Fonte: EPE (2020b)



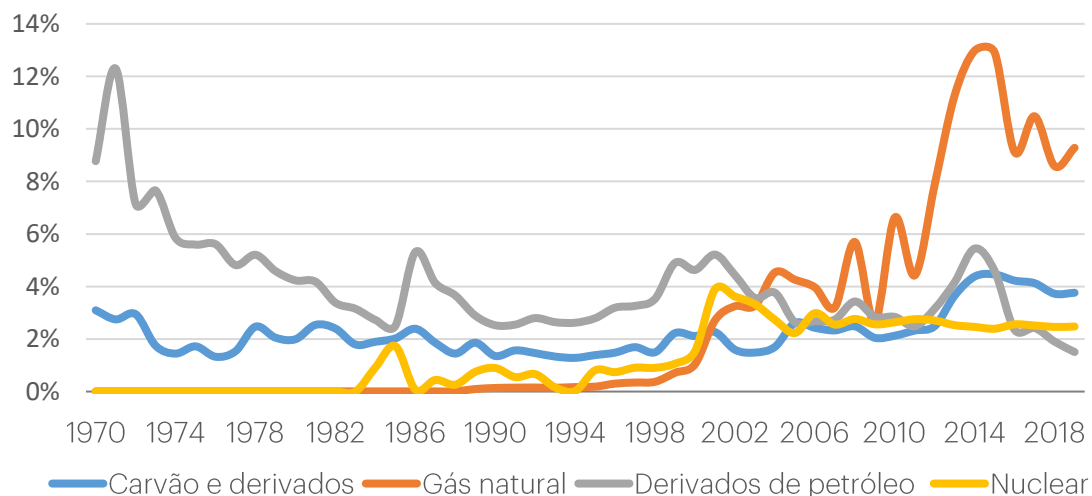
As principais fontes não renováveis presentes na matriz de energia elétrica são: gás natural, carvão e derivados, nuclear e derivados do petróleo (óleo combustível e óleo diesel).

Os derivados de petróleo nos anos 1970-2003 figuravam como as principais fontes não renováveis, contribuindo com mais de 12% no total da OIEE, declinando quase continuamente até atingir o patamar de 3% em 2003, sendo ultrapassada pelo gás natural já em 2004. Em um ambiente de franca expansão de fontes menos emissoras de GEE, o diesel e o óleo combustível se tornam os combustíveis com a menor participação entre as não renováveis em 2019, menos de 2%. A participação do carvão vapor se manteve estável, flutuando entre 1% e 3% até 2012, com toda geração concentrada no sul do país. A partir de 2013, com o início das operações do complexo de termoeletrico de Pecém (CE) e da Usina Termelétrica Porto do Itaqui (MA), a participação do carvão sobe a 4% do total da OIEE.

O aproveitamento da energia nuclear para fins de geração de energia elétrica, tem seu parque concentrado em Angra do Reis (RJ), participando com 2% no total da oferta de energia elétrica do país em 2019. A terceira termonuclear, Angra 3, também localizada no mesmo sítio, está em construção e agregará 1.405 MW à capacidade instalada. Importante destacar que embora não renovável, esta é uma fonte não emissora de GEE. Por fim, o gás natural, fonte de energia que vem apresentando significativo desenvolvimento entre as não renováveis nos últimos anos. Até os anos 2000 o gás natural representava em torno de 1% do total da OIEE.

Gráfico 2.24 – Participação de não renováveis na OIEE

Fonte: EPE (2020b)



Após a crise de 2001, comentada anteriormente, e que provocou escassez na geração, fornecimento e distribuição de eletricidade, o Brasil iniciou um programa de investimentos em usinas termoeletricas especialmente a gás natural, com propósito de assegurar flexibilidade para o sistema e complementar a geração hidrelétrica em períodos de seca, aumentando a segurança energética. As políticas voltadas ao desenvolvimento do mercado de gás natural importado (gás boliviano relacionado à construção do GASBOL), associadas à descoberta e ao desenvolvimento de novas reservas nacionais (Pré-sal e província de Urucu), impulsionaram a presença desta fonte na matriz elétrica nacional.

O crescimento da participação do gás natural a partir dos anos 2000 atinge um máximo nos anos 2014 e 2015 com 13% do total da OIEE estabilizando-se em torno de 9% nos últimos anos do período.

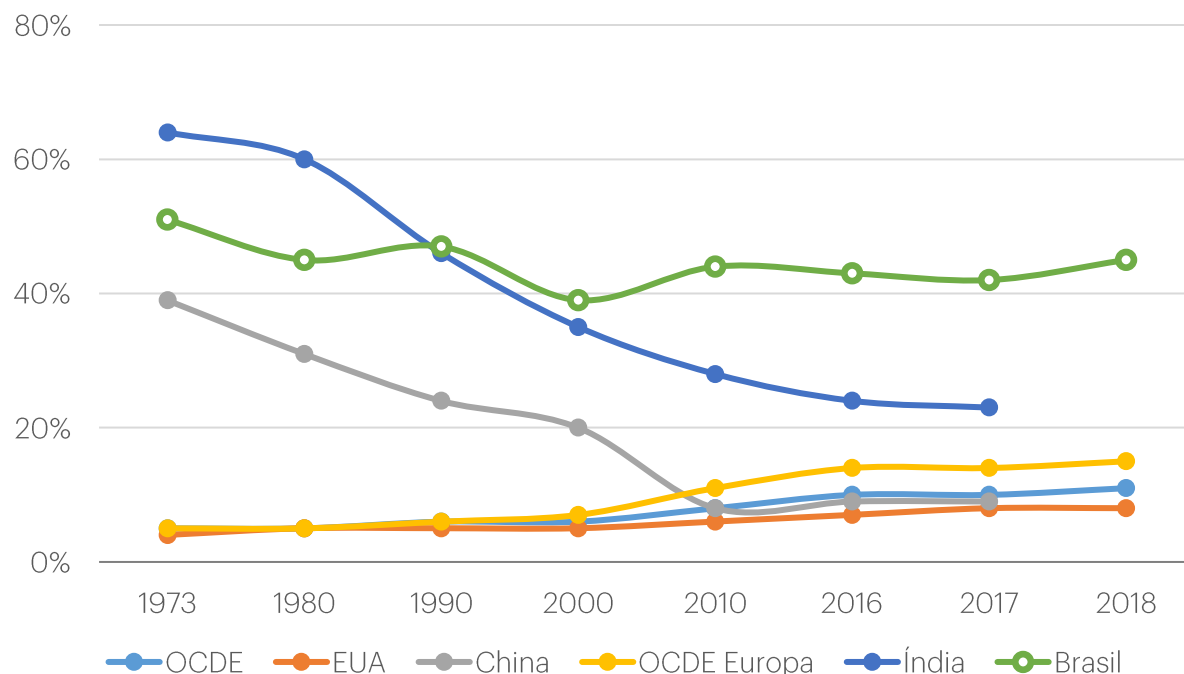
O perfil da oferta e transformação de energia no Brasil ao longo dos anos 1970-2019, ora apresentado, confirma uma forte alteração de estrutura, em função do recuo e ascensão de velhas e novas fontes energéticas, respectivamente, sinalizando para um futuro de alta participação das fontes renováveis além de um equilíbrio nos fluxos de importação e exportação de energia.

Renovabilidade e Emissões – Brasil e Mundo

A composição das matrizes energéticas dos países está associada a disponibilidade de recursos naturais, tecnologias aplicadas no processo produtivo, ao grau de desenvolvimento de suas economias, aos hábitos e mais recentemente ao compromisso com políticas públicas orientadas para assegurar a sustentabilidade do planeta.

Gráfico 2.25 – Percentual de renováveis na OIE: Brasil e países selecionados

Fonte: Baseado em IEA (2019)*



Brasil, China e Índia apresentaram tendências de queda da participação das renováveis até os anos 2000, sendo que no caso brasileiro esta tendência é interrompida já em 2002 (Gráfico 2.25), estabilizando na faixa de 45% de renováveis na OIE. A China e a Índia só irão estabilizar a participação das renováveis nas suas matrizes a partir dos anos 2010 (9%) e 2016 (23%), respectivamente.

A queda de participação de renováveis na matriz brasileira nos anos 1973-2000 esteve associada diretamente à redução do consumo de lenha e carvão vegetal, parcialmente substituídos por novas fontes energéticas tanto na indústria, quanto no setor residencial, onde houve uma penetração de combustíveis modernos, embora não renováveis, mais limpos e adequados à cocção, portanto menos prejudiciais a saúde.

Os demais países apresentados no Gráfico 2.25, entre os anos 1973-2000 apresentaram curvas estáveis com baixíssima participação de renováveis, em torno de 5%.

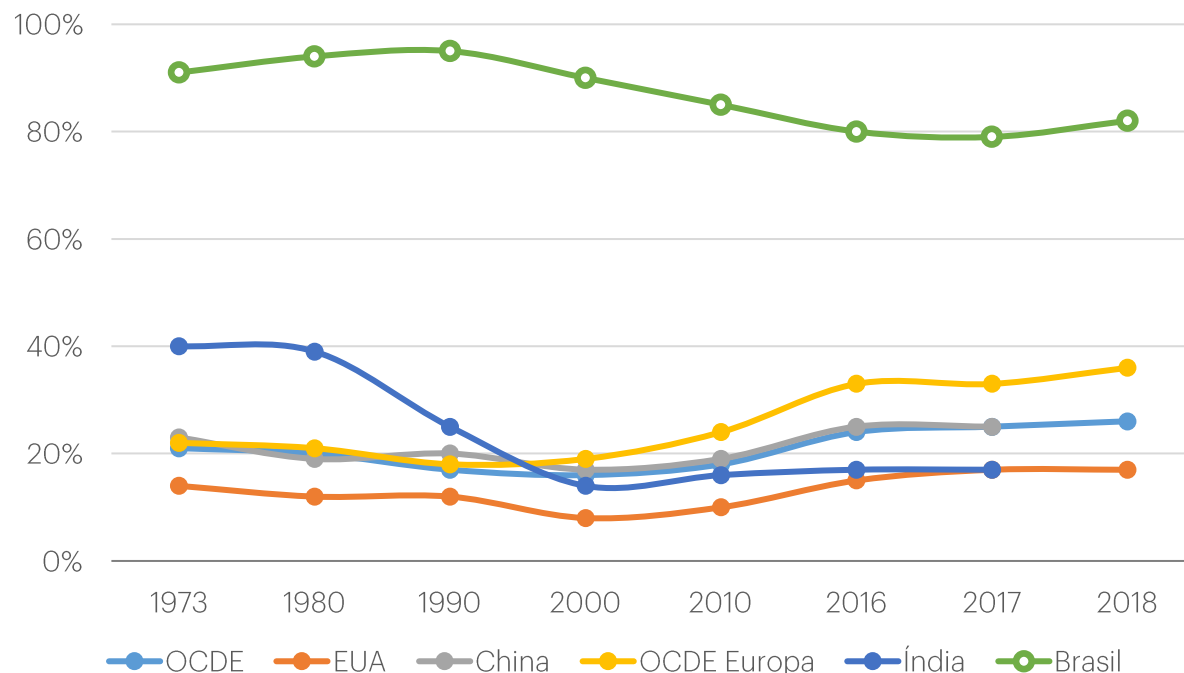
Nos anos 2000-2018 observa-se uma tendência de aumento da participação das fontes renováveis, com destaque para os países europeus da OCDE que triplicaram a participação destas fontes atingindo 15% em 2018.

*CO2 Highlights, www.iea.org/statistics. Todos os direitos reservados; alterado por EPE

A participação das renováveis na geração de energia elétrica apresenta um perfil mais favorável. A exceção do Brasil, embora todos os países e blocos apresentados tenham reduzido a participação das renováveis até os anos 2000, verifica-se a partir desses anos, de uma maneira geral, a penetração de fontes renováveis nos processos de produção de energia elétrica.

Gráfico 2.26 – Participação de renováveis na OIEE: Brasil e países selecionados

Fonte: Baseado em IEA (2019)*



Os países europeus da OCDE atingem a marca de 36% de participação, seguidos pela China (25% em 2017), Índia e EUA com 17%. O Brasil, por sua vez, manteve-se ao longo de todo o período relativamente estável, com um altíssimo percentual de renováveis na sua matriz elétrica (83% em 2019).

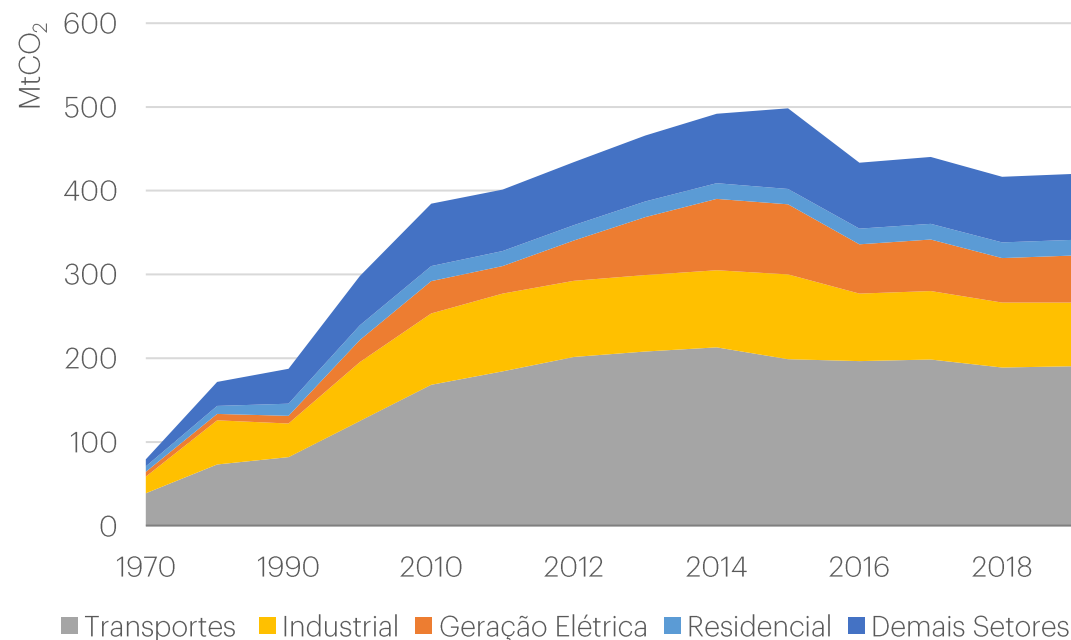
A evolução das emissões de GEE está diretamente relacionada, dentre outros aspectos, com a participação de renováveis nas matrizes, o grau de crescimento econômico, o ritmo de industrialização, a disposição espacial da população (rural/urbana) além da disponibilidade e sazonalidade dos recursos energéticos.

*CO2 Highlights, www.iea.org/statistics. Todos os direitos reservados; alterado por EPE

As emissões entre 1970-2010 quase que quintuplicaram no Brasil, crescendo a uma taxa média de 4,0% a.a.. Foram anos de profundas alterações no País, decorrentes do crescimento da economia e da população, dos movimentos migratórios, do processo de industrialização, conforme descritos anteriormente, além da progressiva substituição de algumas fontes energéticas, com destaque para a lenha, particularmente no período 1970-1980, quando as emissões cresceram a uma taxa média de 8,1% a.a. Entre os anos 2011-2015 a taxa de crescimento das emissões aumenta para 5,6% a.a., devido principalmente a sucessivos estresses hídricos, compensados na época pelos despachos das termelétricas. No mesmo período o crescimento das emissões associadas ao consumo final manteve-se na faixa de 3,0% a.a. enquanto as emissões associadas à produção de energia elétrica cresceram a um ritmo de 26,2% a.a..

Gráfico 2.27 – Emissões de GEE no Brasil*

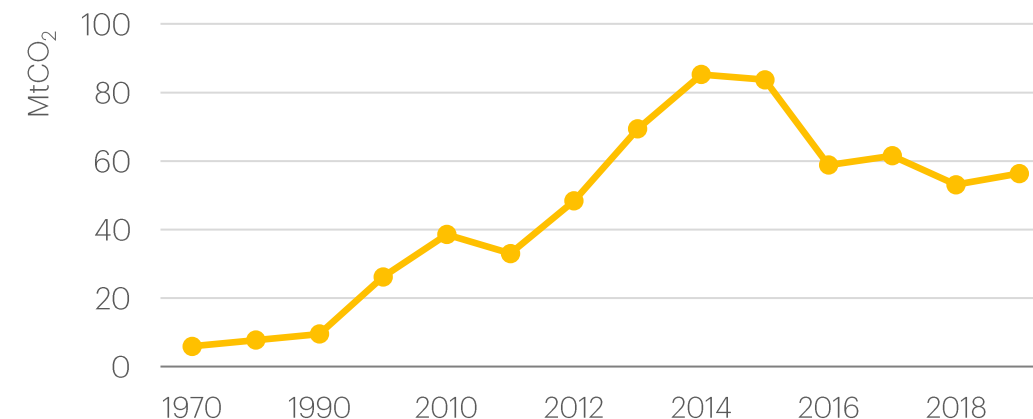
Fonte: EPE (2020b)



Nota: anos selecionados (1970, 1980, 1990 e 2000), a partir de 2001 segue a série histórica de dados anuais tradicional, com dados disponíveis para cada ano.

Gráfico 2.28 – Emissões associadas ao consumo final e à geração de energia elétrica

Fonte: EPE (2020b)



A reversão da tendência do perfil das emissões se dá a partir de 2016. Entre os anos 2015-2019 as emissões de gases de efeito estufa caíram a uma taxa média anual de 4,2%, decorrentes de uma recessão econômica e um melhor regime hídrico, entre outros aspectos.

O exame do histórico das emissões do Brasil mostra que o País manteve-se ao longo destes últimos 50 anos na vanguarda dos países com menores emissões de GEE no setor energético.

Gráfico 2.29 – Emissões de CO₂ em países selecionados

Fonte: Baseado em IEA (2019)*

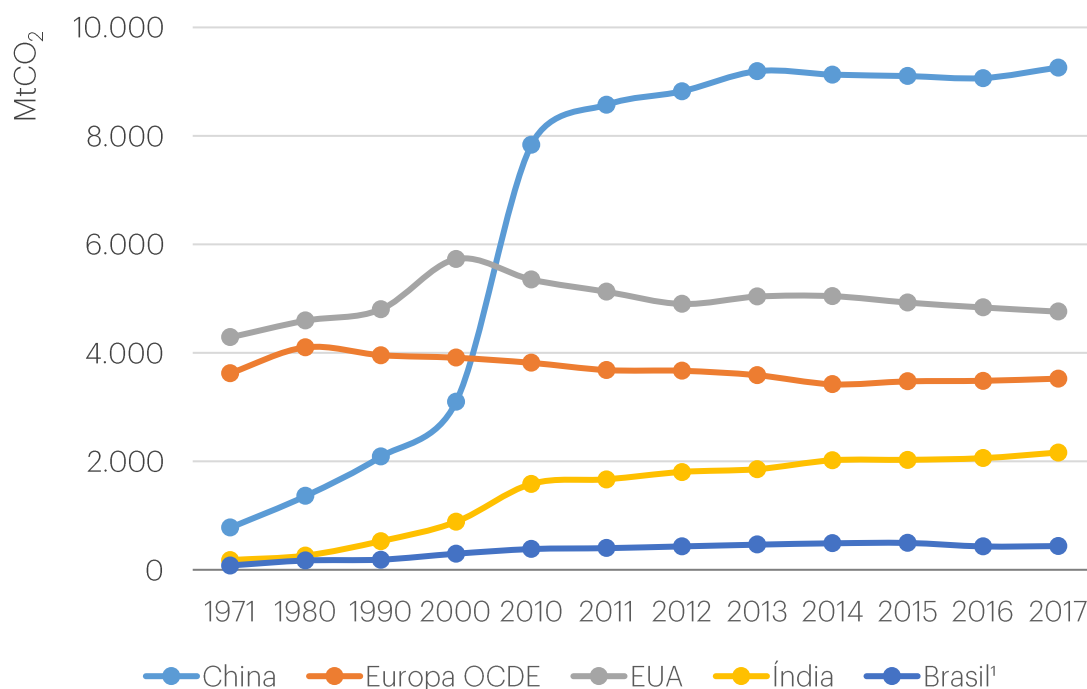
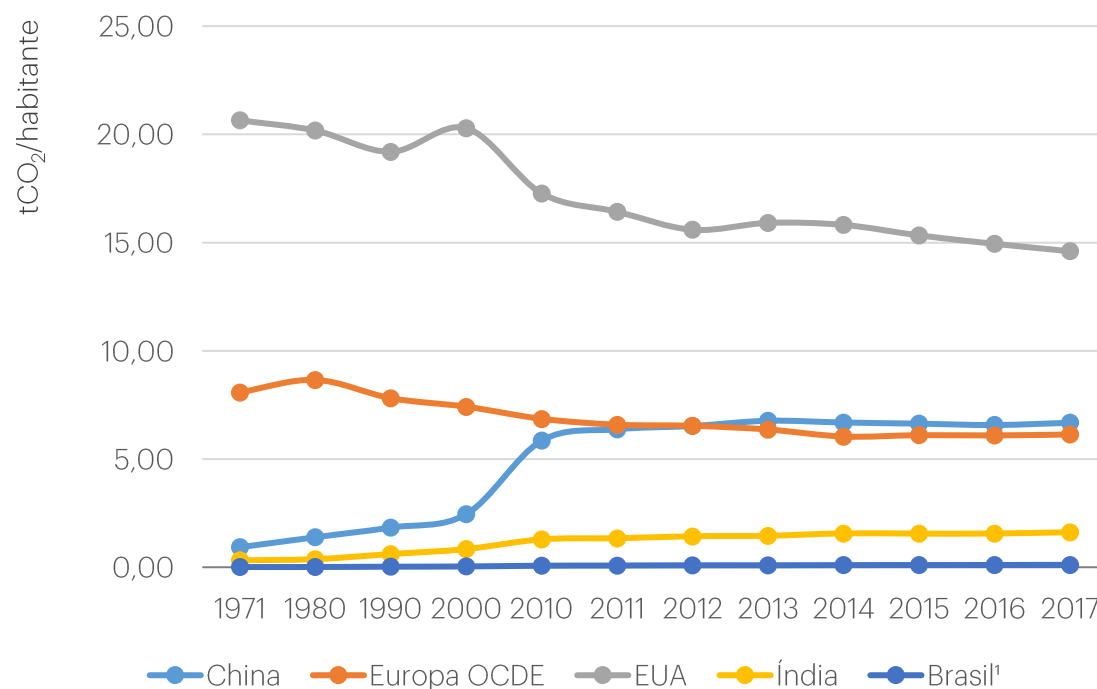


Gráfico 2.30 – Emissões de CO₂ per capita em países selecionados

Fonte: Baseado em IEA (2019)*



Nota: o primeiro ano dos dados referente ao Brasil é 1970 ao invés de 1971; os dados internacionais são oriundos de IEA (2019) adaptado por EPE, enquanto que os dados para o Brasil são obtidos das séries históricas do Balanço Energético Nacional (EPE).

*CO₂ Highlights, www.iea.org/statistics. Todos os direitos reservados; alterado por EPE

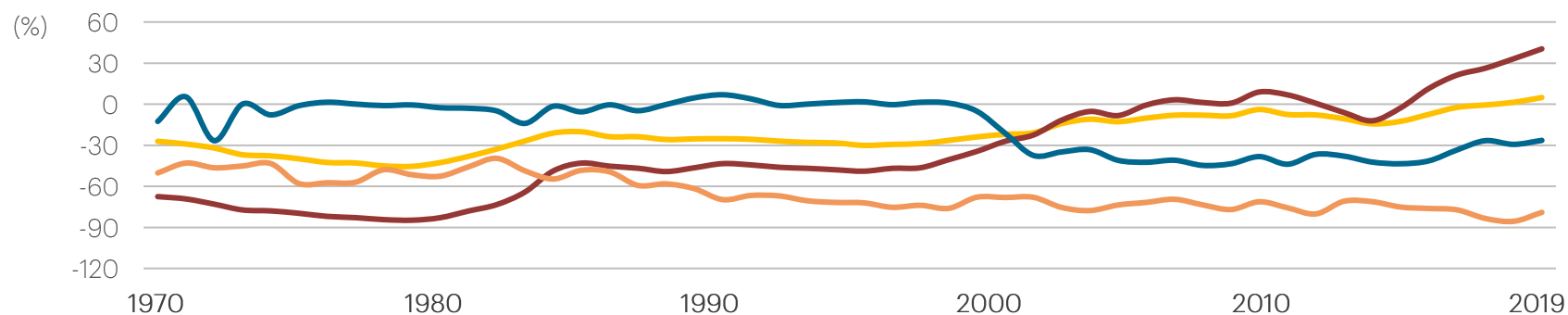
Dependência externa

Na década de 1970, a dependência externa de energia foi crescente, passando de -27% ao patamar de -45%, muito em função dos contínuos déficits de produção – demanda de petróleo verificados no período. A dependência externa de petróleo atingiu a marca de -85% no final daquela década daquela. Em 1979 o país possuía uma boa estrutura de produção de derivados, demanda crescente, porém com uma produção de petróleo altamente insuficiente.

Gráfico 2.31 – Evolução da Dependência externa de energia

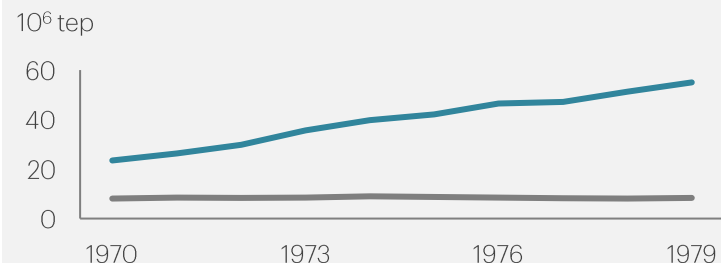
Fonte: EPE (2020b)

■ Dep. Externa ■ Gás Natural
■ Petróleo ■ Carvão Mineral

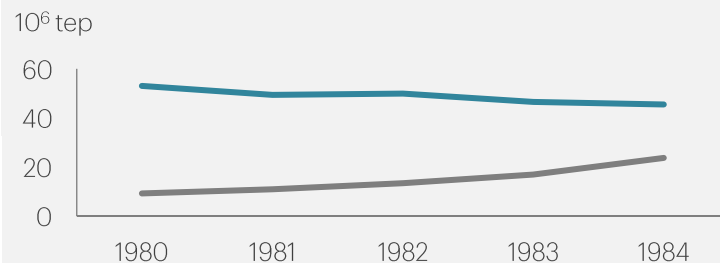


O desempenho da indústria do petróleo contribuiu decisivamente para a redução do grau de dependência externa do Brasil, nos anos 2018 e 2019 o país foi superavitário em energia.

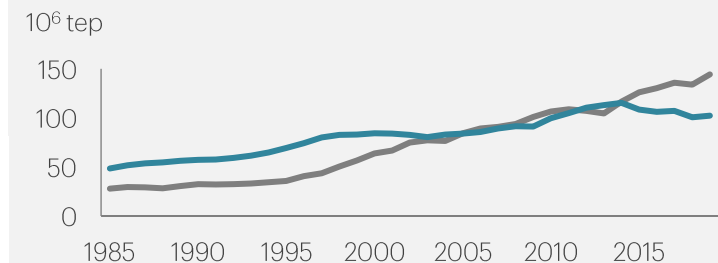
Entre 1970-1979 o consumo de derivados cresceu à taxa média de 9,9% a.a. contra expansão média da produção de petróleo de 0,3%. Com a entrada em operação da REVAP (SP - 1980) quase todo o parque de refino existente hoje já estava instalado.



Em 1979 o país possuía uma boa estrutura de produção de derivados, demanda crescente, porém com uma produção de petróleo altamente insuficiente.



A partir de então o que se verifica é um avanço quase que contínuo da produção de petróleo que em 2015 ultrapassa a demanda interna de derivados.



Consumo Final de Energia

Setor de Transportes

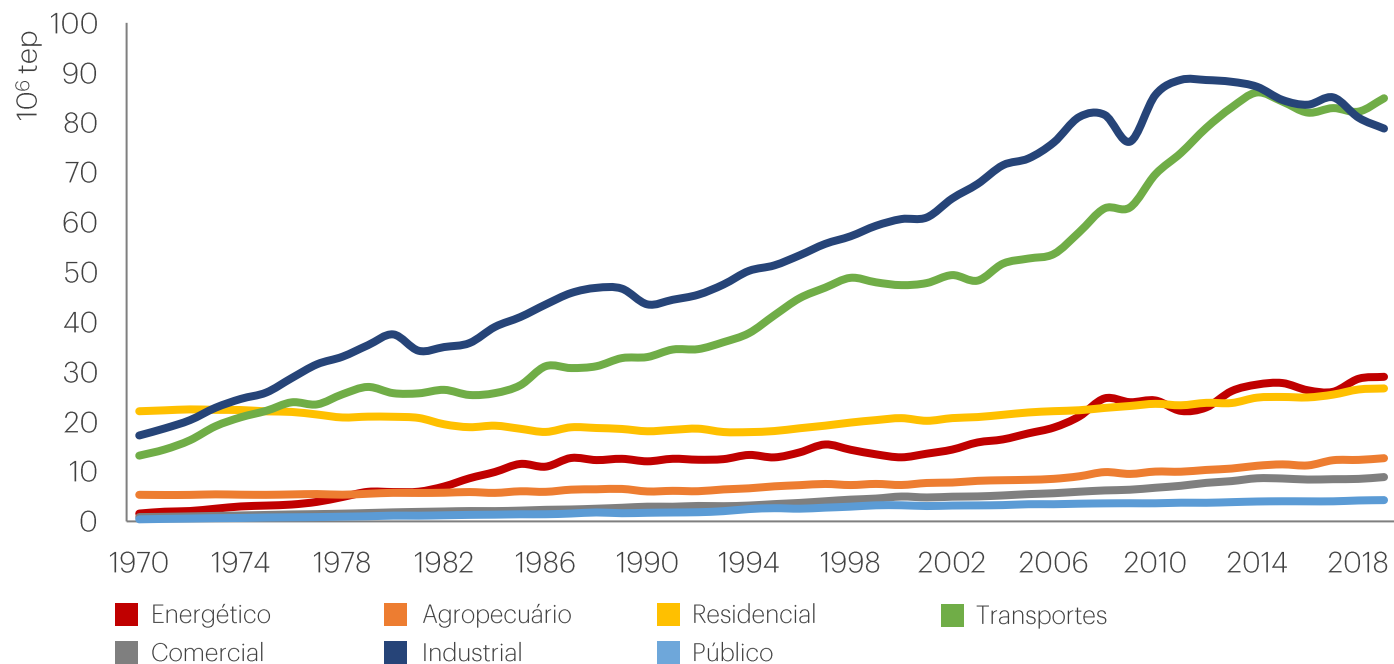
O setor de transportes compreende atividades de transporte de cargas e passageiros dentro do País, o que envolve o uso dos modos rodoviário, ferroviário, hidroviário e aéreo. Ao longo dos últimos 50 anos, o setor se destacou entre os principais consumidores finais de energia e demonstrou trajetória de crescimento significativa de 3,9% a.a. no consumo energético, ritmo acima dos setores residencial e industrial.

Em 1970, o setor residencial era o maior consumidor de energia no Brasil, fato que durou apenas até 1973, quando foi logo ultrapassado pela indústria. Naquela década, o setor de transportes vinha crescendo 6,9% a.a., enquanto o setor residencial sofria retração de 0,5% a.a. com a redução gradativa do consumo de lenha associada ao aumento do consumo de energéticos mais eficientes como GLP e eletricidade. Tais fatores contribuíram para a redução do consumo final de energia pelas residências, colocando este setor na terceira posição de relevância no pódio do consumo energético setorial.

A partir daí, os setores de transporte e indústria mantiveram trajetórias de consumo de energia parecidas, resguardadas algumas particularidades setoriais. No entanto, nos últimos dois anos da série histórica, o consumo de energia pelos transportes superou o da indústria, tornando-se o setor de maior relevância no consumo energético nacional. Esse fato se deu pela conjuntura econômica recente que impactou o setor industrial desde 2014, associado ao crescimento de 3,3% do consumo de energia no uso dos transportes em 2019.

Gráfico 3.1 – Consumo Final Energético por setor

Fonte: EPE (2020b)



Os principais energéticos utilizados nos transportes atualmente são óleo diesel, gasolina automotiva, etanol anidro e hidratado, e o querosene de aviação (QAV). No entanto alguns movimentos de destaque são notórios.

Por exemplo, na década de 1970, o transporte ferroviário usava também carvão vapor, lenha e óleo combustível. Daí, a partir dos anos 1980, o consumo destes energéticos foi se tornando residual, até se extinguirem totalmente no início dos anos 1990.

Tabela 3.1 – Participação percentual dos principais energéticos utilizados no setor de transportes em anos selecionados

Fonte: EPE (2020b)

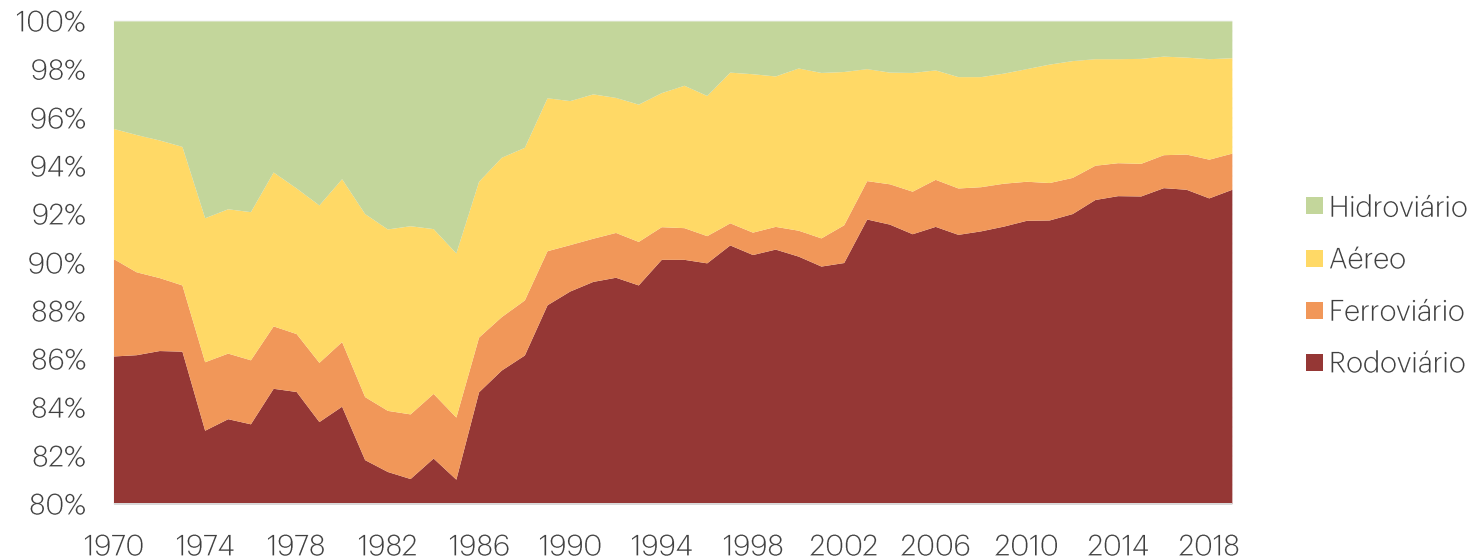
Segmento	1970	1980	1990	2000	2010	2019
Modo Rodoviário	65% Gasolina 34% Óleo diesel 1% Etanol hidratado	53% Óleo combustível 41% Gasolina 6% Etanol anidro 1% Etanol hidratado	55% Óleo diesel 25% Gasolina 18% Etanol anidro 2% Etanol hidratado	55% Óleo diesel 31% Gasolina 7% Etanol anidro 6% Etanol hidratado 1% Gás natural veicular	49% Óleo diesel 27% Gasolina 13% Etanol anidro 6% Etanol hidratado 3% Gás natural veicular 2% Biodiesel	43% Óleo diesel 27% Gasolina 15% Etanol anidro 7% Etanol hidratado 5% Biodiesel 3% Gás natural veicular
Modo Ferroviário	66% Óleo diesel 15% Óleo combustível 10% Eletricidade 6% Gasolina de Aviação 3% Carvão vapor	85% Óleo diesel 10% Eletricidade 3% Carvão vapor 2% Óleo combustível	83% Óleo diesel 16% Eletricidade 1% Carvão vapor	79% Óleo diesel 21% Eletricidade	83% Óleo diesel 13% Eletricidade 4% Biodiesel	77% Óleo diesel 15% Eletricidade 8% Biodiesel
Modo Aéreo	89% Querosene de Aviação 11% Gasolina de Aviação	96% Querosene de Aviação 4% Gasolina de Aviação	98% Querosene de Aviação 2% Gasolina de Aviação	98% Querosene de Aviação 2% Gasolina de Aviação	98% Querosene de Aviação 2% Gasolina de Aviação	99% Querosene de Aviação 1% Gasolina de Aviação
Modo Hidroviário	53% Óleo combustível 46% Óleo diesel 2% Lenha	58% Óleo combustível 42% Óleo diesel	70% Óleo combustível 30% Óleo diesel	70% Óleo combustível 30% Óleo diesel	70% Óleo combustível 30% Óleo diesel	75% Óleo combustível 25% Óleo diesel

- Óleo combustível
- Biodiesel
- Gás natural veicular
- Eletricidade
- Óleo diesel
- Etanol anidro
- Carvão vapor
- Gasolina de Aviação
- Gasolina
- Etanol hidratado
- Lenha
- Querosene de Aviação

A participação de cada um dos modos de transporte no consumo de energia foi distinta ao longo dos últimos 50 anos, com destaque do modo rodoviário, responsável, em média, por mais de 80% do consumo de energia no período.

Gráfico 3.2 – Distribuição modal do consumo final de energia no setor de transportes

Fonte: EPE (2020b)



O setor rodoviário reduziu a sua participação de 86% a 81%, entre 1970 e 1985, em função do crescimento do consumo dos modos hidroviário e aéreo a taxas de 10,5% a.a. e 6,6% a.a. respectivamente. No entanto, passou a apresentar tendência de concentração em 1985, devido ao efeito combinado do seu crescimento de 19,1% com a redução de 21,3% do consumo no modo hidroviário e de apenas pequenos incrementos do consumo nos modos aéreo (8,3%) e ferroviário (0,7%) naquele ano. A partir dos anos seguintes, o setor rodoviário ampliou cada vez mais a sua participação na atividade de transporte e no consumo de energia, e se consolidou como o principal modo de transporte de cargas e de passageiros no país.

Modo Rodoviário

O transporte rodoviário foi responsável, em média, por cerca de 90% da atividade no segmento de passageiros e de 60% no segmento de cargas entre os anos de 1970 e 2019.

Dentre alguns dos fatores históricos que contribuíram para a conjuntura de prevalência dos veículos automotores, destacam-se os movimentos de consolidação da indústria automotiva nacional como parte da política pública – já presentes desde a década de 1950; a opção pela logística rodoviária para escoamento de grande parte da produção agrícola (CASTRO, 2015); o aumento da aquisição de automóveis e motocicletas como função do crescimento da renda per capita da população (SILVA, E. R.; 2011) – fenômeno propiciado também pela carência de políticas públicas nos serviços de transporte público para os municípios brasileiros (IPEA, 2016).

Sob a ótica do consumo de energia, cerca de 90% do consumo de transportes de cargas e de passageiros, avaliado a partir de meados da década de 90, se concentra no modo rodoviário. Tal modalidade é baseada no uso de caminhões movidos a óleo diesel, enquanto o transporte de passageiros possui uma variedade de alternativas como automóveis, veículos comerciais leves, vans, ônibus e motocicletas que utilizam gasolina, etanol hidratado, gás natural veicular (GNV) ou óleo diesel, a depender da especificidade de motorização de cada veículo.

Etanol hidratado, anidro e gasolina

O álcool etílico ou etanol é utilizado no setor de transporte majoritariamente pelos automóveis e veículos comerciais leves flexfuel, além de alguns automóveis leves dedicados a etanol ainda remanescentes na frota nacional (ALMEIDA, F. R.; 2016). A sua trajetória de evolução pode ser associada ao histórico de políticas energéticas e inovações tecnológicas presenciadas pelo setor automotivo nacional. Porém, alguns fatores influenciaram o seu consumo como combustível veicular ao longo dos anos, tais como a competição com a gasolina, as características inerentes à produção agrícola da

cana-de-açúcar e a flexibilidade de produção entre açúcar e etanol pelo setor sucroalcooleiro.

O consumo de etanol despontou a partir do final da década de 1970 devido a incentivos oriundos do Programa Nacional do Álcool (Próalcool), no âmbito do conjunto de medidas de política energética que visavam enfrentar o primeiro choque do petróleo. A primeira fase do programa foi lançada em 14 de novembro de 1975 e concentrou esforços na produção de etanol anidro para a mistura com a gasolina, promovendo o aumento expressivo do seu consumo à taxa de 92,4% a.a. até o segundo choque do petróleo em 1979. A partir de então, o governo passou a adotar medidas para a plena implementação do Próalcool e estimulou a produção de etanol hidratado como substituto direto da gasolina automotiva.

O Próalcool viabilizou a substituição de grande parte do consumo de gasolina e permitiu uma substancial melhoria do saldo da balança comercial, tornando o Brasil exportador líquido de gasolina na década de 1980. No entanto, as crises de abastecimento da década de 1990 minaram a confiança do consumidor e levaram a um forte declínio da produção dos carros a álcool (PINTO JR et. al; 2016). Além do cenário de preços de petróleo mais favoráveis contribuir para o enfraquecimento do programa, a origem das crises esteve associada à possibilidade de arbitragem dos produtores de açúcar e de etanol em função da oscilação do preço internacional do açúcar.

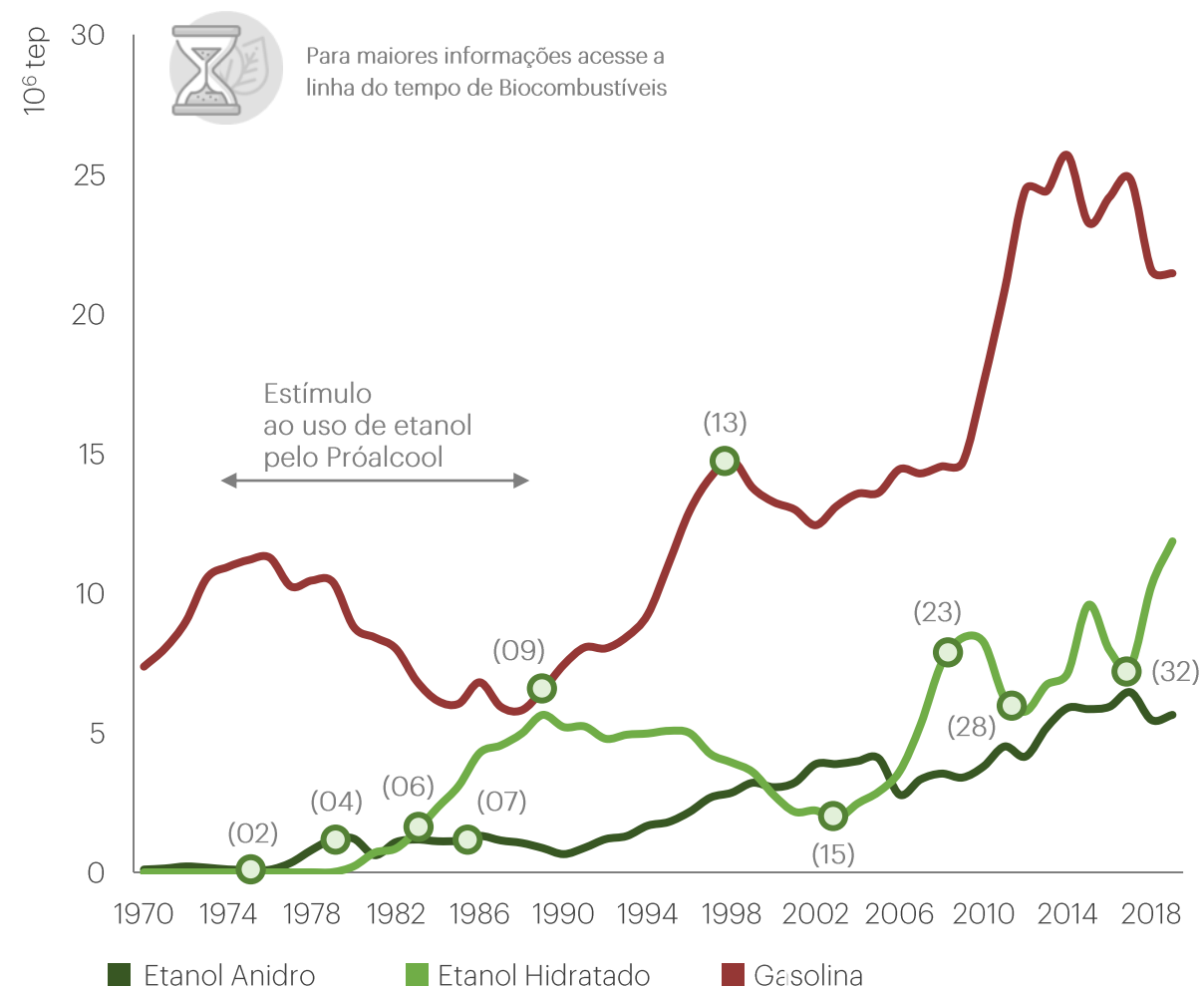
O segundo momento de expansão do consumo de etanol foi a partir do lançamento dos veículos flexfuel em março de 2003, o que permitiu ao consumidor escolher o combustível na bomba de combustível e, portanto, reduziu os riscos de ruptura do abastecimento. Esse movimento esteve associado ao aumento de vendas de veículos leves, estimulado pelo aumento da renda média das famílias, em um período de preços crescentes do petróleo entre 2005 e 2008, o que ocasionou uma nova inflexão na curva de consumo de etanol hidratado (PINTO JR et. al; 2016). Entre 2003 e 2009, o seu consumo aumentou à taxa de 27,9% a.a., enquanto o etanol anidro sofreu redução de 2,2% a.a., indicando a perda de competitividade da gasolina nos primeiros anos da tecnologia flexfuel.

No entanto, um conjunto de fatores negativos para o etanol voltou a trazer dificuldades para a indústria a partir de 2008, ocasionando a elevação de preços do biocombustível a partir de 2010, ano de primeira retração da demanda por hidratado. Entre os anos 2010 e 2012 o consumo de gasolina C disparou a taxas de 18% a.a. e aumentou significativamente a sua participação no setor de transportes frente ao etanol. Logicamente, o etanol anidro acompanhou o movimento, devido ao seu mandato de adição à gasolina A oscilando entre 25% a.a. e 20% a.a. no período.

Ao longo dos anos seguintes, o etanol sofreu oscilações de tendência com taxas de crescimento anuais positivas entre 2013 e 2015 (18,5%), negativas entre 2015 e 2017 (-12,1%), e novamente positivas entre 2018 e 2019 (26,6%) – consequências da oscilação de competitividade entre etanol e gasolina nos veículos flexfuel. Dentre alguns fatos relevantes no mercado de combustíveis no período, destaca-se a adoção de nova política de preços do diesel e da gasolina por parte da Petrobras (PETROBRAS, 2016) e a instituição da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) pela Lei nº 13.567 de 2017. O RenovaBio teve o intuito de reconhecer o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética brasileira e viabilizar uma oferta de energia cada vez mais sustentável, competitiva e segura (MME, 2020). (vide a linha do tempo de Biocombustíveis).

Gráfico 3.3 – Evolução do consumo de combustíveis do ciclo Otto

Fonte: EPE (2020b)



Óleo diesel

No modo rodoviário, o óleo diesel é usado no transporte de cargas em caminhões, enquanto no transporte de passageiros é utilizado em veículos coletivos como ônibus ou equivalentes, além do seu uso também permitido em alguns modelos de veículos comerciais leves.

A dependência de vários modos de transporte no Brasil em relação ao uso de óleo diesel torna o energético estratégico para a economia nacional. Historicamente, o comportamento da demanda por óleo diesel nos transportes está correlacionado ao PIB, uma vez que reflete também o aquecimento de vários setores que dependem do transporte rodoviário de cargas (SILVÉRIO, C.A.N.; 2018) principal modo de transporte no Brasil. Cabe ressaltar que o óleo diesel é consumido, majoritariamente, por veículos pesados e maquinários, sendo pouco relevante no Brasil em relação a veículos leves, correspondendo apenas a 8,1% dos licenciamentos dessa categoria em 2017 (ANFAVEA, 2019).

Nos últimos 50 anos de séries históricas, a demanda total por óleo diesel no transporte cresceu 4,6% a.a., puxada pelo crescimento de 4,8% a.a. do modo rodoviário. Ao longo do período, o seu uso chegou a representar mais de 50% do consumo energético nos transportes, liderado pelo consumo dos caminhões, ônibus e outros veículos de passageiros que foram responsáveis, em média, por 93% dessa parcela.

Ao longo dos últimos 25 anos, a distribuição do uso de óleo diesel foi, em média, destinada 20% para passageiros e 80% para cargas. Essa configuração se deve à grande variedade de energéticos disponíveis ao transporte de passageiros, sobretudo ao transporte rodoviário individual, o qual totaliza, em média, quase 90% do consumo energético destinado ao transporte rodoviário de pessoas. Outro fator importante é o fato de o transporte de cargas utilizar majoritariamente o modo rodoviário, exclusivamente dependente do uso de óleo diesel. Tais fatores explicam em grande parte os movimentos da demanda por óleo diesel acompanhar os principais movimentos da economia nacional, salvas algumas particularidades setoriais.

Gráfico 3.4 – Distribuição do consumo de diesel entre o segmento de cargas e de passageiros

Fonte: EPE (2020a)

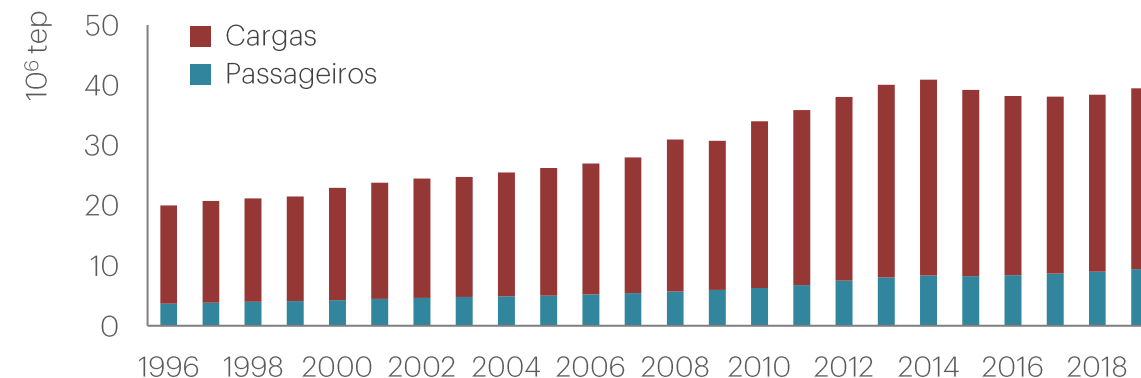
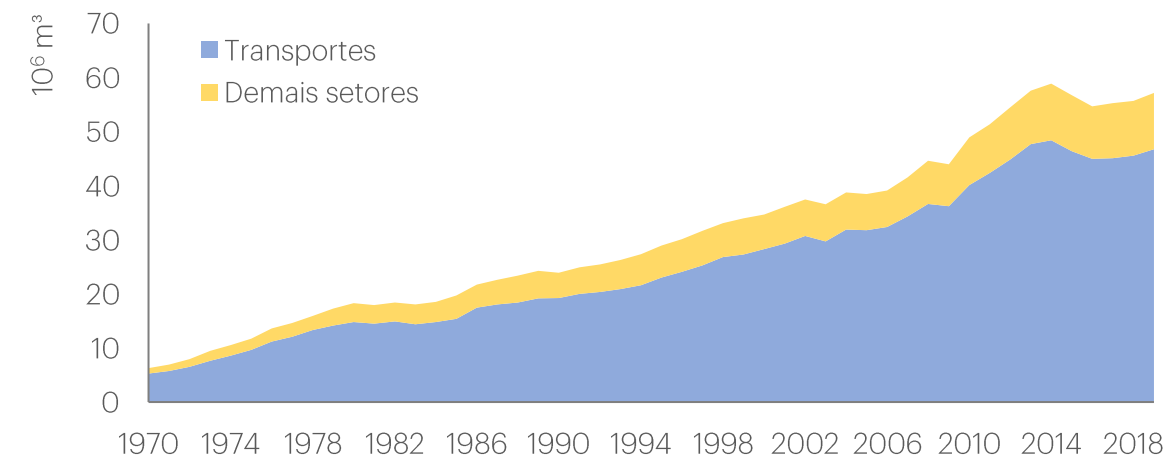


Gráfico 3.5 – Distribuição do consumo final energético de óleo diesel

Fonte: EPE (2020b)



Biodiesel

O consumo de biodiesel no País se destaca pelo seu uso no transporte de cargas e coletivo de passageiros em proporções crescentes ao longo dos anos. Foi incentivado por meio do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), lançado em dezembro de 2004. A partir do ano seguinte, já surgiram os primeiros registros do seu consumo no Balanço Energético. A sua ascensão como energético no País se deve à política de adição do biodiesel ao diesel mineral, estabelecida por meio da Lei nº 11.097 de 2005. No mesmo ano, o Decreto nº 5448 definiu o B2, ou seja, o percentual de adição de 2% na mistura; o qual se tornou obrigatório em todo o território nacional em janeiro de 2008.

Nos anos seguintes, o percentual da mistura foi sendo gradativamente aumentado por meio de resoluções do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e da Lei nº 13.033 de 2014. Ao longo dessa trajetória, o patamar de 2% em volume (B2) evoluiu até 11% (B11) em 2019 e o Brasil ficou posicionado como o segundo maior fabricante mundial, utilizando o óleo de soja como a matéria-prima principal. O crescimento verificado no período foi superior a todas as outras fontes de consumo final. Enquanto o setor de transportes cresceu 3,5% a.a. entre 2005 e 2019, o consumo final de biodiesel avançou 90,8% a.a. e atingiu 4,5% de participação no consumo energético do setor de transportes.

Gráfico 3.6 – Evolução do percentual de adição de biodiesel ao diesel mineral

Fonte: EPE (2020b)

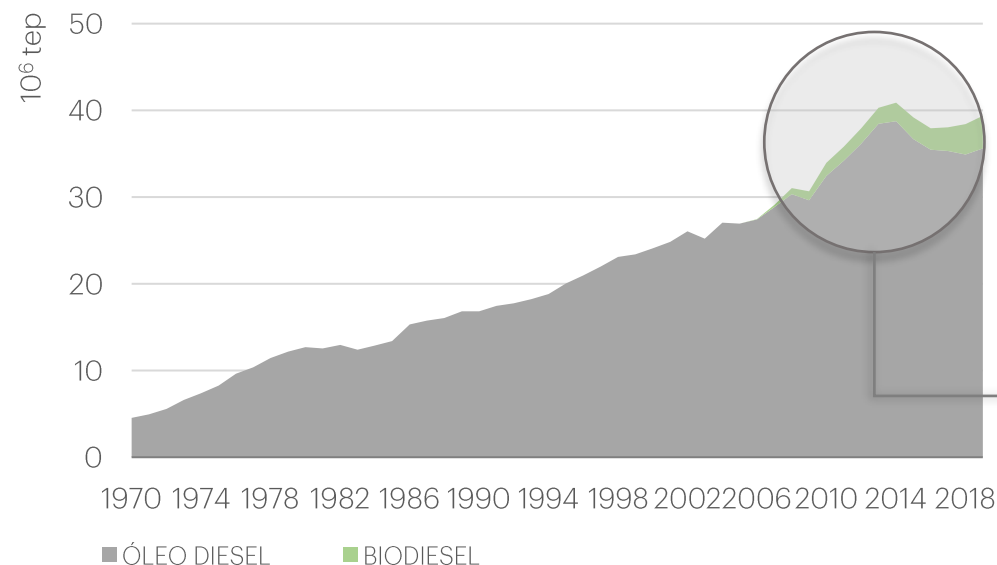
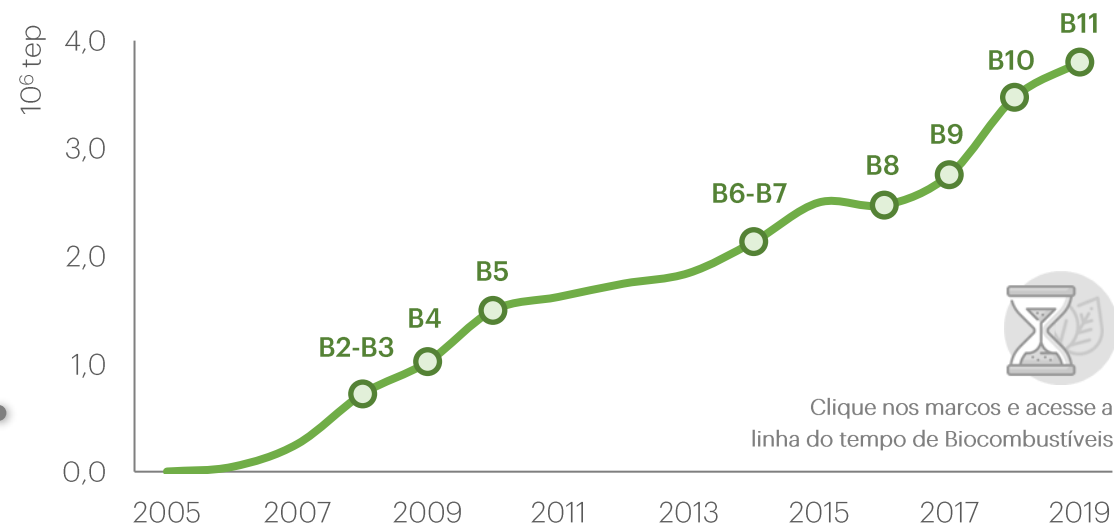


Gráfico 3.7 – Evolução do consumo de biodiesel e seus percentuais de adição

Fonte: EPE (2020b)



Gás Natural

O gás natural veicular (GNV) é um combustível que passou a surgir nas estatísticas de energia do setor de transporte rodoviário no ano de 1988. No entanto, foi a partir do final da década de 1990 que começou a ganhar expressividade. Em 1999, o início das operações do gasoduto Brasil-Bolívia (Gasbol) foi marcado pela insuficiência de demanda, dessa maneira, era coerente sinalizar as opções de comercialização de gás para as distribuidoras que começavam a conquistar clientes industriais e estimular outros usos como o do GNV (PINTO JR et. Al; 2016).

Diversas portarias e decretos governamentais definiram as regras para utilização do gás natural veicular. Dentre eles, o decreto nº 1.787, de 12 de janeiro de 1996 autorizou a utilização do GNV para todos os tipos de veículos: frotas de ônibus urbanos e interurbanos, veículos de carga e transporte, frotas de serviços públicos, frotas cativas de empresas, táxis e veículos particulares.

A ideia original era utilizar o GNV como substituto do óleo diesel em veículos pesados nos centros urbanos. Porém, a sua maior difusão se deu na frota de veículos leves, em função de algumas dificuldades inerentes ao mercado de GNV como substituto do óleo diesel, tais como a pequena diferença entre os preços dos energéticos e a pouca disponibilidade em território nacional de postos de serviço com capacidade específica para atender à frota (GASNET, 2020).

A demanda de GNV começou a surgir efetivamente em 1993, a partir da liberação do seu uso para taxistas e frotas de empresas, quando também ocorreu a inauguração do primeiro Posto de Serviço para venda de GNV ao público. Já no ano seguinte, a demanda praticamente dobrou em função da concessão de isenção de impostos para os taxistas que optassem pelo seu uso, acarretando uma grande renovação da frota de veículos, principalmente em São Paulo. O crescimento verificado no ano de 1998 foi resultado da liberação do uso de GNV para veículos particulares, o que fomentou o crescimento do mercado de transportes autônomos e de frotistas, bem como a demanda de GNV e, conseqüentemente, o aumento do número de Postos de Serviços.

O auge da demanda de GNV se deu ao longo da década de 2000, em meio ao cenário de estímulo à aquisição de veículos individuais, ascensão da renda das famílias e expansão da oferta total de gás natural disponível de 14,7% a.a.; sendo 7,4% a.a. devido ao aumento da produção nacional líquida e 28,2% a.a. em razão do acréscimo de volume importado, principalmente da Bolívia, mas também da Argentina (RODRIGUES, T.; GUSMÃO, L.; REGRA, A.; 2007). O preço do GNV bem abaixo do preço dos combustíveis substitutos e a redução de impostos em alguns estados, como a redução de 25% no IPVA em São Paulo e de 75% no Rio de Janeiro, estimularam a conversão dos veículos para o uso do GNV. A frota de veículos movidos a gás natural passou a representar 5,3% da frota total de veículos leves em 2005, contra apenas 0,88% em 2000 (BNDES, 2006).

Nos anos posteriores a 2007, fatores estruturais de oferta de gás natural influenciaram na redução da demanda em 4,5% a.a., a qual diminuiu até alcançar os valores equivalentes de dez anos anteriores. No entanto, a partir de 2016, a trajetória de crescimento à taxa anual de 6,7% foi motivada pela competitividade de preços do GNV em relação à gasolina e o etanol em grande parte dos estados brasileiros (ABEGAS, 2016), configurando relativa retomada do segmento.

Modo Hidroviário

O transporte hidroviário no Brasil apresentou participação média no transporte de cargas nacional de cerca de 15%, oscilando entre 10% e 20% de 1970 a 2019. Por outro lado, no transporte de passageiros foi bastante inexpressivo...

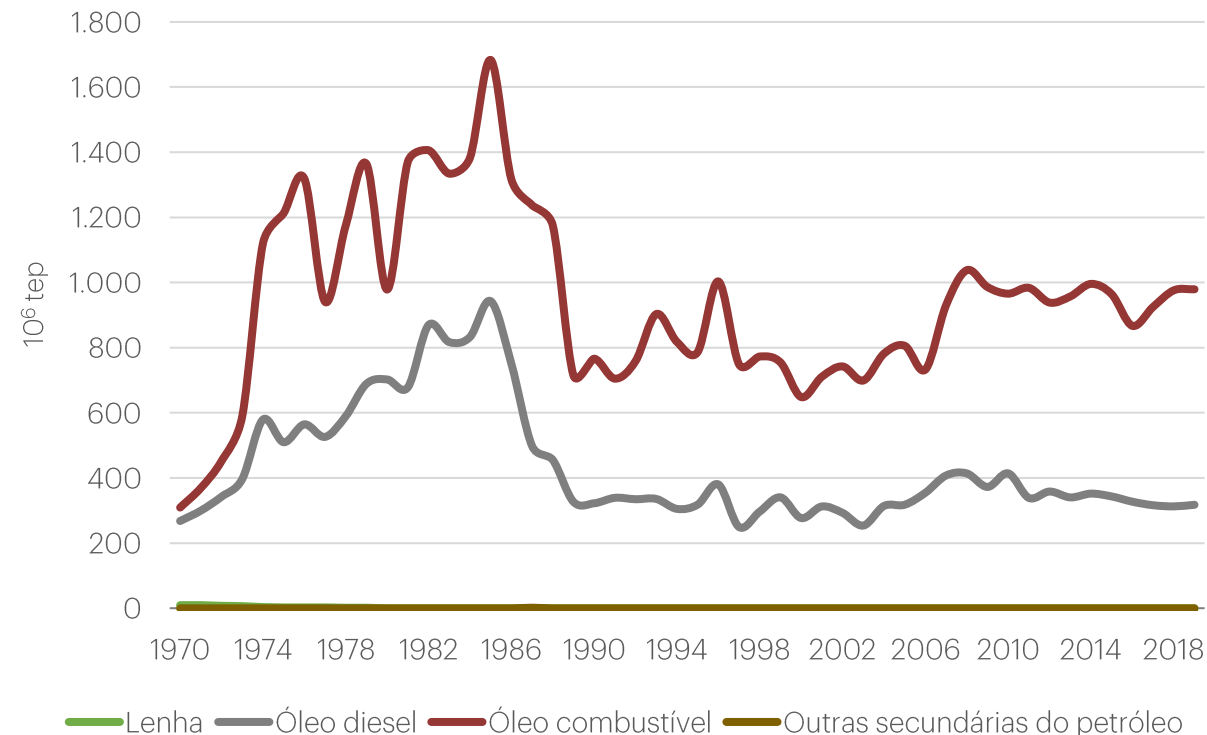
É utilizado essencialmente para o transporte de commodities como grãos e minérios, insumos agrícolas, bem como petróleo e derivados, produtos de baixo valor agregado cuja produção e transporte em escala trazem competitividade (IBGE, 2014). As embarcações utilizadas para tal são movidas a óleo diesel ou a óleo combustível, sendo este segundo responsável por quase 80% do consumo energético nesse segmento.

O modo hidroviário apresentou uma participação praticamente inexpressiva no segmento de passageiros: cerca de apenas 0,1% da movimentação de pessoas. O reflexo disso no consumo de energia é uma participação média, avaliada desde 1996, de apenas 0,2%. As atividades são realizadas em embarcações movidas essencialmente a óleo combustível e óleo diesel, concentradas sobretudo na navegação fluvial na bacia amazônica (BRASIL, 2013). Ao longo dos últimos 50 anos, o principal combustível usado foi o óleo combustível, cuja participação aumentou significativamente ao longo da década de 1970, em um movimento claro de intensificação do seu consumo em relação ao óleo diesel. Nas embarcações que não usam óleo combustível, o óleo diesel é utilizado. No entanto, ao longo dos 50 anos de séries históricas, a demanda total por óleo diesel neste modo de transporte apresentou crescimento médio de apenas 0,4% a.a.

Como consequência, o óleo combustível passou a representar cerca de 70% do consumo modal na metade daquela década, mantendo-se em patamares de participação superiores a 60% em praticamente todos os anos até 2019.

Gráfico 3.8 – Evolução do consumo energético por fonte no modo hidroviário

Fonte: EPE (2020b)



Modo Aéreo

O transporte aéreo corresponde, em média, a apenas 0,2% da atividade no segmento de cargas no País, visto que é limitado a itens de alto valor agregado. Por outro lado, o transporte aéreo de passageiros responde por cerca de 4,6% da movimentação de pessoas no País, apresentando trajetória crescente ao longo dos anos.

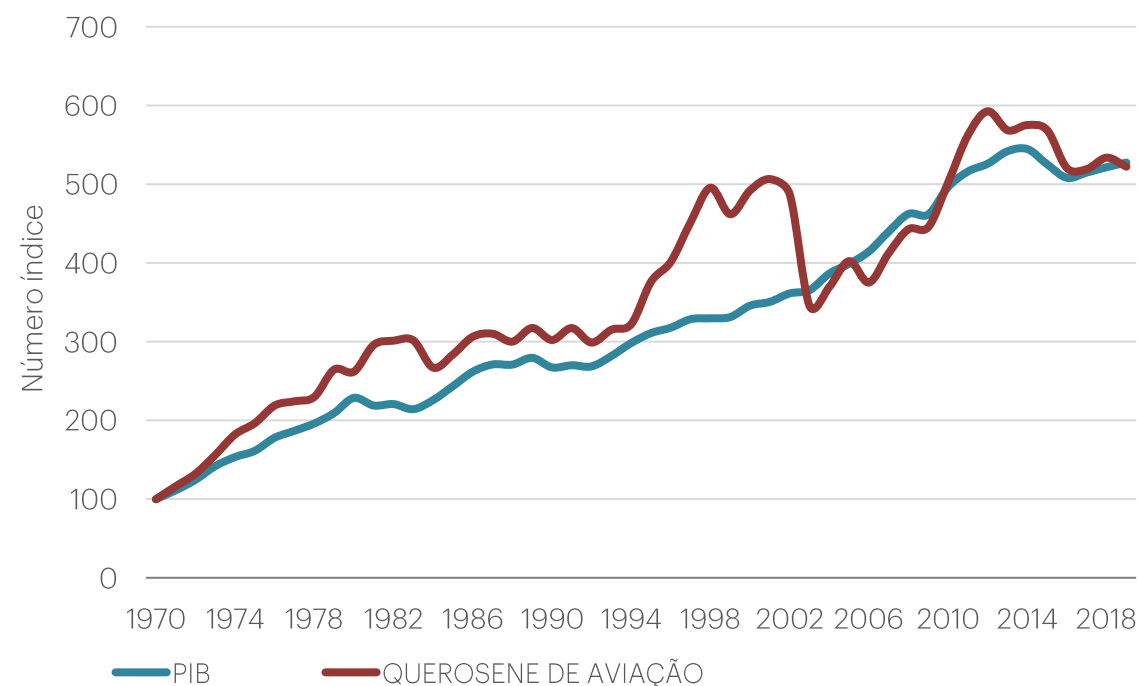
A partir da primeira metade da década de 2000 foi visível o aumento do número de passageiros transportados por avião no Brasil, bem como o aumento de capacidade das aeronaves e os seus índices de ocupação (BNDES, 2010), fato associado em certo grau ao aumento de renda das famílias.

Assim como no transporte de cargas, o transporte de passageiros se baseia sobretudo no uso de querosene, também denominado querosene de aviação (QAV). No entanto, há consumo residual de gasolina de aviação em aeronaves de pequeno porte (PETROBRAS, 2020), cuja participação no consumo energético do setor aéreo sofreu redução de cerca de 12% em 1970 para apenas 1% em 2019. A proporção em base energética do QAV em relação à gasolina de aviação se ampliou ao longo dos anos, passando de 1:8 em 1970 para cerca de 1:100 em 2019.

Os combustíveis de aviação apresentam oscilações de demanda, em linha com o desempenho econômico nacional. O QAV, principal combustível, apresenta historicamente movimento de crescimento associado ao PIB. No entanto, em anos recentes, resultado da crise doméstica vivenciada entre os anos de 2014 e 2016, sofreu retrações de consumo de 1,5% em 2015, e 8% em 2016. Esses movimentos podem ser explicados, dentre outros fatores, pela redução de 7% no número de passageiros que voaram em 2016, na comparação com 2015; pela diminuição de 11,0% nas decolagens; pela queda de 8,3% no número de horas voadas; e pela retração de 9,7% no número de assentos vendidos (ANP, 2017).

Gráfico 3.9 – Evolução do PIB e do consumo de QAV

Fonte: EPE (2020b)



Modo Ferroviário

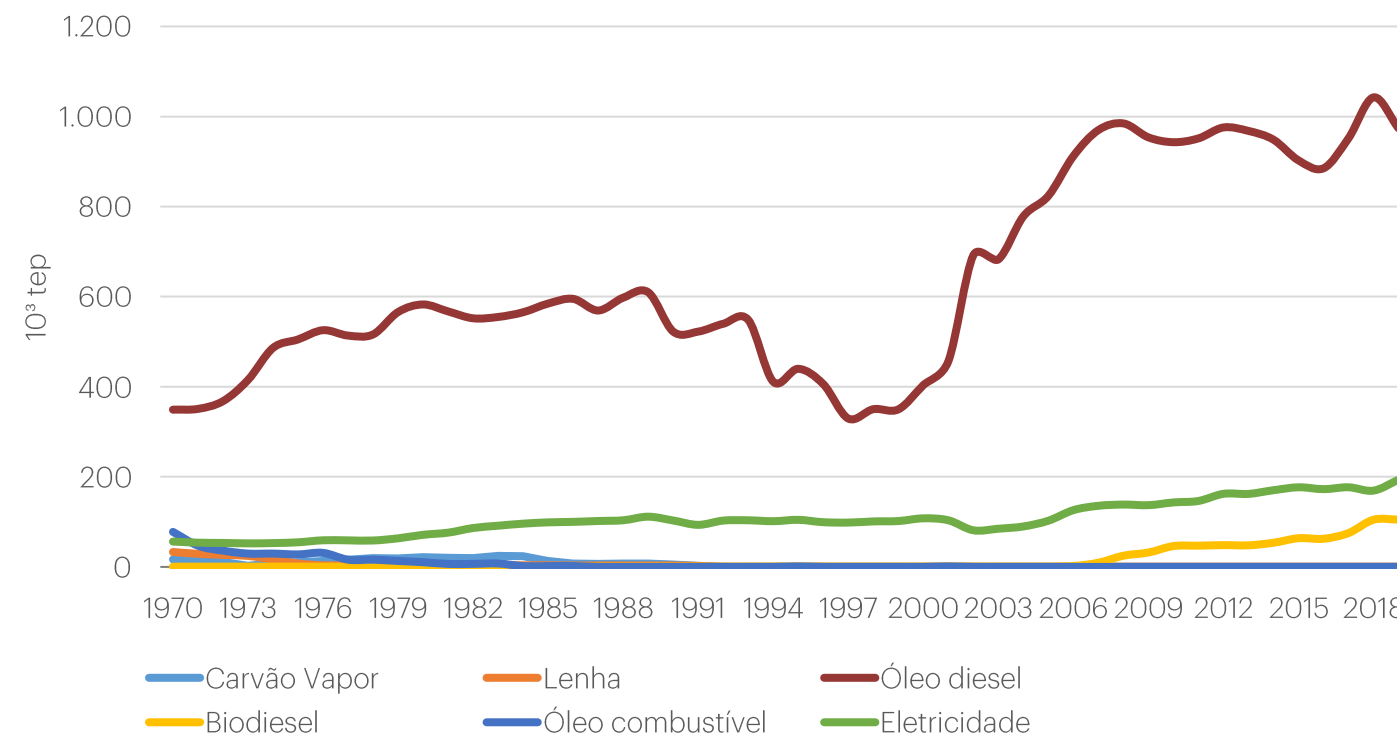
Enquanto o uso das ferrovias ao longo dos últimos 50 anos apresentou uma participação média da ordem de 20% do total de carga transportada no País, o uso de trens urbanos e de sistemas metroviários ficou restrito a 2,8% da movimentação de pessoas.

A principal carga transportada é de minério de ferro, e o restante do transporte composto por carga geral, produtos siderúrgicos e demais granéis, principalmente grãos e derivados de petróleo (BNDES, 2010), muito embora as ferrovias tenham procurado mais recentemente diversificar as suas cargas (ANTF, 2020).

Os energéticos usados nas locomotivas de trens de carga em 1970 eram o óleo diesel, com mais de 65% de participação no consumo de energia, seguido do óleo combustível com quase 15%. Em menor escala, eram empregados também carvão vapor e lenha. No entanto, no início da década de 1990, o combustível utilizado passou a ser essencialmente o óleo diesel, ganhando adição de biodiesel a partir da segunda metade da década de 2000. Ao longo dos 50 anos de séries históricas, a demanda de óleo diesel do setor ferroviário cresceu, em média, 2,4% a.a. Muito embora as ferrovias sejam responsáveis por cerca de 1/5 do transporte de cargas no País, a sua participação no consumo de energia total do transporte de cargas do País nesse segmento limitou-se em média a 3% ao longo dos últimos 50 anos, o que demonstra os ganhos de eficiência desse modo de transporte.

Gráfico 3.10 – Evolução do consumo energético por fonte do modo ferroviário

Fonte: EPE (2020b)



O transporte ferroviário de passageiros utiliza essencialmente eletricidade nas composições de trens urbanos e sistemas de metroviários nas cidades e regiões metropolitanas. A participação do sistema ferroviário no segmento de passageiros é bastante reduzida em função da predominância histórica do modo rodoviário no transporte urbano coletivo. A utilização de energéticos mais eficientes como a eletricidade também favorece a baixíssima participação dos sistemas ferroviários no consumo de energia no segmento de passageiros, muito embora um dos fatores mais significativos seja a própria baixa capacidade de atendimento das malhas ferroviárias destinadas a este fim.

O consumo de eletricidade no transporte passageiros por trilhos apresentou taxa média de crescimento de 2,5% a.a. como reflexo do crescimento da locomoção por trens urbanos ou metrô nas regiões metropolitanas das cidades brasileiras – reflexo do processo de ampliação das cidades. No entanto, representou em média apenas 0,4% do consumo energético devido à grande presença do modo rodoviário nesse segmento. Daí, quando avaliado na matriz energética do setor de transportes, sua participação média no período fica ainda menor, limitada a apenas 0,26%, pressionado ainda mais pela alta participação de derivados de petróleo para o transporte de cargas e de passageiros no País.

Setor Comercial

Do ponto de vista da natureza da atividade econômica, é o setor mais heterogêneo, compreendendo segmentos tais como hospitais, escolas, comércio varejista, hiper e supermercados, hotéis, restaurantes, shopping centers, e outros.

Tal heterogeneidade, no entanto, configura-se em todos os estados brasileiros dada sua intrínseca relação com os múltiplos anseios por produtos e serviços do consumidor urbano. Nestes 50 anos de evolução, o setor comercial apresentou profundas alterações estruturais econômico-energéticas e sociais. O uso da energia neste setor intensificou-se ao longo do período alcançando expressiva taxa média anual de 4,9%, atrás apenas do setor energético, com crescimento de 6,2% a.a. É importante ratificar a consistência do crescimento do setor comercial, que ao longo de todo o horizonte registrou queda anual no consumo de energia apenas em seis momentos (1984, 1991, 1993, 2001, 2015 e 2016), corroborando gradualmente para a moldura da atual matriz energética nacional.

Dentre os diversos fenômenos influentes sobre o setor, os principais fatores de alteração estrutural foram o desenvolvimento do conceito de universalização de acesso à saúde e ao ensino, movimento de urbanização, logística empresarial e administração da cadeia de suprimentos.

No Brasil, a atuação do Estado na saúde pública era vinculada à formalização da relação de trabalho e a contribuições prévias ao sistema previdenciário público. A cobertura social era dedicada aos trabalhadores formais urbanos, enquanto o restante da população custeava suas próprias despesas com saúde, ou contavam com filantropia. A partir da Constituição Federal de 1988, fica instituída a cobertura do sistema de saúde não só para o empregado, mas sim para todos os cidadãos, acoplando crescimento do consumo de energia nos estabelecimentos de saúde à dinâmica de crescimento demográfico.

Com relação à educação, a Carta Magna também traz obrigatoriedade e gratuidade da educação básica dos 4 aos 17 anos, progressiva universalização do ensino médio

gratuito, dentre outras diretrizes. Portanto, novamente a intensidade de uso de energia nos estabelecimentos de ensino faz parte donexo energia-demografia.

O conceito de logística empresarial inicialmente limitado ao transporte de matérias-primas até a fábrica e ao escoamento dos produtos acabados até os centros de distribuição foi dando espaço ao pensamento de integração até a década de 1970. Tal integração consistia na gestão da empresa como um todo quanto aos estoques, armazenamento, compras, produção, comunicação e informação na busca do mínimo custo possível.

A partir dos anos 70 mais uma evolução conceitual foi gradualmente difundida no Brasil estendendo a logística empresarial à montante (fornecedores) e à jusante (clientes) alcançando na atualidade a era de redes de suprimentos. Enquanto a logística empresarial concentra-se nas operações da própria empresa, este conceito nomeado *supplychain*, ou de cadeia de suprimentos, preocupava-se desde as etapas iniciais até os elos finais da corrente de fornecedores e clientes, buscando soluções conjuntas para o alcance de maior eficiência na operação. (MACHLINE, 2011)

Durante as décadas de 1970 e 1980, com o desenvolvimento da infraestrutura do País pelos Planos Nacionais de Desenvolvimento, PND I e II, sob contínua evolução do conceito de cadeia de suprimentos, grandes grupos empresariais dotaram-se de grande vantagem competitiva frente aos pequenos negócios e comércios de rua. De forma concomitante, o processo de urbanização e adensamento demográfico das cidades tornava os grandes centros urbanos verdadeiros pólos de consumo, ou seja, ainda mais atrativos para novos empreendimentos.

Aliado a isto, cabe destacar o aumento da disponibilidade de capitais com a entrada dos fundos de pensão, além dos empréstimos da Caixa Econômica Federal neste período. A conjunção de tais fatores levou à acentuada expansão dos *shoppings centers* e hiper e supermercados no Brasil durante essas décadas.

Ao longo dos anos 1990, com a queda inflacionária, estabilização econômica e aumento da renda per capita, ocorreu nova onda de crescimento dos *shoppings centers* no Brasil. É importante ratificar que além destes, outros fatores corroboraram crescimento do setor tais como o continuado crescimento demográfico urbano e o aumento dos investimentos dos fundos de pensão no setor de *shoppings centers*. Além da expansão, os *shoppings* foram alterando a estratégia de atuação ao longo do tempo. O conceito de compra com lazer se fortaleceu tornando a climatização de ambientes, cinemas e expansão da praça de alimentação quesitos fundamentais à atratividade do shopping. Além disso, parte da Área Bruta Locável (ABL) passou a ser destinada para consultórios, clínicas médicas, laboratórios, serviços públicos, universidades e outras atividades relacionadas a serviços e lazer de modo a aumentar o fluxo de pessoas em dias e horários diferentes dos horários de pico (BNDES, 2002, 2007).

Ainda na década de 1990, grandes grupos de hiper/supermercados seguiam a estratégia de concentração do setor, adquirindo pequenas e médias redes. O comércio antes pulverizado em pequenos estabelecimentos foi substituído por supermercados dada a maior variedade e menor preço praticados, fruto do aproveitamento logístico. Cabe destacar que, assim como nos *shoppings centers*, no setor de hiper e supermercados, foi observado, nesta época, a entrada de grupos estrangeiros no mercado brasileiro, acirrando a concorrência.

O quadro ao final desta década era de continuidade da estratégia de concentração de mercado e ampliação do escopo de produtos, ofertando também, bens de consumo duráveis como eletrodomésticos, móveis, computadores, roupas, brinquedos, entre outros. Todos esses fatores levaram à modernização e expansão das lojas (m²), e portanto aumentando o consumo de energia no setor (BNDES, 2002). A partir dos anos 2000, no entanto, o número de estabelecimentos do setor de hiper/supermercados,

demonstrou queda da média anual de 1,8% entre 2006 e 2018, segundo BRASIL (2020).

Os *shoppings centers* continuam a manter tendência de crescimento. Segundo ABRASCE (2020), a Área Bruta Locável (ABL) total instalada até 2019 é de 16 milhões de m² contra 5,1 milhões de m² em 2000, o que resulta em uma expansão média anual de 6,2%. É importante destacar que parte desta ABL, assim como outros empreendimentos imobiliários, são fruto da bolha imobiliária que apesar de ter expandido novas unidades, podem apresentar baixos níveis de utilização da capacidade e, portanto, podem não refletir em crescimento do consumo de energia.

De fato, nestes últimos 20 anos há diversos outros efeitos que influenciaram o consumo de energia no setor comercial. Dentre os efeitos negativos, pode-se destacar a crise no abastecimento de energia elétrica e o conseqüente racionamento em 2001, a revisão tarifária extraordinária de energia elétrica em 2015 que aumentou as tarifas de eletricidade cerca de 40%, a crise doméstica verificada desde 2014, entre outros fatores.

Já em relação aos efeitos positivos estão os eventos internacionais ocorridos em nosso território como a Copa do Mundo (2014) e as Olimpíadas (RJ, 2016), acentuando o fluxo turístico para o Brasil em 10,6% e 4,7% respectivamente (EMBRATUR, 2016). Além disso, destaca-se a Resolução Normativa 414/2010 da ANEEL na qual incorporou ao setor comercial, a partir de 2012, o consumo da administração Condominial, Iluminação e Instalações de uso comum de prédios ou conjunto de edificações antes contabilizado no setor Residencial.

A trajetória do consumo de energia no setor comercial é desenhada pelo próprio desempenho da eletricidade neste setor. A demanda por eletricidade em 1970 representava pouco mais de 50% de toda a energia utilizada no setor comercial e em 2019 alcançou a marca de 92% de participação, reforçando a tendência de eletrificação da matriz energética nacional. Portanto, toda a narrativa econômico-energética do setor comercial apresentada até então versa também para a evolução do uso da energia elétrica no setor comercial.

E os demais além da eletricidade?

Na década de 1970, havia predominância do uso de lenha, óleo combustível e óleo diesel dentre os combustíveis utilizados. Entretanto, ao longo do processo de urbanização, a lenha, de disponibilidade e abundância no campo, foi sendo substituída por outras fontes de energia como o GLP e o gás de cidade. Já o óleo diesel, utilizado tipicamente para movimentação de carga dentro do estabelecimento, veio paulatinamente sendo substituído pelo GLP com a difusão das empilhadeiras à GLP.

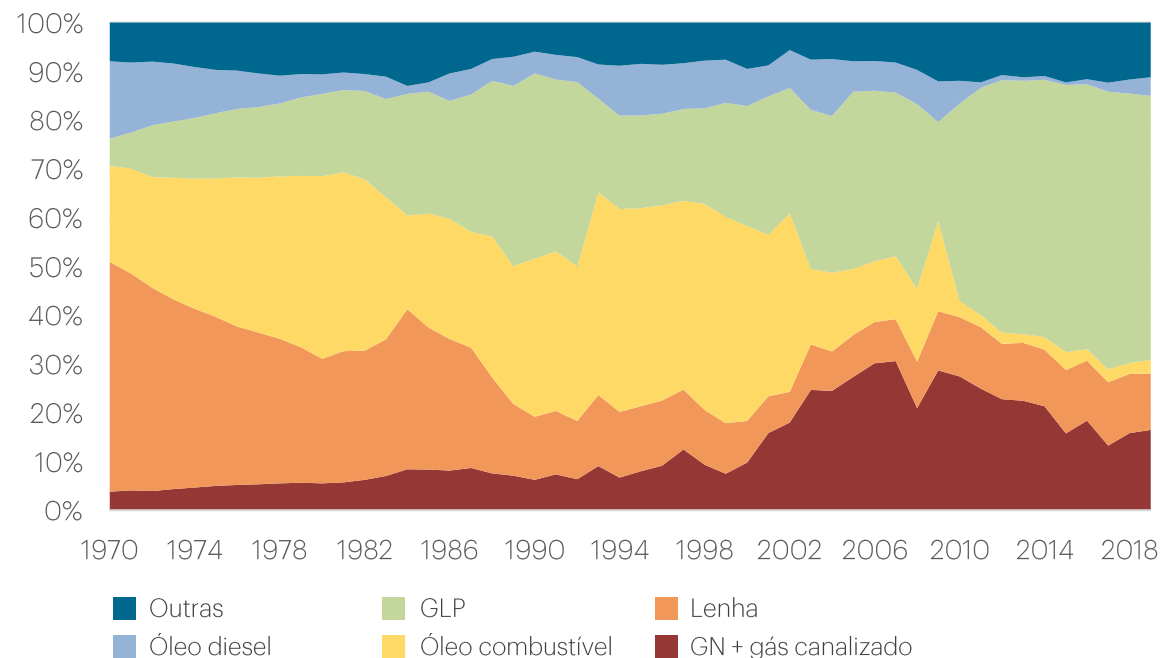
O consumo de GLP foi fortemente impactado pela política de preços, que até 1990 eram regulados por uma política de Governo estabelecida para todo o território nacional e que propiciou a universalização do GLP, favorecendo o abastecimento em áreas distantes e mais pobres. Como pode ser observado, em 1993 ocorreu uma queda significativa do consumo deste energético, isto muito em função do processo de desregulamentação dos preços dos combustíveis e derivados de petróleo.

No final da década de 1990, o gás canalizado, também conhecido como gás de cidade, gás de carvão ou gás de hulha foi substituído pelo gás natural (GN), com as devidas alterações e expansões da rede existente (COMGAS, 2014). Concomitantemente, o GN também substituiu o óleo combustível em virtude de uma série de vantagens como:

- a melhoria da qualidade ambiental com a redução de poluentes como enxofre, particulado e gases de efeito estufa;
- a dispensabilidade de estocagem de combustível, liberando espaço no estabelecimento para outros fins;
- A redução de movimentação de caminhões na instalação (redução da utilização de óleo diesel). O Óleo Diesel, por sua vez, que já vinha sendo substituído pelo GLP para transporte de cargas no interior do estabelecimento comercial foi ainda menos recrutado com a intensificação do uso do GN e consequente redução da necessidade de transporte de óleo combustível dentro do estabelecimento comercial.

Gráfico 3.11 – Participação das fontes térmicas na matriz energética do setor comercial

Fonte: EPE (2020b)



É importante mencionar que os estabelecimentos do setor comercial estão dispostos de forma pulverizada. Ainda assim, cerca de 80% do volume nacional de GN destinado ao setor comercial está concentrado em apenas três unidades federativas do País ■

Setor Residencial

Cerca de 10,3% da energia usada no país é consumida em diversos tipos de habitações, o que mostra a relevância do setor residencial para o planejamento energético nacional.

Enquanto nos países mais desenvolvidos boa parte das questões habitacionais já foi resolvida e as tecnologias mais modernas se encontram disponíveis para grande parte das famílias, nos países em desenvolvimento, como o Brasil, ainda há um elevado *déficit* de moradias e uma enorme demanda reprimida associada à posse ainda pequena e ao uso reduzido dos principais equipamentos residenciais. Neste sentido, o potencial de crescimento do consumo de energia residencial no País nos próximos anos é muito relevante, tornando-se objeto de análise e avaliação constante de modo a identificar e estudar as suas principais transformações, tendências e reflexos para a sociedade.

De acordo com EPE (2020e), em função, entre outros, do aumento populacional e do progresso das condições econômicas, a demanda residencial de energia elétrica do Brasil deverá crescer na média perto de 44,4% entre 2019 e 2030 no cenário referência. De forma geral, a energia pode ter uma variedade de usos dentro dos domicílios, dentre os quais, iluminação, climatização de ambientes (resfriamento ou aquecimento), conservação e cocção de alimentos, aquecimento de água para banho, entretenimento e possibilidade de uso de aparelhos elétricos e eletrônicos. Tais aplicações trazem qualidade de vida aos seus usuários, aumentando as sensações de segurança, saúde, conforto e bem-estar dentro de sua residência.

Os movimentos migratórios associados ao processo de urbanização da sociedade também influenciam bastante o consumo residencial de energia, pois modificam o uso das principais fontes energéticas relacionadas à infraestrutura existente, ao clima e ao modo de se organizar e viver. Em geral, enquanto as áreas rurais estão associadas a casas e sítios situadas em lugares com clima mais ameno cujas fontes tradicionais são baseada no uso de biomassa (lenha e carvão vegetal) para consumo de energia, nas cidades -tipicamente

mais quentes - predominam edifícios e apartamentos menores que utilizam eletricidade, GLP ou gás natural.

O consumo residencial de energia varia possivelmente também em função das condições econômicas e das características naturais de cada região do país. Estimativas da EPE realizadas a partir de dados da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial - PPH 2019 (PROCEL/ELETRONBRAS, 2019) indicam que cerca de 35% dos domicílios brasileiros não aquecem água no país, a maior parte deles nas regiões Norte e Nordeste.

O avanço mais expressivo do consumo de eletricidade nas residências do País se deu a partir de 1995 (Gráfico 3.12), sobretudo em razão do êxito no controle inflacionário a partir de 1994 propiciado pelo Plano Real e mantido nos períodos posteriores. A expansão da renda das famílias, principalmente daquelas menos favorecidas e com menor acesso às tecnologias mais modernas, estimulou a compra e o maior uso de dispositivos elétricos e eletrônicos dentro de casa, levando a um aumento da demanda de eletricidade residencial,. Tais fatos podem ser ilustrados pela evolução do consumo médio de energia elétrica por habitante de 351 KWh/hab. em 1994 para 653 KWh/hab. em 2014 (EPE, 2020b). A partir do racionamento de 2001, políticas públicas do governo federal ajudaram a incentivar o crescimento da demanda residencial no país, tais como o Bolsa Família, por meio da transferência de renda à população mais carente e o Programa Luz para Todos, criado em 2003 para universalizar o acesso à energia elétrica no país, principalmente nas áreas rurais. Foram realizadas mais de 3,5 milhões de ligações no âmbito do programa, beneficiando cerca de 16,8 milhões de pessoas no meio rural brasileiro (ELETRONBRAS, 2020).

Por outro lado, a eficiência energética atuou no sentido de reduzir o consumo de energia das habitações de diversas maneiras. A prática mais tradicional está relacionada à primeira compra ou troca de equipamentos, em geral mais modernos e com menor consumo específico. No que concerne ao uso mais eficiente da eletricidade no Brasil, este estímulo à utilização de equipamentos mais eficientes nos domicílios tem sido realizado de modo mais sistemático desde 1985, quando o Ministério de Minas e Energia (MME) criou o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), de âmbito nacional e coordenado pela ELETROBRAS. Em 1993, em colaboração com o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), foi lançado o selo Procel, concedido anualmente aos equipamentos mais eficientes energeticamente, e que ganhou expressividade a partir do racionamento de 2001.

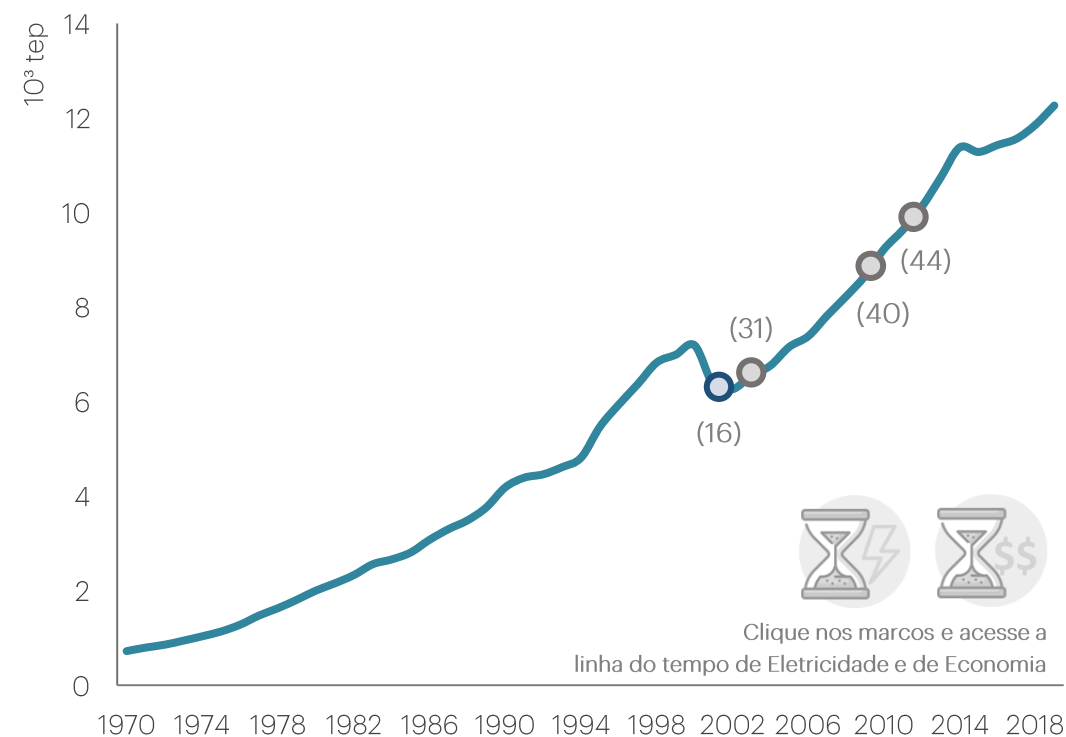
Todavia, a eficiência energética pode também aparecer por meio da própria construção ou readaptação de edifícios, com melhoria de projetos (*retrofit*), utilizando códigos rigorosos e certificados verdes que estimulem as construções sustentáveis. É o caso, por exemplo, das normas de desempenho de edificações NBR 15220 e NBR 15575, que podem auxiliar na redução do consumo de energia nas residências brasileiras. Ademais, a eficiência pode ser fomentada por meio de políticas públicas dos governos federal, estadual ou municipal que estimulem formas mais eficientes de aproveitamento da energia em determinadas tipologias de residências, público-alvo ou regiões do país. É o caso da obrigação da instalação de aquecedores solares ou de sistemas alternativos de energia em Habitações de Interesse Social no âmbito do programa Minha Casa Minha Vida do governo federal¹.

O gerenciamento da demanda de energia por meio de sinalizações econômicas ou incentivos pode induzir os consumidores ao uso mais racional e eficiente da energia dentro dos domicílios do país. É o caso da tarifa branca, por exemplo, disponível para a baixa tensão (BT) a partir de janeiro de 2018 e do Sistema de Bandeiras Tarifárias criado

pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2015. As bandeiras verde, amarela e vermelha indicam se a energia custará mais ou menos aos consumidores, em função das condições e do respectivo custo de geração de eletricidade no momento. (BRASIL, 2011a; BRASIL, 2011b; BRASIL, 2017).

Gráfico 3.12 – Evolução do consumo residencial de energia elétrica no Brasil

Fonte: EPE (2020b)



¹ (Lei NO 12.424 de 16 de julho de 2011 e Portarias NO 325 de 7 de julho de 2011 e NO 643 de 13 de novembro de 2017 do Ministério das Cidades).

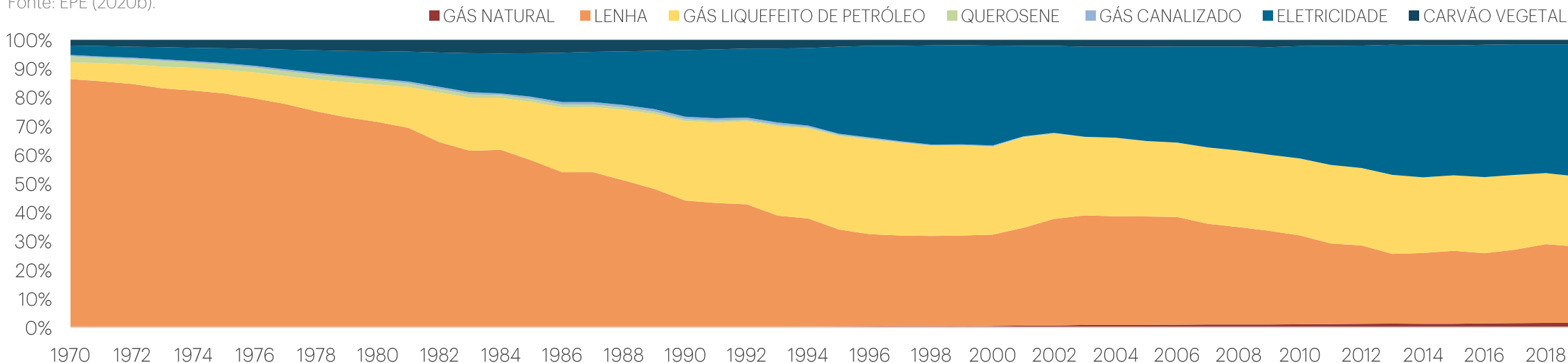
A matriz energética do setor residencial mostra reflexos claros do processo de urbanização, do adensamento das cidades, mudanças na organização do trabalho e suas conseqüentes alterações nos hábitos e rotinas de consumo.

Momentos de elevado crescimento econômico, assim como as grandes crises, choques e períodos de recessão impactaram sobremaneira o uso da energia no país desde 1970. Ao longo deste período, o consumo nacional de energia residencial se baseou em cinco principais fontes de energia: lenha, carvão vegetal, eletricidade, gás natural e GLP. Em 1970, o uso da lenha era predominante para a cocção de alimentos, mas, durante o seu desenvolvimento, o País passou a substituí-la, principalmente nas famílias com maior poder aquisitivo, por GLP e gás natural, combustíveis mais modernos e eficientes. Esta tendência foi favorecida pelo acesso cada vez maior da população brasileira aos alimentos que necessitam de maior quantidade de energia no seu preparo, como as carnes.

A eletricidade aumentou a sua participação no total da energia consumida nas residências brasileiras desde 1970, refletindo progressos na atividade econômica e melhorias na qualidade de vida da população. Para o aquecimento de água para banho, a eletricidade utilizada por chuveiros elétricos vem sendo substituída, em alguns casos, pelo gás natural e pela energia solar. Para os demais usos dentro dos domicílios, que envolvem, entre outros, climatização, entretenimento, iluminação e conservação de alimentos, predominou até o momento e ainda deverá predominar no longo prazo a energia elétrica (BRASIL, 2020). É importante ressaltar o recente fenômeno do aumento do uso da lenha no país, decorrente da crise doméstica instalada desde 2014, pois muitas famílias, em especial de menor renda, passaram a utilizar lenha para cocção em substituição ao GLP.

Gráfico 3.13– Evolução do consumo residencial de energia por fonte no Brasil

Fonte: EPE (2020b).



O setor Industrial

O produto interno bruto (PIB) do setor industrial brasileiro em 2019 foi cerca de 1,3 trilhões de reais em valores correntes, equivalente à 17,9% do PIB nacional. Já a participação do setor industrial no consumo de energia foi de 32,1% do consumo final energético total do País, apresentando, de modo geral, uma trajetória de crescimento ao longo dos últimos 50 anos (Gráfico 3.15). Tal resultado reflete as transformações que o Brasil sofreu no período, onde se nota um processo de intensificação do consumo energético industrial ao longo desta trajetória.

A trajetória de crescimento da participação do setor industrial no consumo final energético só foi interrompida, por período mais prolongado, a partir de 2011, quando a atividade industrial passou a apresentar taxas decrescentes. O consumo de energia na indústria, mesmo apresentando dois anos de seguida recuperação após a crise financeira internacional (Subprime) de 2009, entrou em retração e não manteve a trajetória de recuperação observada nos demais setores da economia brasileira. Assim, a década de 2010 foi a única onde o consumo energético da indústria recuou (7,5%) ao longo desses 50 anos. Como resultado, neste último decênio, a indústria reduziu sua participação no consumo final energético do país.

Gráfico 3.14 – Participação do setor industrial no consumo final energético

Fonte: EPE (2020b)

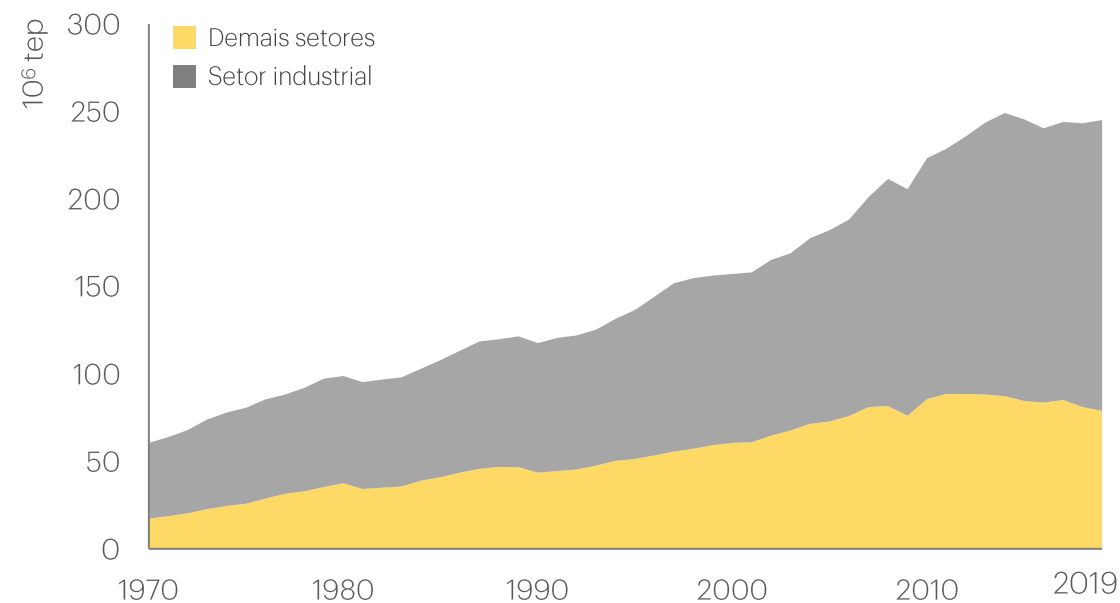
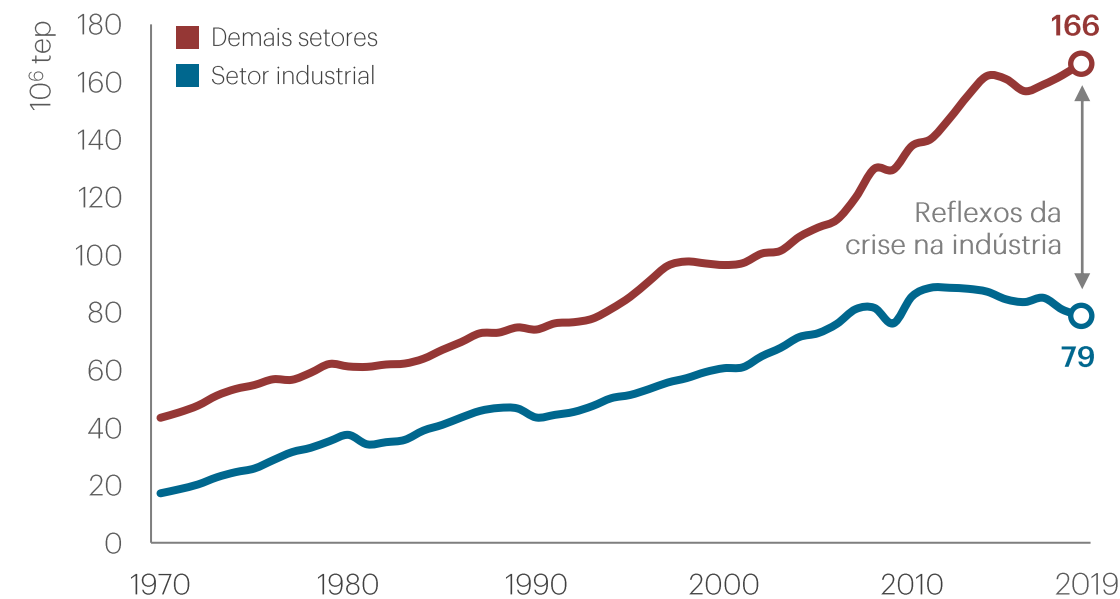


Gráfico 3.15 – Trajetória do consumo final energético na indústria e nos demais setores

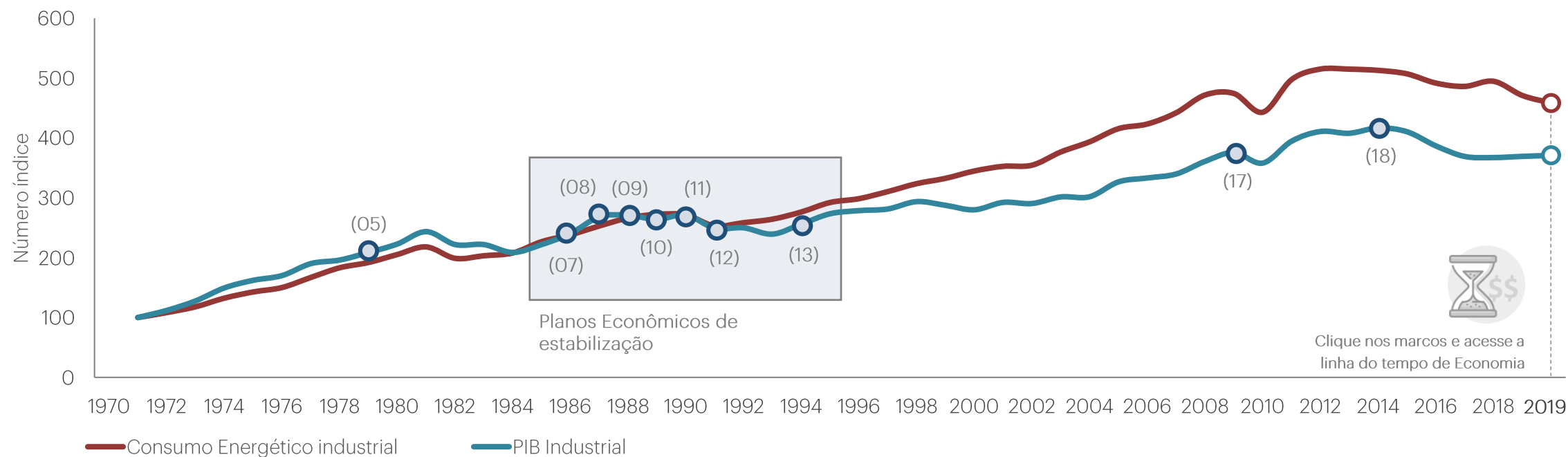
Fonte: EPE (2020b)



A trajetória do consumo de energia na indústria está muito associada ao desempenho do PIB industrial, o qual é impactado diretamente pelo ambiente econômico.

Gráfico 3.16 – Consumo Energético do Setor Industrial x PIB do Setor Industrial

Fonte: EPE (2020b)



O Gráfico 3.16 mostra o segundo choque do petróleo, com reflexos mais proeminentes no início da década de 1980, o período de hiperinflação com a sequência de planos econômicos que buscavam a estabilização da economia, com destaque para os planos Collor I (1990) e Collor II (1991), que levaram a um baixo crescimento econômico entre 1990 e 1993, a crise financeira internacional em 2009 e a crise econômica doméstica a partir de 2014, cujos resultados ainda repercutem atualmente no setor industrial, impactando negativamente seu PIB e seu consumo de energia.

Quanto ao uso na indústria, os energéticos são basicamente destinados para produção calor de processo (ex: caldeiras), aquecimento direto (ex: fornos) e eletricidade, através da cogeração, que reduz as perdas nas conversões energéticas pela conjugação da geração de eletricidade e de vapor para uso nos processos industriais. No Gráfico 3.17 tem-se a evolução do consumo absoluto das fontes energéticas na indústria brasileira.

No gráfico ao lado, observa-se a participação desses energéticos ao longo dos últimos 50 anos, onde os principais movimentos de transição energética ocorridos na indústria, com destaque para a queda na participação da lenha e principalmente do óleo combustível e o incremento na participação do bagaço de cana e do gás natural.

Gráfico 3.17 – Evolução do consumo absoluto das fontes energéticas na indústria

Fonte: EPE (2020b)

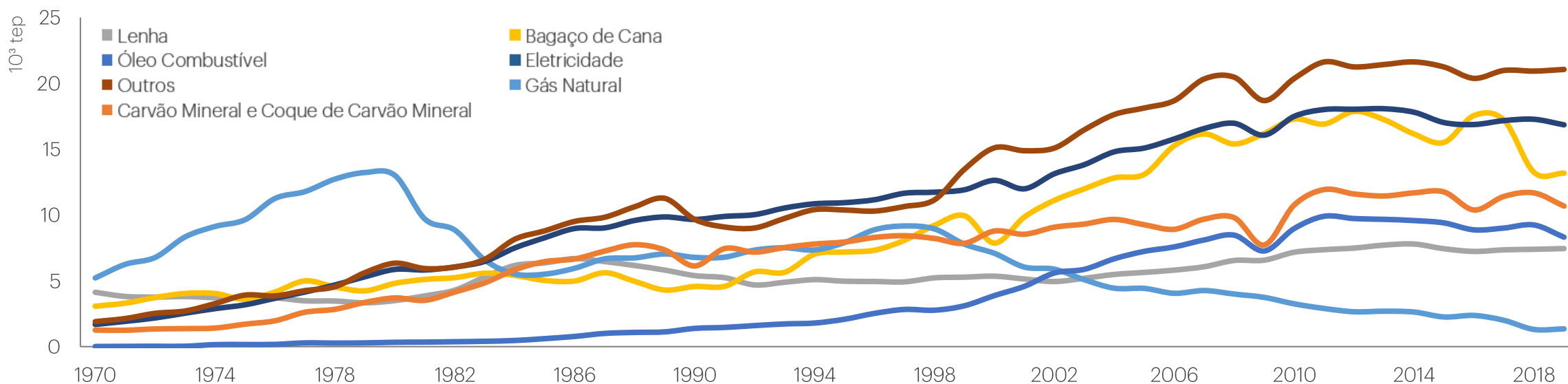
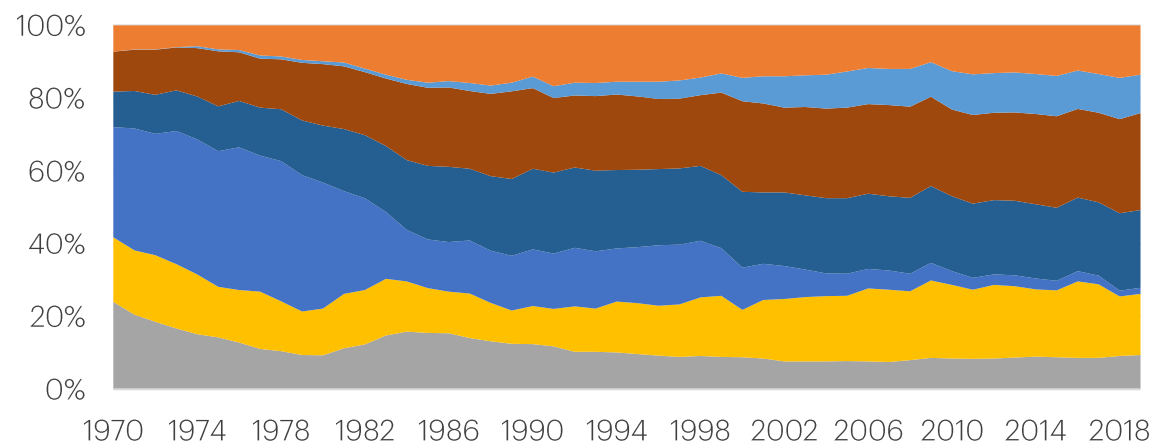


Gráfico 3.18 – Matriz energética do setor industrial

Fonte: EPE (2020b)



A participação dos principais combustíveis nos segmentos mais relevantes da indústria variou em cada década, o que revela movimentos de transição no consumo energético da indústria brasileira.

Tabela 3.2 – Oferta Interna de Energia per capita

Fonte: EPE (2020b)

Segmento	1970	1980	1990	2000	2010	2019
Cimento	■ 91% ■ 7%	■ 74% ■ 10% ■ 9%	■ 43% ■ 26% ■ 15%	■ 55% ■ 15% ■ 12%	■ 74% ■ 13%	■ 71% ■ 13%
Ferro-gusa e aço	■ 36% ■ 32% ■ 21%	■ 36% ■ 34% ■ 12%	■ 40% ■ 36% ■ 9%	■ 43% ■ 25% ■ 9%	■ 44% ■ 21% ■ 11%	■ 43% ■ 18% ■ 14%
Ferro-ligas	■ 50% ■ 50%	■ 50% ■ 36% ■ 11%	■ 57% ■ 38%	■ 47% ■ 42%	■ 43% ■ 40%	■ 41% ■ 38%
Mineração e pelotização	■ 72% ■ 15% ■ 13%	■ 73% ■ 19% ■ 5%	■ 40% ■ 37% ■ 8%	■ 37% ■ 29% ■ 14%	■ 31% ■ 20% ■ 16%	■ 43% ■ 14% ■ 13%
Química	■ 65% ■ 20% ■ 11%	■ 62% ■ 18% ■ 9%	■ 38% ■ 27% ■ 18%	■ 33% ■ 23% ■ 20%	■ 32% ■ 31% ■ 29%	■ 35% ■ 29% ■ 27%
Não ferrosos	■ 63% ■ 24% ■ 10%	■ 55% ■ 24% ■ 16%	■ 66% ■ 12% ■ 11%	■ 58% ■ 23% ■ 10%	■ 49% ■ 17% ■ 12%	■ 46% ■ 20% ■ 15%
Têxtil	■ 45% ■ 33% ■ 21%	■ 58% ■ 34% ■ 5%	■ 45% ■ 37% ■ 13%	■ 53% ■ 22% ■ 15%	■ 59% ■ 27% ■ 8%	■ 64% ■ 25% ■ 7%
Alimentos e bebidas	■ 54% ■ 32% ■ 11%	■ 59% ■ 18% ■ 15%	■ 54% ■ 24% ■ 11%	■ 63% ■ 15% ■ 11%	■ 74% ■ 10% ■ 10%	■ 68% ■ 12% ■ 12%
Papel e celulose	■ 38% ■ 23% ■ 15%	■ 40% ■ 28% ■ 16%	■ 30% ■ 21% ■ 18%	■ 37% ■ 17% ■ 17%	■ 47% ■ 16% ■ 15%	■ 51% ■ 16% ■ 16%
Cerâmica	■ 76% ■ 20% ■ 3%	■ 54% ■ 35% ■ 7%	■ 67% ■ 17% ■ 7%	■ 53% ■ 15% ■ 12%	■ 51% ■ 25% ■ 7%	■ 50% ■ 30% ■ 8%
Outras indústrias	■ 39% ■ 32% ■ 18%	■ 51% ■ 27% ■ 10%	■ 45% ■ 22% ■ 19%	■ 47% ■ 15% ■ 11%	■ 49% ■ 23% ■ 13%	■ 61% ■ 17% ■ 12%

- óleo combustível
- carvão mineral
- carvão vegetal e lenha
- eletricidade
- coque de petróleo
- coque de carvão mineral
- óleo diesel
- GLP
- gás natural
- outras secundárias do petróleo
- bagaço de cana
- lixívia

Os movimentos que ocorrem em cada segmento colaboraram para a evolução da participação desses energéticos durante os últimos 50 anos. Nota-se, por exemplo, a intensificação da substituição do óleo combustível pelo gás natural em vários segmentos a partir dos anos 2000, com destaque para mineração e pelotização, química, têxtil, cerâmica e outras indústrias. A seguir são analisadas as trajetórias de consumo dos principais energéticos.

Lenha

Durante a década de 1970, a lenha apresentou queda no consumo e perdeu participação devido ao crescimento quase generalizado do consumo dos demais energéticos, com especial destaque para o óleo combustível. Tal movimento se deveu principalmente à evolução do parque industrial brasileiro e ao desenvolvimento da indústria de energia, propiciando maior competitividade de novos energéticos no setor industrial do País.

A partir de 1979 e ao longo da primeira metade da década de 1980, o consumo da lenha cresceu sobretudo em função da perda de competitividade do óleo combustível devido ao segundo choque (1979). Durante a segunda metade da década de 1980, o consumo da lenha voltou a cair devido ao efeito combinado da retomada gradual da participação óleo combustível no mercado e do crescimento do uso do gás natural.

Nos anos de 1990, o consumo de lenha ficou estagnado, perdendo participação frente ao crescimento generalizado dos demais energéticos, com destaque para o bagaço de cana e o gás natural.

Após longo período de queda e estagnação, a década de 2000 trouxe novo ciclo de crescimento no consumo da lenha. O Brasil, muito competitivo na produção de celulose, apresentou forte expansão da produção direcionada à exportação, em especial para a China, elevando também a produção e consumo de cavaco contabilizado como lenha no Balanço Energético Nacional.

A partir de 2014, o consumo de lenha sofreu leve retração e entrou novamente em estagnação, em função da recessão econômica doméstica. Foram verificados reflexos no consumo de vários energéticos do setor industrial, incluindo a lenha, a despeito da contribuição da moderada expansão do consumo desta no segmento de papel e celulose. A participação da lenha no consumo da indústria manteve-se estável desde 2000.

Bagaço de cana

O consumo do bagaço de cana no setor industrial está diretamente relacionado à produção de açúcar no segmento de alimentos e bebidas e à produção de álcool combustível (etanol) em unidades de produção do setor energético.

A particularidade presente no uso do bagaço de cana se dá pelo fato deste subproduto de ambos os setores em alguns casos ser utilizado como energético em caldeiras de usinas com destilarias anexas, capazes de produzir tanto açúcar quanto etanol, fracionando assim a destinação deste energético em função do *mix* de produção desejado.

Assim, nos períodos em que a indústria sucroalcooleira se volta prioritariamente à produção de etanol, o consumo do bagaço é contabilizado com maior participação do setor energético e ocasionando eventuais reduções de participação no setor industrial. Este entendimento é necessário para a adequada análise da trajetória do consumo do bagaço da cana na indústria.

Na década de 1970, o consumo de bagaço da cana cresceu 3,6% a.a., apesar da perda de participação para alguns energéticos, em especial para o óleo combustível, o qual expandiu o seu consumo no mesmo período.

Durante a década de 1980, o bagaço de cana sofreu redução do seu consumo na indústria, em um comportamento antagônico aos demais energéticos. Movimento relacionado em certo grau com o aumento da produção de etanol em detrimento da produção de açúcar, em virtude do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), lançado na década anterior, em 1975, no âmbito do conjunto de medidas de política energética para o enfrentamento do primeiro choque do petróleo.

De fato, o Proálcool viabilizou a substituição da gasolina ao ponto que em meados da década de 1980 o Brasil se tornou exportador líquido deste derivado, porém, as crises de abastecimento no início da década de 1990 minaram a confiança do consumidor, ocasionando o declínio na produção de carros a etanol (PINTO JR et. al; 2016).

Dentre os fatores que contribuíram para a perda de força do programa destacam-se os patamares mais baixos de preços de petróleo, após o contrachoque de 1986, e a possibilidade de arbitragem dos produtores de açúcar e de etanol, fazendo com que o consumo de bagaço de cana apresentasse um crescimento superior ao dos demais energéticos da indústria em momentos de escalada do preço do açúcar no mercado internacional.

A partir de 2003, com o advento dos chamados carros *flex*, veículos capazes de utilizar mais de um combustível, o Brasil voltou a produzir etanol em volumes expressivos, promovendo o crescimento do setor sucroalcooleiro e expandindo significativamente a sua capacidade instalada. O consumo de bagaço de cana na indústria cresceu na esteira desse movimento, porém, de forma instável, com períodos de queda e retomada.

Além da combinação de fatores intrínsecos à produção de açúcar e etanol, a sucessão de crises ocorridas no País nos anos mais recentes da década de 2010, propiciou a queda da atividade industrial destes segmentos. A partir do ano 2011 em diante, o consumo do bagaço de cana na indústria flutuou frente aos demais energéticos, mas com tendência majoritária de queda.

Óleo Combustível

A expansão das atividades de refino no País representou uma importante contribuição para o desenvolvimento da indústria nacional, assegurando, junto com as importações, o suprimento de derivados de petróleo. Entretanto, os impactos dos dois choques do petróleo na década de 1970 alavancou o consumo de outros energéticos na indústria, devido ao seu ganho de competitividade em relação aos derivados de petróleo. Cabe destacar que o processo de busca por energéticos mais modernos, mais limpos e com menos emissões influenciou a transição energética no período. Ao longo desses 50 anos é possível observar o processo de transição energética no setor industrial nacional, perfeitamente perceptível, por exemplo, na trajetória do consumo e participação do óleo combustível.

Na década de 1970, o óleo combustível apresentou crescimento vigoroso, principalmente pela evolução do parque industrial, com entrada de novas plantas consumidoras deste combustível, e pelo desenvolvimento da indústria de energia e do parque de refino, propiciando a penetração competitiva do óleo combustível na indústria.

Entre 1979 e a primeira metade da década de 1980, o consumo de óleo combustível caiu vertiginosamente, sofrendo perda de competitividade frente a energéticos concorrentes. De fato, os choques do petróleo, em especial o segundo, ocasionou a redução de participação do óleo combustível em diversos segmentos da indústria, sobretudo naqueles onde era considerado o principal energético, tais como cimento (sobrepujado pelo carvão mineral), têxtil (eletricidade), química (perda de participação para eletricidade e outros) e outras indústrias (sobrepujado por eletricidade).

A partir da metade da década de 1980, o óleo combustível apresentou retomada do seu consumo, seguindo em elevação quase que constante até o final da década de 1990. Entretanto, a participação no consumo seguiu praticamente constante, indicando que o óleo combustível não foi capaz de retomar a participação perdida para os energéticos concorrentes.

A partir do final da década de 1990, com a entrada em operação do Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol), o óleo combustível foi deslocado pelo gás natural que ganhou participação nos principais mercados consumidores industriais do País. Comparativamente, verifica-se que em 1970 o óleo combustível era o energético mais consumido na indústria, no entanto, ao longo dos cinquenta anos, perdeu participação de maneira significativa até o final do período, chegando em 2019 como o energético de menor participação dentre os mais relevantes do setor.

Gás Natural

A partir da década de 1990, o gás natural atingiu um novo status na política energética nacional e a sua difusão foi considerada uma das prioridades para o setor de energia. Isto se deu em função de descobertas de reservas importantes na Bacia de Campos, seguida do aumento da produção de gás associado, e do avanço das negociações para a importação de gás da Bolívia (PINTO JR et. al; 2016).

As tentativas de ancorar o consumo de gás natural no País acabaram por sinalizar um forte estímulo à demanda, com grande crescimento do consumo proveniente do setor industrial. De fato, desde a metade da década de 1970, o setor industrial já contava como parcela significativa no uso energético do gás natural, chegando a 66,1% em 1977, porém, totalizando apenas 312 milhões de m³. Ao longo da década de 1990, a participação se manteve em patamares próximos, porém, atingindo valores da ordem de 3,5 bilhões de m³ em 1999. Fato que se intensificou nos vinte anos seguintes, chegando a alcançar praticamente o triplo deste volume.

O consumo energético do gás natural na indústria se destina principalmente à produção de calor, aquecimento direto e energia elétrica. A sua entrada no setor industrial se deu pela indústria química, sendo consumido especialmente nas unidades de fertilizantes nitrogenados de Cubatão (SP) em 1958 e Camaçari (BA) em 1971. Entretanto, até o ano de 1980, apresentava consumo e participação muito modestos entre os energéticos utilizados no setor químico.

O uso do gás natural como combustível tem características diferenciadas e atrativas em relação aos seus concorrentes, apresentando uma queima mais limpa, regular (constante) e de fácil controle, pouco poluente, de baixa emissão, cujo fornecimento via gasoduto reduz a necessidade de armazenamento do combustível na planta industrial. Entretanto, sua principal barreira de mercado sempre foi o desafio da expansão da infraestrutura de fornecimento de gás natural competitivo, dado os altos investimentos necessários ao seu aproveitamento na cadeia de produção: exploração, escoamento, tratamento e transporte.

Desde 1980 até o final da década de 1990, manteve-se em tendência de crescimento com taxas de 15,5% a.a. e ganhando espaço em segmentos anteriormente atendidos pela lenha e pelo óleo combustível, ainda que este último também tenha apresentado crescimento no período.

Com a entrada em operação do gasoduto Brasil-Bolívia (Gasbol) em 1999, o gás natural alcançou as regiões que concentram os principais mercados consumidores industriais do País, com destaque para o estado de São Paulo. O consumo de gás natural acelerou, e ganhou mercado frente ao óleo combustível de maneira significativa e constante, destacando-se principalmente nos setores de mineração e pelletização, química, têxtil, cerâmica e outras indústrias, tendo praticamente substituído o óleo combustível em todos esses segmentos.

Em 2009, com a crise financeira internacional afetando diversos segmentos da indústria, cai o consumo de gás natural, assim como de vários outros energéticos. Medidas anticíclicas são adotadas pelo governo e já nos dois anos seguintes o crescimento foi retomado, entretanto não por muito tempo, o consumo de gás natural entra em estagnação.

A partir de 2014, o consumo de gás natural que se encontrava estagnado, sofreu retração em virtude da crise econômica doméstica que conduziu à um quadro de instabilidade econômica do País, com reflexos no consumo de vários energéticos do setor industrial. Como resultado, no último decênio, o gás natural apresenta retração de 7,3% em seu consumo, em linha com a retração de consumo energético total apresentada pela indústria no período. Cabe destacar que, mesmo apresentando redução de consumo desde 2014, o gás natural, ao longo desta última década, seguiu ganhando mercado frente ao óleo combustível, que segue em acentuada retração de consumo desde o final da década de 1990.

Carvão Mineral e Coque

Historicamente, no mundo, o carvão, comumente chamado de carvão mineral, desempenhou um papel fundamental durante a Primeira Revolução Industrial e para a geração de eletricidade. A classificação do carvão está estreitamente ligada ao seu grau de carbonificação. O carvão vapor (carvão não coqueificável) é comumente utilizado nas caldeiras para a produção de energia elétrica e vapor. O carvão metalúrgico é utilizado como matéria-prima na fabricação de coque para altos fornos siderúrgicos.

O carvão mineral metalúrgico e o coque de carvão mineral possuem forte presença na indústria siderúrgica. Já o carvão vapor desempenhou papel relevante em diversos setores industriais, em especial nos anos seguintes às crises do petróleo. Embora recentemente menos usado, o carvão vapor possui papel ainda relevante para a produção de calor e aquecimento direto em muitos segmentos da indústria.

No Brasil, da metade da década de 1970 até quase o final da década de 1980, o consumo do carvão metalúrgico e do coque cresceram constantemente e ganharam participação, devido ao ciclo de expansão experimentado pela siderurgia brasileira em decorrência do Plano Siderúrgico Nacional. Além disso, a procura por energéticos alternativos ao óleo combustível pelos diferentes setores da indústria, após as crises do petróleo, também impulsionaram o consumo do carvão vapor.

A partir do ano de 1987, a participação do carvão vapor declinou, especialmente devido à entrada de outras fontes energéticas no setor industrial. Já o carvão metalúrgico também reduziu sua participação devido à baixa demanda por aço. Durante a década de 1990, o parque siderúrgico nacional passou por processos de privatização, ocasionando o aumento da produção e do consumo de carvão metalúrgico até o ano de 2008.

No ano de 2009, a produção siderúrgica brasileira e o consumo do carvão metalúrgico foram impactados pela crise financeira internacional. Fato que se estendeu aos diversos setores industriais, afetando o consumo de carvão vapor e de vários outros energéticos. A partir da recuperação do setor industrial, nota-se que, já em 2011, o consumo de carvão

mineral e o coque atingiu o valor mais alto da sua série histórica. Desde então, influenciada pela fase de maior instabilidade econômica verificada no País, a produção de aço é reduzida, impactando o consumo de carvão metalúrgico e coque de carvão. O setor industrial sofre como um todo e os demais energéticos também apresentam redução ou estabilização do consumo, fazendo com que o carvão mineral e o coque mantenham sua participação estável frente aos demais energéticos.

Eletricidade

A eletricidade é utilizada na indústria de forma mais generalizada para força motriz e iluminação. Alguns segmentos da indústria, intensivos no uso da eletricidade (eletrointensivos), a exemplo da siderurgia, metalurgia e não-ferrosos (alumínio). A evolução do consumo de eletricidade na indústria está intimamente ligada à atividade industrial como um todo, e em especial dos segmentos eletrointensivos.

Desde o ano de 1970 até meados da década de 1980, o consumo de eletricidade apresentou crescimento constante, com média de 11%a.a., quase três vezes mais que o crescimento do consumo da indústria, ganhando participação no consumo energético industrial neste período.

Esse crescimento se deu no contexto do período do “Milagre Econômico”, no início da década de 1970, e de políticas públicas que buscavam o crescimento econômico, como os Planos de Desenvolvimento Nacional (PND), lançados respectivamente em 1972 (I PND) e em 1974 (II PND). Em especial o II PND, onde, dentre seus objetivos, constava o desenvolvimento da indústria de base, em especial a siderurgia, a química pesada, metais não ferrosos e minerais não metálicos, intensivos no uso de eletricidade.

Entre os anos de 1986 e 2000, a eletricidade manteve o seu crescimento, porém, a taxa média de 3%a.a., ritmo inferior àquele verificado no primeiro período, entretanto, em linha com o crescimento do consumo da indústria, mantendo-se estável em termos de participação.

Em 2001 ocorreu a primeira ruptura nessa trajetória de crescimento da eletricidade na indústria. Neste ano, uma severa crise hídrica acarretou restrições na produção de eletricidade, impondo ao setor industrial redução no seu consumo, o que terminou por impactar a produção dos segmentos mais dependentes de eletricidade.

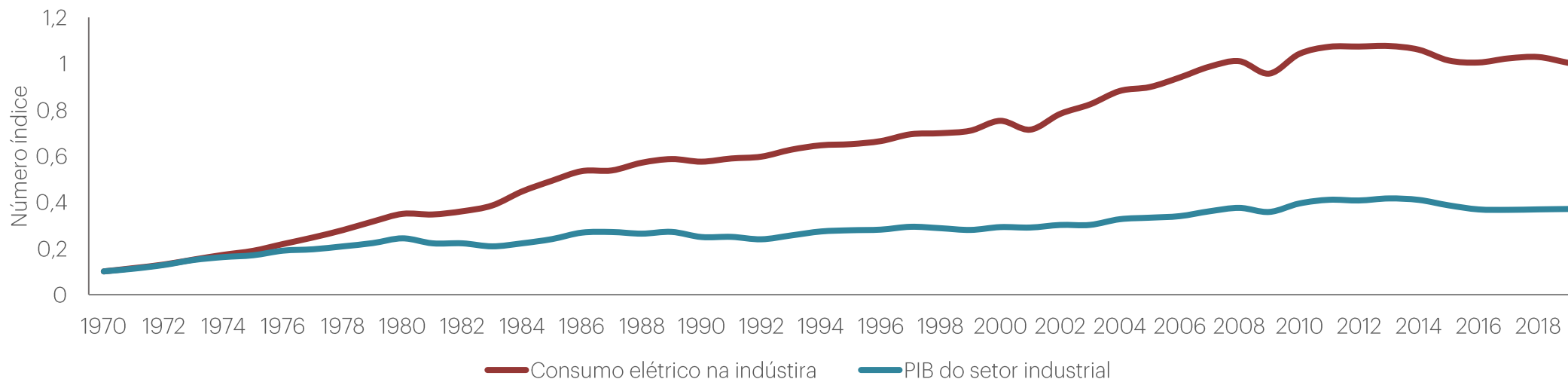
Entre os anos 2002 e 2008, o consumo de eletricidade apresentou taxas crescentes, acompanhando o desempenho do setor industrial, e a participação da eletricidade permaneceu constante. Entretanto no ano de 2009, no contexto da crise financeira internacional, caiu o consumo de eletricidade da indústria, afetado pelos impactos sobre

os diversos segmentos industriais. Todavia, já nos dois anos seguintes o crescimento foi retomado, em grande parte pelo conjunto de medidas anticíclicas aplicadas pelo governo brasileiro que repercutiram no setor industrial. No último decênio, a eletricidade apresentou retração de 3,7% em seu consumo, metade da retração do consumo energético total apresentada pela indústria no mesmo período. Finalmente, em 2019 o consumo de eletricidade na indústria, representou 21,4% do consumo energético total do setor industrial.

Entre 1970 e 2019, o consumo de eletricidade na indústria cresceu acima do PIB industrial, revelando a sua participação crescente nos segmentos industriais e no aumento da intensidade elétrica da indústria.

Gráfico 3.19 – Consumo elétrico x PIB industrial

Fonte: EPE (2020b)



Outros

A categoria “outros” no Balço Energético Nacional (BEN) inclui uma gama de energéticos de características muito distintas e com desempenho e papéis diversos durante os últimos 50 anos, eles são: outras renováveis, outras não renováveis, óleo diesel, biodiesel, gás liquefeito de petróleo (GLP), nafta, querosene, gás de coqueria, gás canalizado, carvão vegetal, outras secundárias de petróleo e alcatrão. As parcelas mais relevantes encontram-se em outras secundárias de petróleo - com destaque para coque de petróleo -, e outras renováveis- com destaque para a lixívia.

O coque de petróleo é um produto sólido, produzido nas unidades de coqueamento das refinarias, a partir de resíduos do refino do petróleo. Já a lixívia, ou licor negro, é um subproduto da produção de celulose, sendo queimada em caldeiras para produção de vapor e eletricidade.

Durante a década de 1970, a categoria “outras secundárias do petróleo” - consumido nos segmentos de química, não ferrosos e outros da indústria -, o carvão vegetal no segmento de ferro-gusa e a lixívia no segmento de papel e celulose, foram responsáveis conjuntamente por mais da metade da expansão da categoria de ‘outros energéticos’.

Na primeira metade da década de 1980, após o segundo choque do petróleo, o consumo de energéticos derivados de hidrocarbonetos sentiu os efeitos do aumento internacional dos preços de petróleo e o consumo observado em “outros” diminuiu, provocando perda da sua participação no período. Naturalmente, a presença de energéticos oriundos de fontes primárias diferentes do petróleo atenuou a queda percebida em “outros”. No período seguinte da década de 1980, o consumo de “outros” retomou a sua trajetória da década anterior. O carvão vegetal, com forte expansão do seu consumo no segmento de ferro-gusa, foi o energético com a maior contribuição para esse movimento, sendo responsável sozinho por quase 60% deste crescimento. Contribuíram ainda, mesmo que em menor escala, o gás de coqueria no segmento de ferro-gusa e lixívia no segmento de papel e celulose.

A década de 1990 foi iniciada com forte retração no consumo do carvão vegetal no segmento de ferro-gusa, que seguiu em queda até o final do período. A partir da metade da década, o consumo de “outras secundárias de petróleo” retomou o seu crescimento com base nos segmentos de química e cimento, destacando-se pela introdução do coque de petróleo na indústria de cimento, o que representou quase metade do crescimento de “outras secundárias do petróleo” na década. O consumo de “Outras renováveis” também cresceu, sobretudo devido ao aumento no consumo da lixívia associado à expansão do segmento de papel e celulose no País.

Na década de 2000, o consumo de coque de petróleo (cimento) seguiu em forte expansão, sendo responsável por mais da metade do crescimento de “outras secundárias de petróleo”. Observa-se neste período a aceleração do consumo de lixívia respondendo por mais de 40% da expansão do consumo de “outros”, passando a ser o maior contribuinte para esta expansão. O Brasil, muito competitivo na produção de celulose, apresentou forte expansão da produção direcionada à exportação, em especial para a China, elevando também a produção e consumo de lixívia. No final dos anos 2000 e na década seguinte, os mesmos fatores econômicos que afetaram diversos segmentos industriais também impactaram o consumo de “outros”, porém, de forma atenuada devido ao desempenho da lixívia, que apresentou forte expansão em seu consumo até o final do período.

Dentre os diversos segmentos industriais que compuseram a indústria brasileira ao longo desses 50 anos, os segmentos de papel e celulose, química, siderurgia e cimento são destacados nesta edição. Nas páginas seguintes são identificadas as principais informações e dados que influenciaram na trajetória desses segmentos industriais, bem como a composição cronológica da matriz energética de cada um deles, revelando como se deu a contribuição de cada um no uso da energia no setor industrial.

Papel e Celulose

A indústria de papel e celulose vem aumentando sua relevância, e seu consumo energético passou de 5% do consumo final industrial em 1970 para 16% em 2019, com um crescimento médio do consumo de 5,5% a.a. (1970 a 2019). O setor pode ser segmentado em plantas de celulose, plantas de papel e plantas integradas, que produzem celulose e papel – evitando a demanda energética para secagem da celulose. A produção de celulose é caracterizada por plantas de grande porte, com capacidade produtiva de cerca de 1 a 2 milhões de toneladas por ano, intensivas em tecnologia.

O processo produtivo inclui o cozimento da madeira para extração de celulose, gerando um líquido rico em compostos de sódio e matéria orgânica, a lixívia ou licor preto. A lixívia é queimada em caldeiras para recuperação de reagentes químicos, produção de vapor e de eletricidade. Algumas plantas já realizam o biorrefino, produzindo hidrogênio verde e metanol consumidos nas próprias plantas, e outros produtos como lignina. As unidades também realizam cogeração a partir de caldeiras de biomassa, tornando essa indústria com taxas de renovabilidade acima de 85% e elevada autoprodução.

O processo de produção de papel é distinto, com consumo específico menor e sem coprodutos para realizar cogeração. Há consumo de energia elétrica em basicamente todas as etapas, como prensagem e refino, e demanda por vapor para secagem.

Na década de 2000, a produção de celulose passou a se expandir mais do que a de papel, aumentando a razão entre a produção de celulose e papel (Gráfico 3.20). O país é altamente competitivo na produção de celulose, em especial na etapa florestal, devido ao clima, solo e P&D, e com isso hoje o Brasil exporta cerca de 70% de sua produção. Na União Europeia, por exemplo, a razão entre produção de celulose por papel foi cerca de 40% em 2016 (EPE, 2020a), indicando que o bloco é importador de celulose, e limitando as comparações de consumo específico.

A matriz energética do setor sofreu transformações expressivas ao longo dos últimos 50 anos (Gráfico 3.21). A lixívia aumentou sua participação de 15% para 51%, pelo melhor aproveitamento energético e maior produção de celulose, se tornando a fonte mais

relevante do setor, utilizada para cogeração. O gás natural passou a ser utilizado na década de 1980, de forma gradual, e desde os anos 2000 sua participação ficou relativamente estável em 7%, com uso principalmente em caldeiras.

Gráfico 3.20 – Razão de produção Celulose/Papel

Fonte: EPE (2020a).

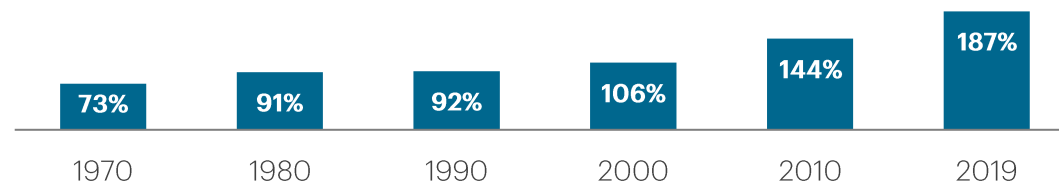
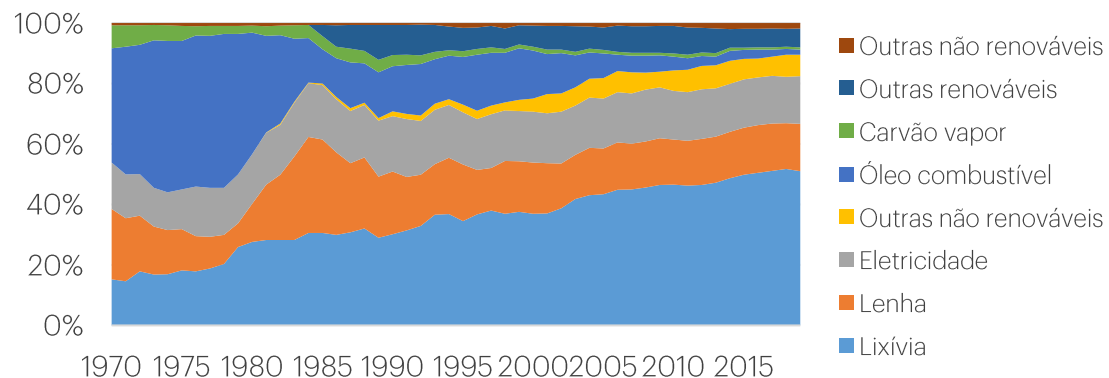


Gráfico 3.21 – Matriz Energética Papel e Celulose

Fonte: EPE (2020b).



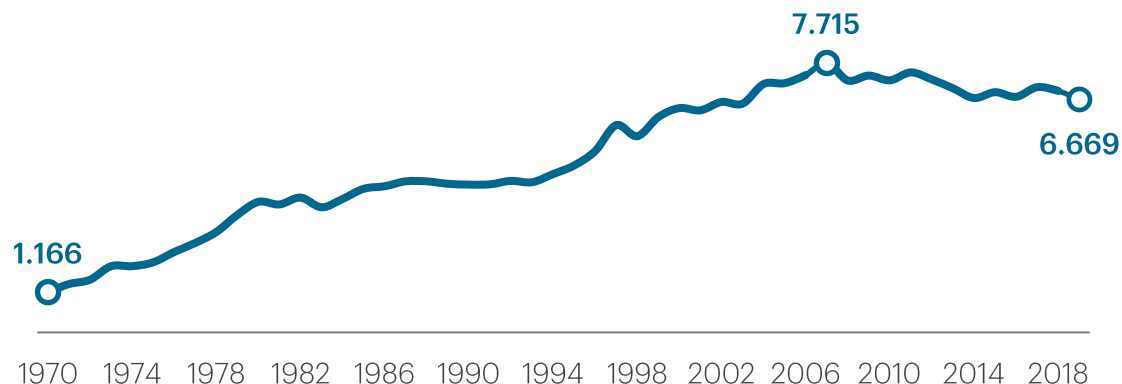
O óleo combustível, que era a principal fonte no início do período analisado (38%), teve seu uso reduzido rapidamente na primeira metade da década de 1980, sendo substituído por lenha, lixívia e outras renováveis. Continua perdendo participação, até chegar a apenas 2% do consumo final em 2019. Atualmente é utilizado na partida de caldeiras, nos fornos de cal e ainda em caldeiras a óleo combustíveis de poucas plantas.

Química

A química, como uma indústria de base, abastece os demais setores industriais com as matérias primas já processadas em todo o parque industrial instalado no país com intermediários e produtos químicos essenciais para várias cadeias produtivas. E nos países mais desenvolvidos, o consumo final de energia desse setor se destaca dada essa pluralidade. Desde 1970, a partir do histórico, verifica-se a crescente evolução da indústria química brasileira até 2007, fortemente atrelada ao desenvolvimento da petroquímica e da gás-química, alcançando o patamar recorde de 7,7 milhões de tep.

Gráfico 3.22 – Consumo de energia da indústria química (mil tep)

Fonte: EPE (2020b).

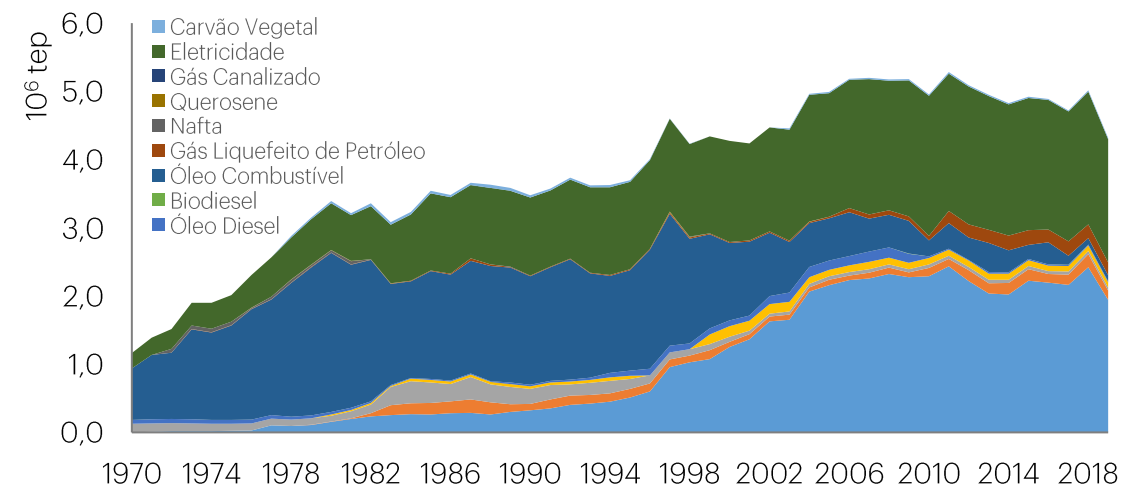


A primeira década (1970-1980) revelou o dominante uso do óleo combustível como principal energético do parque nacional. Cabe ressaltar que o gás natural entrou na matriz industrial através da indústria química e até 1973 era totalmente consumido nesse setor, especialmente nas unidades de fertilizantes nitrogenados de Cubatão/SP (1958) e Camaçari/BA (1971). Nesta última, a estrutura industrial existente, com seus dutos e acesso aos recursos (água e eletricidade), culminou na construção e operação do primeiro complexo petroquímico do país.

Cerca de 70% das plantas mais eficientes de produção do segmento de soda cloro, unidades eletrointensivas, iniciaram as atividades até 1979 e no decênio seguinte, outras fontes secundárias (como o gás de refinaria), o gás natural e a eletricidade surgem como substitutos do óleo combustível com taxas de crescimento expressivas (8%, 7,5% e 5,3%, respectivamente, entre 1980 e 1990). O consumo de carvão vapor, do extinto gás canalizado e de lenha cresceu, mantendo uma pequena participação entre as fontes utilizadas no setor nesse mesmo período.

Gráfico 3.23 – Consumo por fonte da indústria química

Fonte: EPE (2020b).



Somente a partir de 1995, após um período de recessão, as oportunidades geradas pela ampliação da oferta de gás natural ganham importância no país. Os primeiros anos do novo milênio ampliam a possibilidade de concretização do Pólo Gás-químico de Duque de Caxias, com um aumento acumulado de 20% p.p. na participação do gás natural na matriz até a inauguração da planta de eteno (base gás – etano/propano) em 2005.

Atualmente, no ranking mundial, o faturamento da indústria química e petroquímica do país se posiciona entre os dez maiores e pode ser um vetor de desenvolvimento tecnológico para os mais importantes setores da economia. O mercado brasileiro mantém uma demanda robusta pelo seu grande porte ou pelas perspectivas de crescimento, porém a participação do setor químico ainda é pequena com cerca de 8% (EPE, 2020b) do consumo final de energia no total da indústria nacional.

No contexto atual, após breve recuperação no biênio 2016 e 2017, o setor químico voltou a operar com ociosidade média de 30% da capacidade instalada no país (em 2019), segundo a Associação Brasileira de Indústria Química (ABIQUM, 2020). Ao longo dos últimos 30 anos, a produção nacional de químicos não acompanhou a evolução do consumo interno, as importações cresceram significativamente, em volume, passando a responder por 43% da demanda interna, maior nível de toda a série no período.

O histórico déficit na balança comercial do setor químico se concentra nos segmentos de fertilizantes e petroquímicos devido ao encerramento das atividades de muitas empresas no país ao longo dos 50 anos. Tal retração, atrelada principalmente à falta de competitividade, pode estar relacionada a diversas questões, dentre elas: custos logísticos, competição internacional, assim como disponibilidade e preço de matérias primas (BRASIL, 2020).

Neste sentido, há um grande potencial de desenvolvimento da produção nacional cuja concretização depende de condições adequadas de infraestrutura, de tributação e de custos, pois necessita de investimentos de grande porte, intensivos em capital e caracterizados por elevados prazos de maturação, além de uma extensa vida útil (WILLIAM, 2014). Com base no planejamento energético, o potencial de crescimento do consumo de energia da química brasileira nos próximos anos é relevante. A atividade interna da química, como um importante indicador econômico, tem forte correlação com o desempenho do PIB.

Siderurgia

A siderurgia brasileira se caracteriza pela coexistência entre usinas que usam coque de carvão mineral (ou coque metalúrgico) e carvão vegetal como redutores metalúrgicos, diferença refletida na evolução da estrutura de consumo final de energia do segmento de ferro-gusa e aço.

O coque de carvão mineral é um produto das coquearias a partir da carga de carvão metalúrgico. As plantas siderúrgicas que o utilizam como redutor podem produzir o coque metalúrgico em coquearias próprias ou podem adquiri-lo de terceiros.

No que se refere à produção de aço reciclado, a sucata é utilizada como carga metálica em plantas com fornos elétricos a arco, intensivos em eletricidade. Sua produção física é, portanto, influenciada pela disponibilidade de sucata para reciclagem.

Assim, a partir de insumos como o minério de ferro e a sucata, além de fontes energéticas como o coque metalúrgico, o carvão vegetal e a eletricidade, a usina siderúrgica produz o aço bruto. Esse aço é processado em etapa posterior e são gerados subprodutos passíveis de comercialização, como os semiacabados e os laminados, como mostra a Figura 3.1.

No ano de 1970, o setor siderúrgico brasileiro totalizava uma produção de aço bruto de 5,4 milhões de toneladas, com um consumo final de energia correspondente de 3,3 Mtep. Neste momento, já haviam sido instaladas algumas importantes usinas no País, como as usinas de Sabará e de João Monlevade, ambas propriedades da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), a Acesita, a Cosipa e a Usiminas.

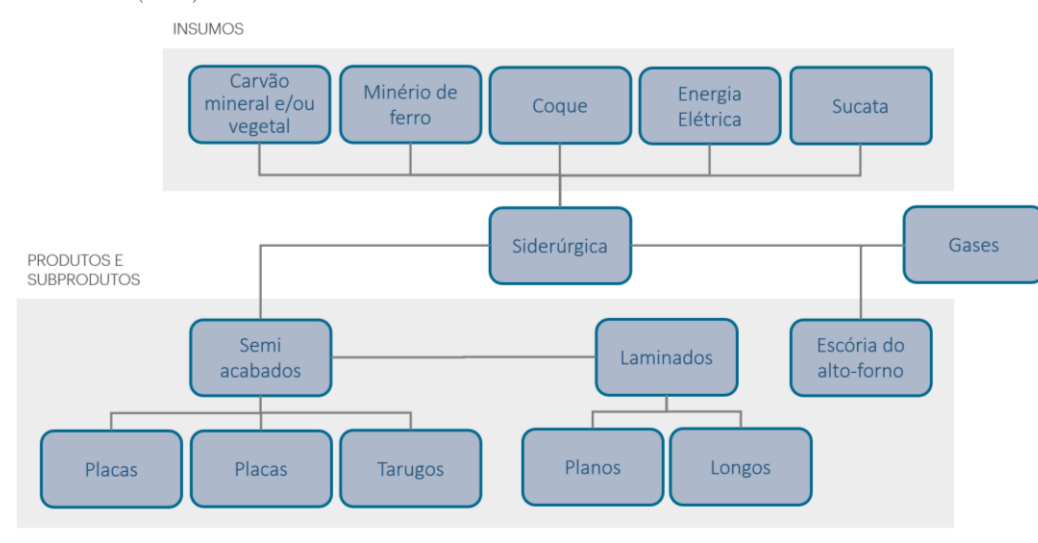
Em 1971, deu-se início a um ciclo de expansão da siderurgia brasileira, fomentado pelo Plano Siderúrgico Nacional (PSN). Assim, entre 1973 e 1986, foram realizados importantes investimentos nas expansões da CSN, da Usiminas e da Cosipa, na instalação da USIBA, a única planta siderúrgica no País que utilizava o processo de redução direta do minério de ferro à base de gás natural, e na instalação de duas novas grandes usinas siderúrgicas, a Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST), em 1983, e a Açominas cuja operação foi iniciada em 1986.

A baixa demanda de aço levou a uma utilização de capacidade de 65% da siderurgia brasileira, gerando uma queda de 17,8% do consumo final energético, que chegou a 12,2 milhões de tep em 1990, ano no qual a produção brasileira de aço bruto foi de 20,6 milhões de toneladas. Nos anos seguintes, foi realizado processo de privatização de plantas siderúrgicas, que gerou aporte de capitais, procurando-se alcançar economia de escala e competitividade. Como consequência, entre 1994 e 2001, houve uma série de investimentos na modernização do parque siderúrgico nacional, em especial nas fases tecnológicas de redução, aciaria, lingotamento e laminação.

Nos primeiros anos do século XXI, o salto da produção siderúrgica a partir de 2000 provocado pela modernização das plantas existentes levou ao crescimento do consumo energético da siderurgia brasileira até 2008, alcançando o montante de 18,2 milhões de tep, com uma produção física de 17,6 milhões de toneladas.

Figura 3.1 – Processo geral da indústria siderúrgica

Fonte: VIANA (2017).

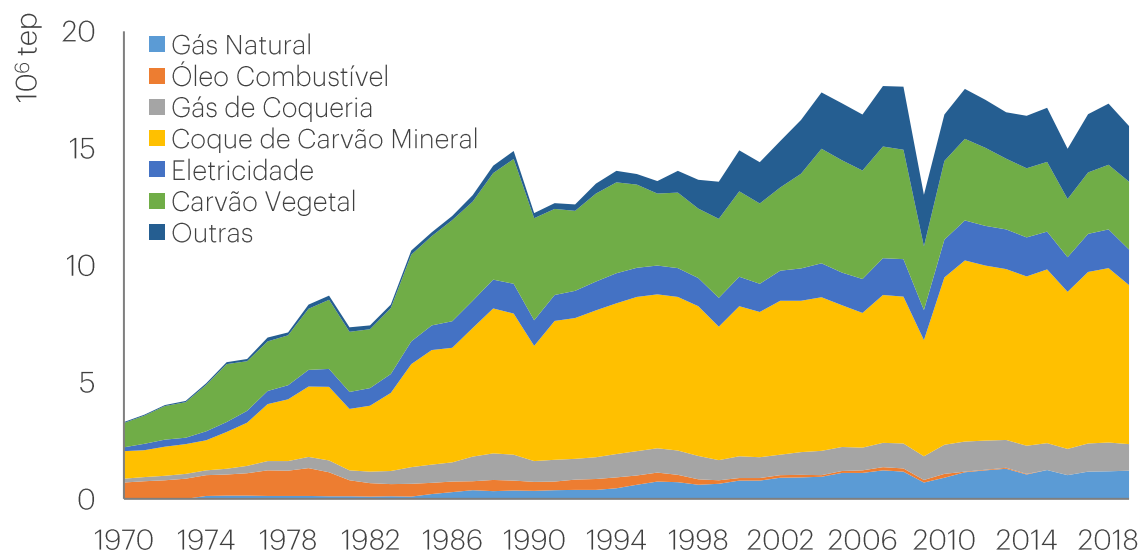


Em 2009, a eclosão da crise financeira internacional impactou severamente a produção brasileira de aço, com reflexo sobre o consumo de energia do segmento. A recuperação se deu rapidamente e em 2011 já se atingia a produção física próxima à máxima histórica. Nos anos seguintes, a produção de aço mostrou uma tendência declinante, influenciada pelas seguidas crises pelas quais passou a economia brasileira ao longo da década.

Assim, nos 50 anos de estatísticas energéticas do BEN, o consumo final de energia por parte do segmento industrial de ferro-gusa e aço foi quase quintuplicado e atingiu 16 Mtep em 2019, em ritmo pouco inferior ao do incremento da produção física de aço bruto, que chegou a 32 milhões de toneladas, seis vezes superior ao verificado no início do período. Por outro lado, o consumo específico de energia para a produção de aço reduziu-se 19% nesses 50 anos. O Gráfico 3.24 mostra a evolução do consumo final por fonte desde 1970.

Gráfico 3.24 – Consumo final de energia do segmento de ferro-gusa e aço

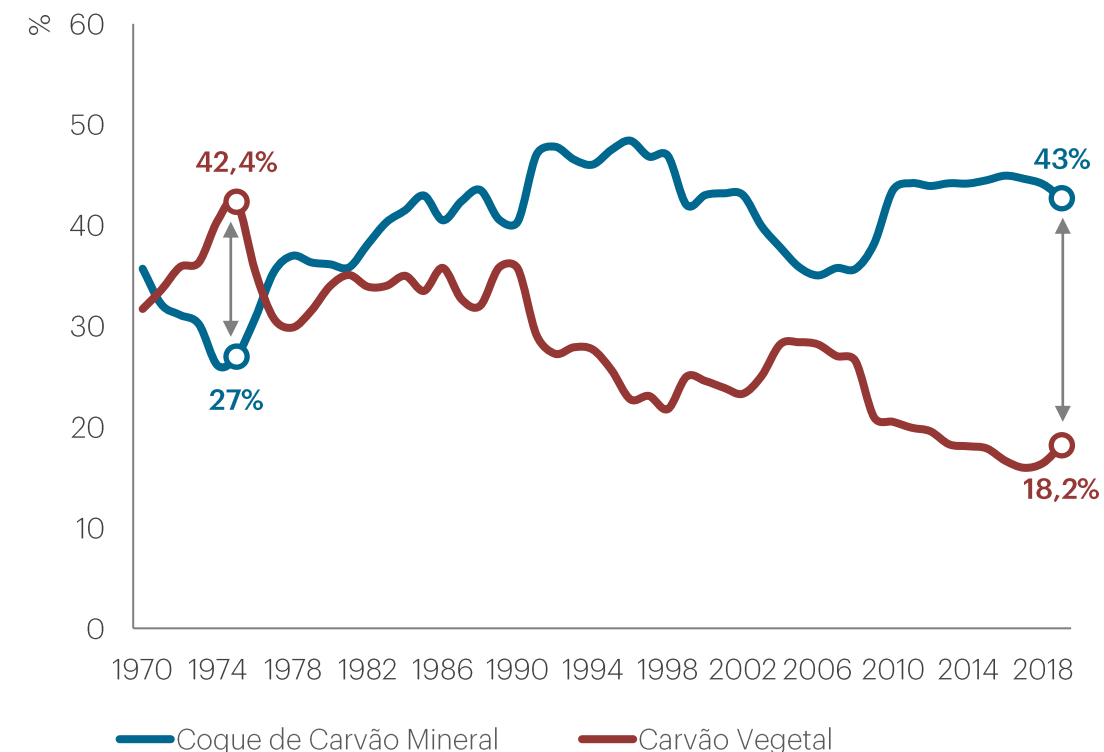
Fonte: EPE (2020b).



Por fim, quando analisada a matriz energética do segmento de ferro-gusa e aço, é possível observar a perda de importância relativa da siderurgia a carvão vegetal em prol do coque metalúrgico como redutor ao longo dos últimos 50 anos. O carvão vegetal já teve participação superior a 40% do consumo final energético nos anos 70 e chegou a menos de 20% nos últimos 10 anos.

Gráfico 3.25 - Consumo final de energia do segmento de ferro-gusa e aço

Fonte: EPE (2020b).





Os 50 anos de estatísticas energéticas na indústria de cimento: 1970 a 2019

A indústria brasileira de cimento se destaca atualmente no cenário internacional como uma das mais bem posicionadas em termos de baixa emissão de carbono, eficiência energética e uso de combustíveis e matérias-primas alternativas. Essa posição de referência foi conquistada graças a ações iniciadas décadas atrás, que vêm se ampliando e consolidando ao longo dos anos.

Na década de 70, as crises do petróleo que resultaram na elevação dos preços internacionais do mesmo levaram o Governo Federal a buscar soluções para conter a importação de petróleo e derivados, dos quais o Brasil era altamente dependente.

Dentre as soluções propostas, um protocolo assinado por determinação da Presidência da República, entre os Ministérios da Indústria e Comércio, Minas e Energia e Transportes e o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), que visava criar condições e implementar medidas que propiciassem reduzir, ao máximo e no mais curto prazo possível, o consumo de óleo combustível na indústria cimenteira, intensiva em energia.

Dos compromissos então assumidos pela indústria, resultou a modernização do parque industrial, com a conversão do processo “via úmida” para “via seca” em quase a totalidade do parque industrial em um espaço de menos de 15 anos – prática perseguida no mundo anos depois - garantindo redução de quase metade do consumo de combustíveis e, conseqüentemente, menor emissão de CO₂.

Além disso, a instalação de equipamentos de redução de consumo energético, a intensificação no uso de adições ao cimento como escórias de alto forno e cinzas de usinas termoelétricas, a utilização de fontes de energia alternativa - através do uso pioneiro de biomassas - e o desenvolvimento de queimadores ecológicos para vários tipos de combustíveis, com tecnologia 100% nacional, foram outros resultados obtidos na busca por um melhor aproveitamento da energia pelo setor.

As décadas de 80 e 90 foram marcadas pela estagnação do mercado e consolidação destas práticas de maior eficiência no processo produtivo, com uma evolução menos acentuada, porém constante. Foi neste período que houve significativos avanços na

utilização de maiores teores de adições em substituição ao clínquer, resultando em menor consumo final de energia por tonelada de cimento produzido e redução nas emissões de CO₂ do setor.

Já o “boom” de produção e aumento de capacidade instalada experimentado a partir de meados dos anos 2000 até 2015, resultou em nova transformação e atualização do parque industrial brasileiro. Mais de 99% do parque industrial passou a operar com processo via seca. Pré-aquecedores de vários estágios e pré-calcinadores, que reaproveitam os gases quentes do forno para pré-aquecer a matéria-prima, se tornaram predominantes, assim como resfriadores de clínquer mais eficientes. Modernos moinhos verticais, de menor consumo elétrico, foram substituindo gradualmente moinhos de bola mais obsoletos.

Foi também nos anos 2000 que ocorreu a consolidação da atividade de coprocessamento no Brasil. Prática difundida no mundo todo, o coprocessamento de resíduos permite o reaproveitamento térmico destes em fornos de produção de cimento, substituindo combustíveis fósseis não renováveis.

Mais recentemente, dois marcos foram preponderantes na busca pela maior eficiência do setor: a atualização da Norma de Cimento da ABNT, em 2018, e da Resolução Conama de Coprocessamento, em 2020, defasadas em quase 30 e 20 anos, respectivamente. Sua atualização permite um maior aproveitamento de adições - em substituição ao clínquer - e resíduos - em substituição aos combustíveis fósseis - no processo produtivo do cimento, nos moldes de padrões e normas mais avançadas, como as europeias.

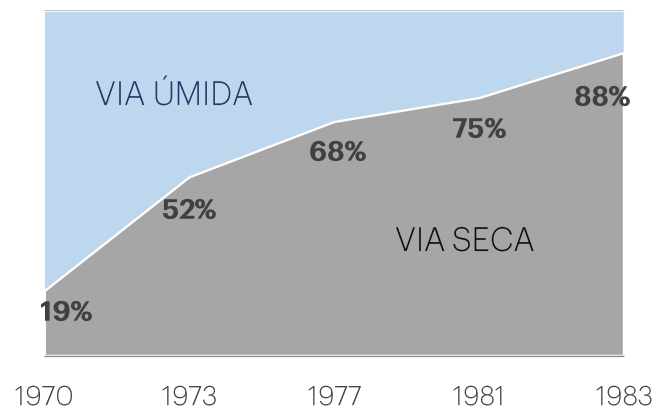
Evolução tecnológica no período

A indústria do cimento no Brasil possui um parque industrial moderno e eficiente, e em constante atualização.

A substituição quase que total dos fornos via úmida por via seca entre os anos 70 e 80 (hoje com mais de 99% via seca), o significativo aumento de capacidade nos últimos dez anos, com instalações operando com as melhores tecnologias disponíveis (BAT), e os constantes investimentos em *retrofits* e modernização de equipamentos fazem com que o consumo energético do setor se encontre hoje abaixo do praticado pela maioria dos países.

Gráfico 3.26 – Transformação dos fornos de via úmida para via seca

Fonte: Dados fornecidos pelo SNIC



Atualmente, cerca de 40% do parque industrial possui menos de 15 anos e conta com mais de 70% de seus fornos equipados com torres de pré-aquecedores de 4 a 6 estágios e pré-calcinadores. Modernos resfriadores de grelha equipam 80% dos fornos brasileiros e aproximadamente 50% dos moinhos de matéria-prima são verticais, considerados os de menor consumo elétrico.

Com isso, entre os anos 1970 e 2018, o setor conseguiu reduzir sua intensidade térmica em 45%, passando de 6,4 GJ/t de clínquer para 3,5 GJ/t de clínquer. Em termos de intensidade elétrica, os avanços foram menos expressivos nesse período, passando de 115 kWh/t de cimento para 111 kWh/t de cimento, já que esse valor se encontrava próximo do benchmark.

Gráfico 3.27 – Consumo elétrico/produção física de clínquer

Fonte: Dados fornecidos pelo SNIC

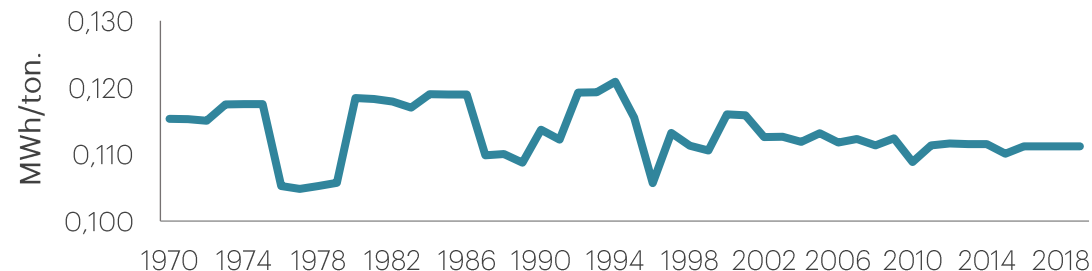
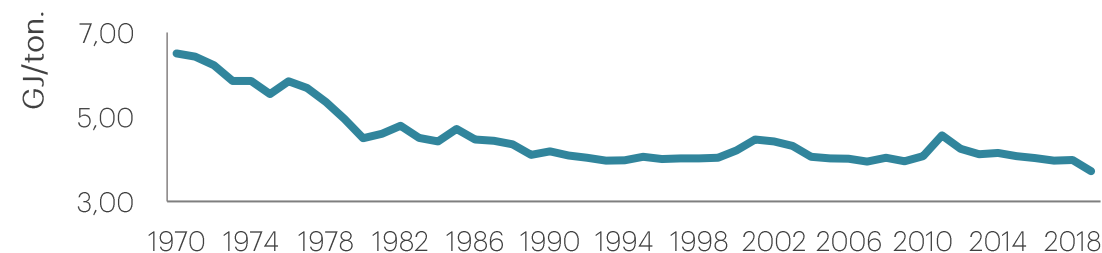


Gráfico 3.28 – Consumo térmico total/produção física de clínquer

Fonte: Dados fornecidos pelo SNIC



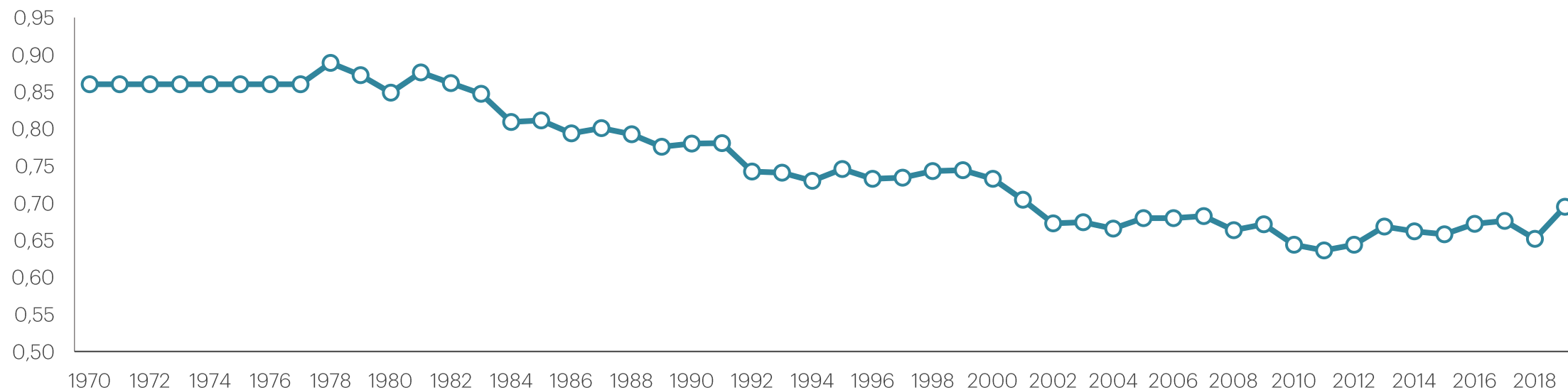
Adições ao cimento

A indústria nacional de cimento tem larga tradição no uso de adições. O aproveitamento de subprodutos de outras atividades e matérias-primas alternativas é realizado há mais de 50 anos no País.

A produção de cimentos com adições ao clínquer, de materiais como escórias de alto forno, cinzas volantes, argilas calcinadas e fíler calcário, além de diversificar as aplicações e características específicas do cimento, representa uma solução ambientalmente correta para subprodutos de outros processos produtivos e para a preservação de recursos naturais não renováveis. Tudo isso atendendo, acima de tudo, as especificações das Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. No período de 1970 a 2018, conseguiu-se reduzir a relação clínquer/cimento de 86% para 65%, alcançando um dos maiores teores de uso de adições no mundo.

Gráfico 3.29 – Relação clínquer/cimento

Fonte: Dados fornecidos pelo SNIC



Fontes energéticas

O forno de produção de cimento, historicamente, se caracterizou pela versatilidade de uso de diferentes combustíveis.

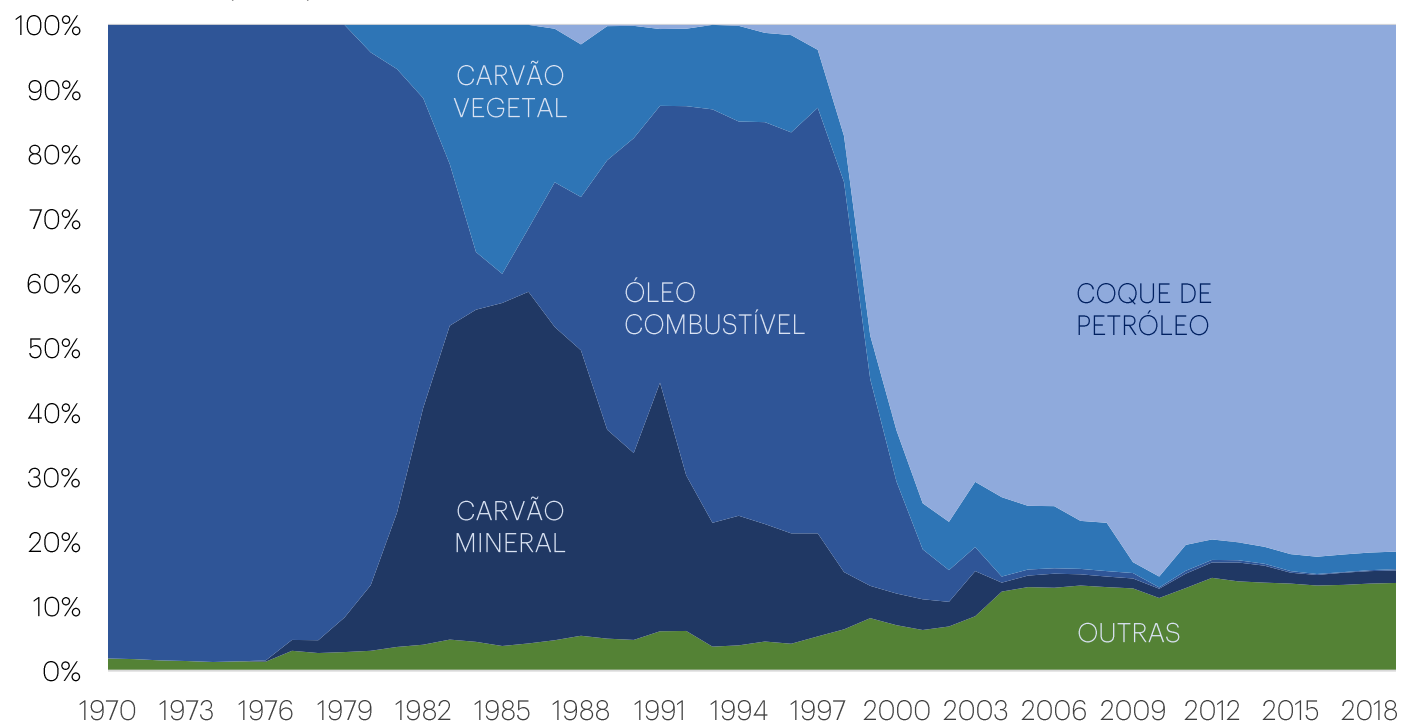
Pelas suas peculiaridades, consegue se moldar à utilização das mais variadas gamas de energéticos. Foi assim nos anos 70 – quando o parque nacional operava quase na sua totalidade com Óleo Combustível – e migrou rapidamente para o Carvão (Mineral e Vegetal) na década seguinte, em função das crises do petróleo. A partir da década de 90, um terceiro ciclo energético teve início, com a entrada e o predomínio do coque de petróleo, mais competitivo que outros combustíveis, até os dias de hoje.

Entretanto, uma quarta revolução energética começa a ganhar relevância, principalmente a partir dos anos 2000, que é a dos combustíveis alternativos, caracterizados pelo coprocessamento de resíduos e pela utilização de biomassas.

A busca por energéticos com menor intensidade de carbono que os combustíveis convencionais têm sido uma importante ferramenta do setor para a redução de suas emissões de CO₂, além de contribuir para a erradicação do passivo ambiental representado pelo acúmulo de resíduos em lixões e aterros. Esta transição energética exigiu - e exigirá ainda mais - investimentos do setor em adequação e adaptação do processo produtivo, além do aperfeiçoamento em monitoramento e controle.

Gráfico 3.30 – Matriz Energética do segmento industrial de cimento

Fonte: EPE (2020b)



Hoje, os combustíveis alternativos já representam 15% do consumo térmico do setor, e crescem a cada dia, substituindo majoritariamente o coque de petróleo, que ainda é responsável por 80%. Os outros 5% são procedentes de moinha de carvão vegetal (5%).

Novas tecnologias e perspectivas da indústria do cimento

A questão climática ganha cada vez mais relevância na indústria do cimento, visto que é um dos setores mais intensivos em carbono dentro do segmento industrial. Globalmente, é responsável por cerca de 7% do gás carbônico emitido no mundo, muito embora a indústria brasileira do cimento seja aquela com a menor intensidade carbônica no mundo (por tonelada de cimento produzida), em função das ações que vem implementando há décadas.

Diante do desafio de reduzir, ainda mais, as já baixas emissões de CO₂, é que o setor no Brasil elaborou um Roadmap Tecnológico 2050, contendo as perspectivas e necessidades para acelerar sua transição rumo a uma economia de baixo carbono. Essas tendências se concentram em quatro principais pilares:



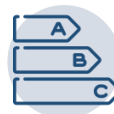
Adições ao cimento

Avanços normativos, pesquisas em química do cimento, desenvolvimento de novos cimentos, entre outros, permitiriam o setor continuar avançando na incorporação de adições ao cimento, em substituição ao clínquer. Com isso, reduzir a relação clínquer/cimento a patamares pouco acima de 50% até 2050.



Combustíveis Alternativos

A migração da utilização de combustíveis fósseis não renováveis para combustíveis alternativos, majoritariamente representados pelo coprocessamento de resíduos, será a principal transformação do setor nas próximas décadas. Seguindo a tendência mundial, é esperado para o setor, no Brasil, alcançar patamares da ordem de 55% de combustíveis alternativos até 2050 - valores já praticados atualmente por alguns países da Europa, cuja taxa média de substituição é de 40%.



Eficiência Energética

Considerando estado tecnológico do parque industrial brasileiro, moderno e eficiente, não são esperadas mudanças significativas até 2030, quando as fábricas mais obsoletas começariam a ser substituídas por novas unidades, utilizando o estado da arte em termos de equipamentos e tecnologia. Assim, é esperado que o setor alcance valores de consumo térmico da ordem de 3,2GJ/ton. de clínquer e elétrico de 90kWh/ton. de cimento até 2050.



Tecnologias inovadoras e emergentes

Entendendo que as três alternativas tradicionalmente utilizadas e conhecidas do setor para a mitigação de suas emissões, descritas acima, apresentam um limite técnico e operacional, será preciso buscar soluções disruptivas de longo prazo que lhe permitam ir além, rumo a um processo produtivo menos intensivo em carbono e consistente. Nesse cenário, ganham importância as tecnologias inovadoras e emergentes, hoje concentradas em estudos de Captura e Uso ou Estocagem de Carbono (CCUS) mundo afora. Sob essa ótica, o setor aposta na viabilização em escala industrial dessa alternativa para o Brasil a partir de 2040, sendo necessário para isso, entretanto, significativos investimentos em P&D para tornar isso tangível.

Intensidade Energética

A intensidade energética no Brasil foi reduzida cerca de 16% ao longo de 50 anos, o que indica uma trajetória de maior eficiência de conversão da economia em riqueza.

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 (EPE, 2020a):

$$\text{Intensidade Energética} = \frac{\text{Oferta Interna de Energia (mil tep)}}{\text{PIB (M\$\$[2010])}}$$

Nos últimos 50 anos a intensidade energética no Brasil de 0,118 tep/10³U\$ppp[2010] em 1970 para 0,099 tep/10³U\$ppp[2010] em 2019. A maior flutuação ocorreu entre 1970-1980 quando a taxa anual de decréscimo foi de 2,6%. Isto ocorreu devido à industrialização do País no período (coincidente com o “**Milagre Econômico**” e à gradual substituição da lenha (fonte de baixa eficiência) por outras fontes na matriz energética. Desta forma o PIB brasileiro cresceu mais rapidamente que a OIE.

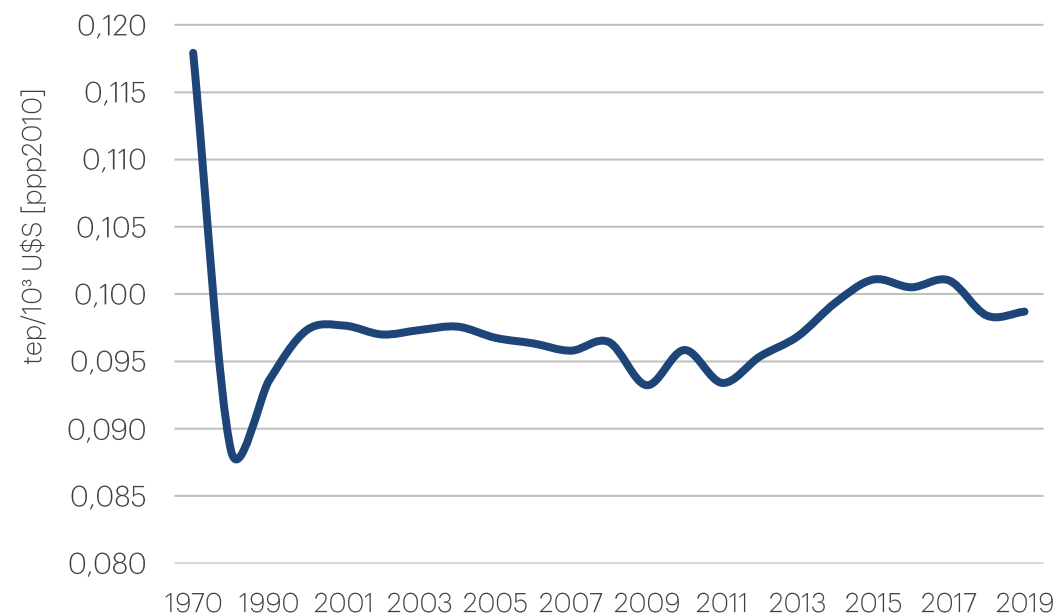
Entre os anos 1980-1990, a intensidade voltou a crescer. Este movimento pode ser explicado pela retração do PIB do Brasil no início da década, decorrente da crise instaurada pelo **segundo choque do petróleo**. Apesar da recuperação econômica na segunda metade deste período, a intensidade energética, alcançou o patamar de 0,094 tep/10³U\$ppp[2010], com o contínuo crescimento da OIE.

No período 2000 a 2008 a intensidade energética se manteve estável em torno de 0,097 tep/10³U\$ppp[2010]. Em 2009, os efeitos da crise internacional sobre a indústria brasileira contribuíram para a redução da intensidade energética para 0,093 tep/10³U\$ppp[2010]. Neste ano em particular, observou-se a desativação de unidades mais ineficientes e com intensidades energéticas mais elevadas, portanto menos competitivas (EPE, 2020a).

Já entre os anos 2009 e 2019, a intensidade cresceu à taxa de 0,5% ao ano, refletindo o crescimento da OIE acima do crescimento do PIB. A tendência de crescimento da intensidade energética também pode estar associada ao crescimento da produção de energointensivos de baixo valor agregado na pauta produtiva, em relação aos demais produtos manufaturados (EPE,2020a).

Gráfico 5.1– Oferta Interna de Energia por PIB

Fonte: EPE (2020e)



Referências

- ABEGAS [Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado]. Boletim do GNV. GNV amplia vantagem sobre combustíveis líquidos em 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3lrORpx>. Acessado em dez. de 2020. ABEGAS, 2016.
- ABIQUIM [Associação Brasileira da Indústria Química]. Relatório de Acompanhamento Conjuntural (RAC) - Edição Especial, n.2, fev/2020. ABIQUIM, 2020.
- ABNT [Associação Brasileira de Normas Técnicas]. Norma Brasileira (NBR) de Desempenho de Edificações NO 15220. ABNT [Associação Brasileira de Normas Técnicas]. Norma Brasileira (NBR) de Desempenho de Edificações NO 15575.
- ABRASCE. Números do Setor. Disponível em: <https://bit.ly/2lgtjP9>. Acessado em dez. de 2020. ABRASCE, 2020.
- ABREU, M. de P. A ordem do progresso: dois séculos de política econômica no Brasil. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- ABTCP [Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel]; BRACELPA [Associação Brasileira de Celulose e Papel]; CETESB [Companhia Ambiental do Estado de São Paulo]; FIESP [Federação das Indústrias do Estado de São Paulo]. Guia Técnico Ambiental da Indústria de Papel e Celulose. Disponível em: <https://bit.ly/3mV7tjf>. Acessado em dez. de 2020. ABTCP, BRACELPA, CETESB, FIESP, 2008.
- ALMEIDA, F. R. Proposta de abordagem para avaliação do consumo de combustível em veículos flexfuel no Brasil. Dissertação de Mestrado, Programa de Planejamento Energético – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.
- ANFAVEA [Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores] Estatísticas. Disponível em: <https://bit.ly/3qgxBqU>. Acessado em dez. de 2020. ANFAVEA, 2019.
- ANP [Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis]. Panorama do Abastecimento de Combustíveis 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2Jy3URO>. Acessado em dez. de 2020. ANP, 2017.
- ANTF [Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários]. (2020). O setor ferroviário de carga brasileiro. Disponível em: <https://bit.ly/3lbsC76>. Acesso em dez. 2020. ANTF, 2020.
- BNDES [Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social]. BNDES 50 anos - Histórias Setoriais. Rio de Janeiro: BNDES, 2002.
- _____. Evolução da Oferta e da Demanda de Gás Natural no Brasil/ Cláudia Pimentel T. Prates, Ernesto Costa Pierobon, Ricardo Cunha da Costa, Vinicius Samu de Figueiredo. Rio de Janeiro: BNDES, 2006.
- _____. Setor de Shopping center no Brasil: Evolução Recente e Perspectivas. Rio de Janeiro: BNDES, 2007.
- _____. O BNDES em um Brasil em transição/ Ana Cláudia Além, Fabio Giambiagi. – Rio de Janeiro: BNDES, 2010.
- _____. BNDES 60 anos: perspectivas setoriais v.1/ Organizador: Filipe Lage de Sousa. – 1. ed. – Rio de Janeiro: BNDES, 2012.
- BRASIL. Lei nº 12.424, de 16 de junho de 2011. Altera a Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009, que dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas, as Leis nºs 10.188, de 12 de fevereiro de 2001, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 4.591, de 16 de dezembro de 1964, 8.212, de 24 de julho de 1991, e 10.406, de 10 de janeiro de 2002 - Código Civil; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 17 de junho de 2011a.

_____. Portaria nº 325, de 7 de julho de 2011. Dispõe sobre as diretrizes gerais para aquisição e alienação de imóveis por meio da transferência de recursos ao Fundo de Arrendamento Residencial - FAR, no âmbito do Programa de Habitação Urbana – PNHU, integrante do Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV. Diário Oficial da União. Brasília, 21 de julho de 2011b.

_____. PHE - Plano Hidroviário Estratégico. Produto 3: Relatório de Diagnóstico e Avaliação. Disponível em: <https://bit.ly/3o5MWZu>. Acessado em dez. 2020. Ministério da Infraestrutura, 2013.

_____. Portaria nº 75, de 5 de março de 2015. 2015. Fixa o percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível à gasolina. Disponível em: <https://bit.ly/3gHNthG>. Acessado em dez de 2020. Diário Oficial da União. Brasília, 06 de março de 2015.

_____. 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, 14 de novembro de 2017.

_____. RAIS - Relatório Anual de Informação Social. Disponível em: <https://bit.ly/36HzAg8>. Acessado em dez. de 2020. Ministério da Economia, 2020.

_____. Plano Decenal de Expansão de Energia 2029. Disponível em: <https://bit.ly/2VSk62F>. Acessado em dez. de 2020. MME/EPE, 2020.

CASTRO, C. N. O agronegócio e os desafios do financiamento da infraestrutura de transportes no Brasil. Texto para Discussão n.2074. Brasília: IPEA, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3gsWOdc>. Acessado em dez. de 2020.

COMGAS [Companhia de Gás de São Paulo]. RIP - Regulamento de Instalações Prediais - Gás, São Paulo: COMGAS, 2014.

ELETOBRAS. Programa Luz para Todos. Disponível em: <https://bit.ly/3qBAxhL>. Acessado em dez. de 2020. Eletrobras, 2020.

EMBRATUR [Agência Brasileira de Promoção Internacional do Turismo]. EMBRATUR 50 anos - Uma trajetória do Turismo no Brasil. Brasília: Ministério do Turismo, 2016.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Consolidação de bases de dados do setor transporte: 1970-2010. Estudo associado ao Plano Decenal de Energia PDE 2021. Disponível em <https://bit.ly/3gDnMio>. Acessado em dez. de 2020. EPE, 2012.

_____. Análise de conjuntura dos biocombustíveis – Ano 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3mfnTSv>. Acessado em dez. de 2020. EPE, 2016.

_____. Atlas da eficiência energética Brasil - 2019: Relatório de Indicadores. Disponível em: <https://bit.ly/3gmHhLS>. Acessado em dez. de 2020. EPE, 2020a.

_____. Balanço Energético Nacional 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3mVYBd1>. Acessado em dez. de 2020. EPE, 2020b.

_____. Balanço Energético Nacional - Séries Históricas Completas. Disponível em: <https://bit.ly/3qMhz8u>. Acessado em dez. de 2020. EPE, 2020c.

_____. Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2020, ano base 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2W6mOg6>. Acessado em dez. de 2020. EPE, 2020d.

_____. Cadernos do PDE 2030: Demanda de Eletricidade. Disponível em: <https://bit.ly/37HSxi6>. Acessado em dez. de 2020. EPE, 2020e.

GASNET. Gás Natural Veicular - Entendendo o GNV. Disponível em: <https://bit.ly/35Prpwu>. Acessado em dez. de 2020. Gasnet, 2020.

GIAMBIAGI, F. et al. (Orgs.) Economia brasileira contemporânea: 1945-2015. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

IBGE [INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA]. Censo Demográfico 1970. Rio de Janeiro: IBGE, 1970.

_____. Censo Demográfico 1980. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.

_____. Censo Demográfico 1991. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

_____. Censo Demográfico 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

_____. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____. Agência IBGE Notícias. IBGE mapeia a infraestrutura dos transportes no Brasil. Disponível em: <https://bit.ly/3nZsWro>. Acessado em dez. 2020. IBGE, 2014

_____. Projeções da população: Brasil e unidades da federação: revisão 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IEA [International Energy Agency] World Energy Balances 2019. Paris: IEA, 2019.

IPEA [Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada] O Estatuto da Cidade e a Habitat III: um balanço de quinze anos da política urbana no Brasil e a nova agenda urbana/organizador: Marco Aurélio Costa. Brasília: IPEA, 2016.

JUNIOR, A.D.S. Possibilidades e impactos da ampliação da siderurgia a carvão vegetal oriundo de florestas plantadas no Brasil. Dissertação de Mestrado, Programa de Planejamento Energético – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/37sbKnK>. Acessado em dez. de 2020.

MACHLINE, C. Cinco Décadas de Logística Empresarial e Administração da Cadeia de Suprimentos no Brasil. São Paulo: ERA, 2011.

MME [Ministério de Minas e Energia]. RenovaBio. Disponível em: <https://bit.ly/3qeZPSC>. Acessado em dez. de 2020. MME, 2020.

PETROBRAS. Adotamos nova política de preços de diesel e gasolina. Disponível em: <https://bit.ly/2Vhl34g>. Acessado em dez. de 2020. Petrobras, 2016.

_____. Gasolina de Aviação. Disponível em: <https://bit.ly/3mmTzpk>. Acessado em dez. de 2020. Petrobras, 2020.

PINTO JÚNIOR, H. Q et. al. (Org.) Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

PROCEL [Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica]; ELETROBRAS. Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3gFhBdC>. Acessado em dez. de 2020. PROCEL, Eletrobras, 2019.

QUALITEC-APPLUS. Análise da Eficiência Energética em Segmentos Industriais Seleccionados – Segmento Cadeia Siderúrgica. Disponível em: <https://bit.ly/2VAyziG>. Acessado em dez. de 2020. Qualitec-Appplus, Novembro, 2018.

RODRIGUES, T.; GUSMÃO, L.; REGRA, A. O desafio do gás natural – o problema da segurança do abastecimento. In: V Congresso Brasileiro de Regulação. Anais. Recife, PE, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/2JmHFQR>. Acessado em dez. de 2020.

SILVA, E. R. Análise do crescimento da motorização no Brasil e seus impactos na mobilidade urbana. Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia dos Transportes – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.

SILVÉRIO, C. A. N. Oportunidades e desafios para a implantação de mini refinarias de petróleo como alternativa de suprimento da demanda futura de combustíveis no Brasil. Dissertação de Mestrado, Programa de Planejamento Energético– COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2018.

VIANA, F. L. Caderno Setorial ETENE. Disponível em: <https://bit.ly/3lDyo1E>. Acessado em out. de 2020. Banco do Nordeste, 2017.

WILIAM, F. A indústria química e o seu desenvolvimento no âmbito da engenharia. Revista Brasileira de Engenharia Química, v.30, p.6, n.1, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3lOeHnK>. Acessado em dez. 2020.

WNA [World Nuclear Association]. World Nuclear Performance Report 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3qS8dbf>. Acessado em dez. 2020. WNA, 2018.

Anexos

Anexo A: Indicadores Internacionais

Oferta de Energia por PIB em paridade do poder de compra e Oferta Interna de Energia per capita

Gráfico A.1 – Oferta de Energia por PIB PPP

Fonte: Baseado em IEA (2020)

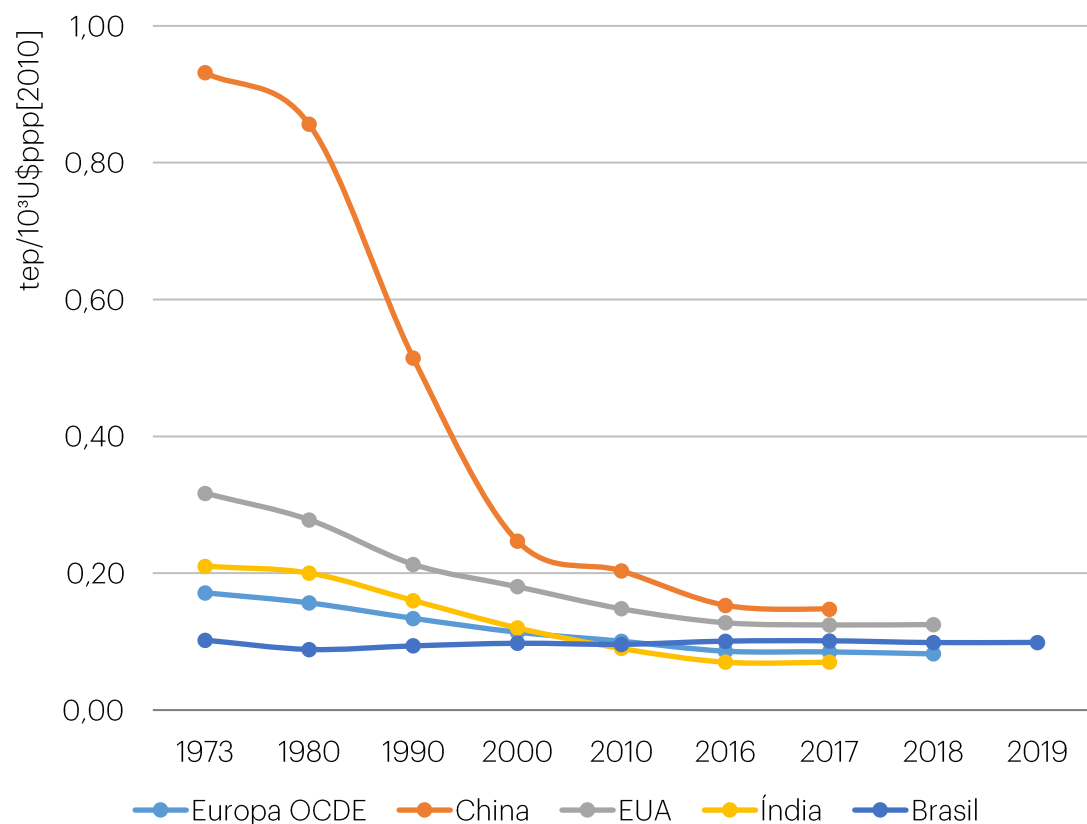
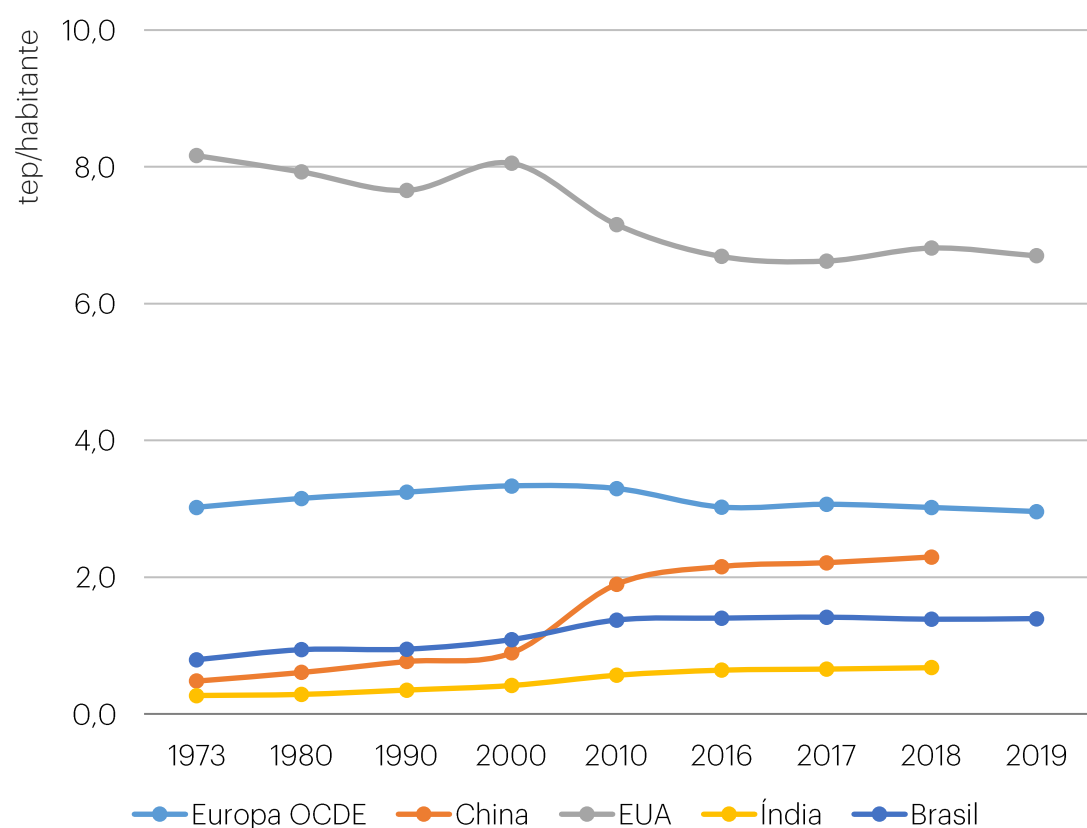


Gráfico A.2 – Oferta Interna de Energia per capita

Fonte: Baseado em IEA (2020)



Anexo B: Indicadores Internacionais

Consumo Final de Energia per capita e Consumo Final de Eletricidade per capita

Gráfico B.1 - Consumo Final de Energia per capita

Fonte: Baseado em IEA (2020)

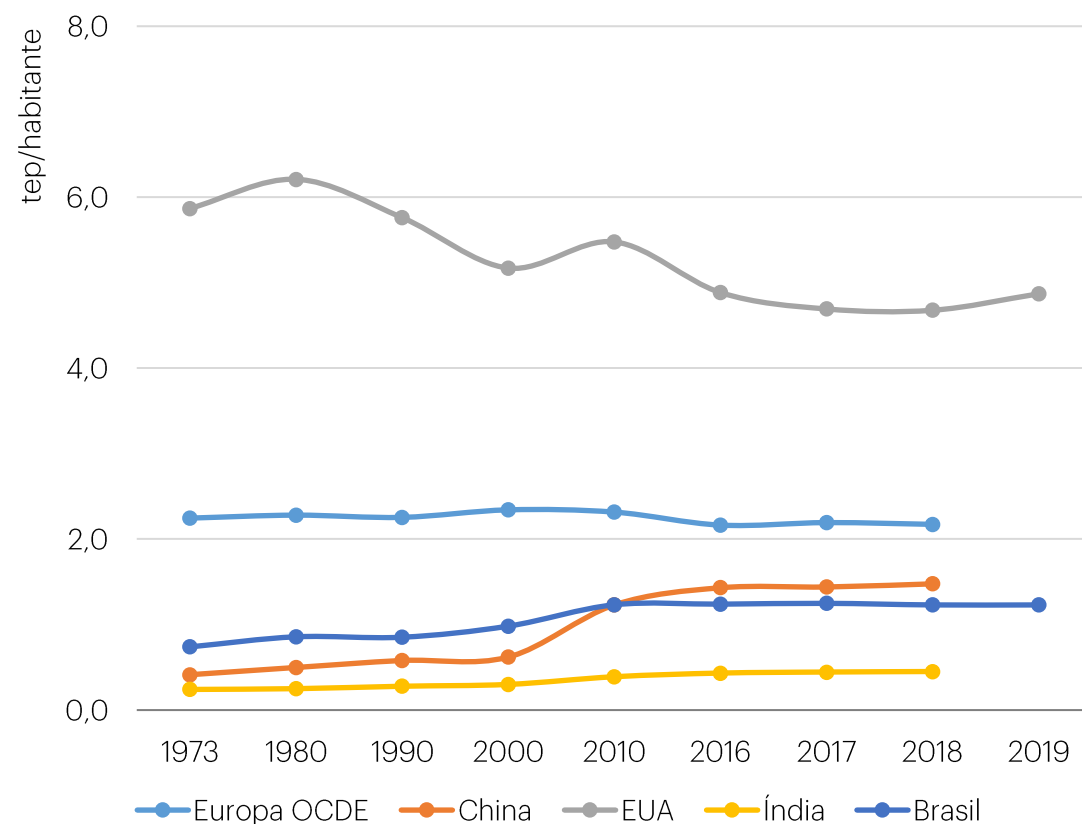
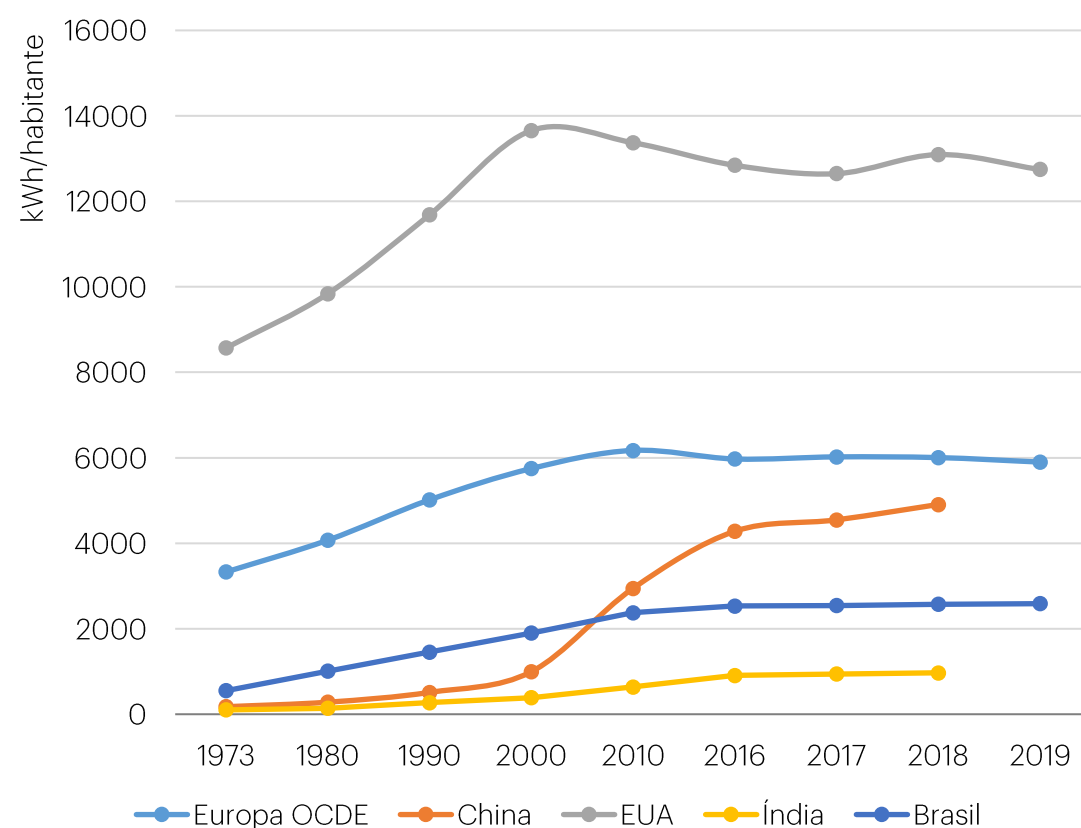


Gráfico B.2 - Consumo Final de Eletricidade per capita

Fonte: Baseado em IEA (2020)



Agradecimentos

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)

Empresas, Associações e Sindicatos envolvidos na coleta *online* de dados para o BEN

Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobrás)

Ministério de Minas e Energia (MME)

João Antônio Moreira Patusco

Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC)

Paulo Camillo Penna (Presidente)

Gonzalo Visedo (Head de Meio Ambiente)

Equipe Técnica da EPE

Aline Moreira Gomes

Allex Yujhi Gomes Yukizaki

Ana Cristina Braga Maia

Arnaldo dos Santos Júnior

Felipe Klein Soares

Fernanda Marques Pereira Andreza

Flávio Raposo de Almeida

Glaucio Faria Ramalho

Lidiane de Almeida Modesto

Marcelo Henrique Cayres Loureiro

Patrícia Messer Rosenblum

Rogério Antônio da Silva Matos

Thiago Toneli Chagas

As figuras e ícones utilizadas ao longo desse relatório foram obtidas na plataforma [Flaticon.com](https://www.flaticon.com/).

Agradecimentos especificamente aos autores [Freepik](https://www.freepik.com/), [iconixar](https://www.iconixar.com/), [wanicon](https://www.wanicon.com/) e [itim2101](https://www.itim2101.com/).



BEN

50 anos