



## DOCUMENTO DE ANÁLISE

---

# ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE NO BRASIL (1990-2012) SETOR DE ENERGIA

---

### EQUIPE TÉCNICA

André Luis Ferreira

David Shiling Tsai

Kamyla Borges da Cunha

Marcelo dos Santos Cremer

Agosto de 2014



Análise da evolução das emissões de GEE no Brasil (1990-2012) [recurso eletrônico] : setor de energia / Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA). – São Paulo : Observatório do Clima, 2014.

51 p.

1. Efeito estufa (Atmosfera). 2. Brasil - Indústrias - Aspectos ambientais. 3. Política ambiental. 4. Energia - Aspectos ambientais. 5. Energia elétrica - Consumo. 6. Brasil - Indústrias - Consumo de energia. I. Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA). II. Título.

CDU 551.588

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	4
2. PANORAMA DAS EMISSÕES DO SETOR DE ENERGIA .....	5
3. TRANSPORTES – EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES, DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A MITIGAÇÃO .....	9
3.1. TRANSPORTE DE CARGAS .....	10
3.2. TRANSPORTE DE PASSAGEIROS .....	13
4. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES, DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A MITIGAÇÃO.....	18
5. CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA – EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES, DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A MITIGAÇÃO .....	25
6. SETOR ENERGÉTICO – EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES, DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A MITIGAÇÃO.....	30
7. COMPROMISSOS E AÇÕES GOVERNAMENTAIS .....	31
7.1. PLANO NACIONAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS .....	32
7.2. POLÍTICA NACIONAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS .....	33
7.3. PDE COMO PLANO SETORIAL DE ENERGIA .....	34
7.4. QUESTÕES DE GOVERNANÇA.....	36
7.5. POLÍTICAS, PLANOS E PROGRAMAS NO SETOR DE ENERGIA .....	37
8. REFERÊNCIAS .....	41
9. ANEXO 1.....	42
10. ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS .....	43

# 1. INTRODUÇÃO

No final de 2013, por uma iniciativa pioneira do Observatório do Clima, publicou-se o Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Esse instrumento, além de importante sob a perspectiva do acesso à informação ambiental, tornou possível, por meio dos dados e informações por ele disponibilizados, a realização de um conjunto de análises e avaliações sobre os principais setores emissores de gases de efeito estufa no Brasil. Nesse processo, o Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) foi requisitado a prestar o auxílio técnico de levantamento e sistematização dos dados sobre o Setor de Energia.

De modo a aproveitar o potencial de análise permitido pelo SEEG, este documento traz uma análise do Setor de Energia, abordando não só uma avaliação do comportamento deste à luz dos dados do SEEG, como também incorporando as perspectivas e desafios presentes e futuros para o seu desenvolvimento numa lógica de baixo carbono.

O presente documento, portanto, tem por objetivo sintetizar uma análise crítica do Setor de Energia em relação às suas emissões de gases de efeito estufa. Apresenta, assim, um olhar sobre os principais desafios e caminhos para tornar esse setor ambientalmente sustentável e socialmente justo.

Todas as análises e dados apresentados neste documento tomaram como premissa e referencial as próprias informações do SEEG, bem como relatórios, textos e estudos técnicos relativos ao Setor de Energia.

Dada a complexidade desse setor, esse foi dividido em quatro setores - transportes, geração de energia elétrica, o consumo de energia na indústria e setor energético<sup>1</sup>. Para cada um desses, buscou-se apresentar os dados de emissão de gases de efeito estufa, análises sobre os perfis de emissão encontrados, as alternativas para direcionamento desses setores para um desenvolvimento de baixo carbono e os principais desafios a serem enfrentados.

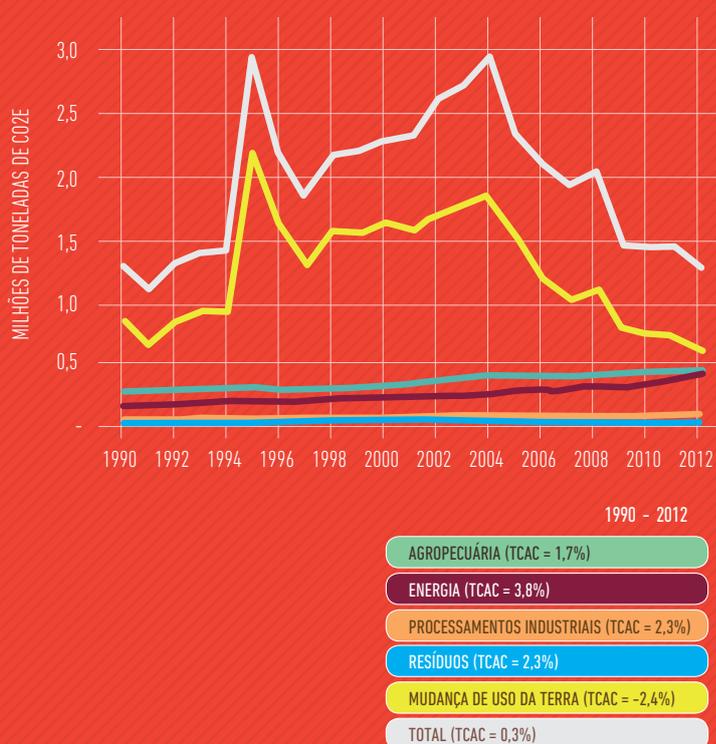
Por essa razão, este documento foi estruturado em seis capítulos além desta Introdução. O primeiro traz um panorama geral das emissões do Setor de Energia. Os capítulos 2, 3, 4 e 5, respectivamente, buscam aprofundar uma análise sobre cada um dos setores - Transportes, Geração de Energia Elétrica, Consumo de Energia na Indústria e Setor Energético. No último capítulo, são colocadas questões de governança transversais a esses setores e uma análise preliminar das políticas, planos e programas do setor de energia à luz da mitigação das emissões de GEE.

---

<sup>1</sup> Esses setores foram definidos conforme os fluxos de consumo de energia apresentados no Balanço Energético Nacional. O Setor Energético se refere à "energia consumida nos centros de transformação e/ou nos processos de extração e transporte interno de produtos energéticos, na sua forma final". Enquadram-se nesse setor, por exemplo, os combustíveis nas refinarias e plataformas de petróleo, bem como o bagaço de cana utilizado para prover energia para o funcionamento das utilidades das destilarias de álcool. As emissões fugitivas também estão incluídas no setor energético.

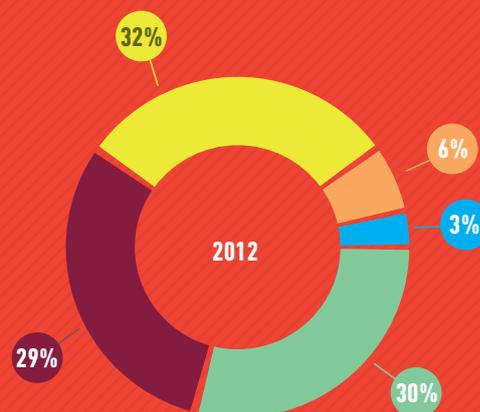
## 2. PANORAMA DAS EMISSÕES DO SETOR DE ENERGIA

De acordo com as estimativas do SEEG, o Setor de Energia foi o que apresentou a maior taxa média de crescimento anual no período entre 1990 e 2012. As emissões do setor partiram de um patamar de 195 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) em 1990 para 440 milhões de toneladas em 2012, praticamente equiparando-se às emissões da Agropecuária e da Mudança de Uso da Terra, como mostra o Gráfico 1.



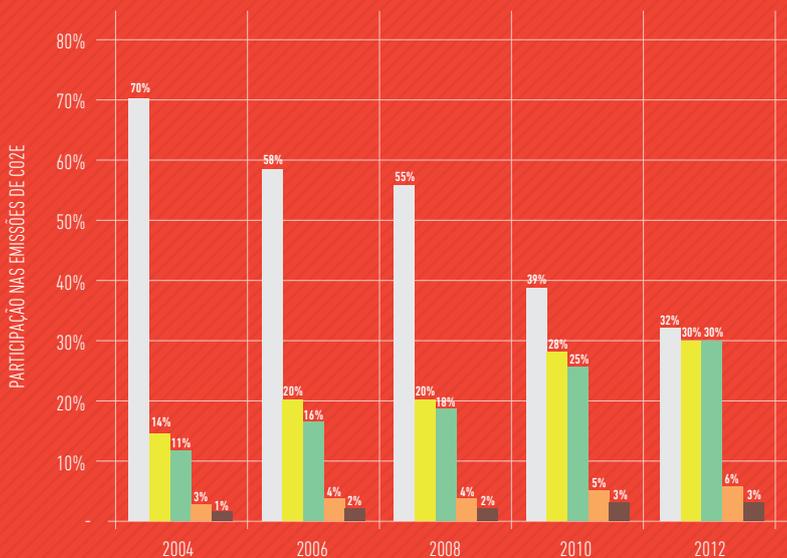
### GRÁFICO 1

EMISSÕES BRASILEIRAS DE CO<sub>2</sub>E POR SETOR  
(1990 - 2012)



FONTE: SEEG 2013

O forte crescimento das emissões do Setor de Energia, aliado ao decréscimo das taxas de desmatamento na Amazônia, fator este que tem reduzido sistematicamente as emissões oriundas da Mudança de Uso da Terra, modificou significativamente a participação de cada setor no total das emissões brasileiras. O Setor de Energia, que representava apenas 11% das emissões em 2004, passou para 30% em 2012 (ver Gráfico 2). A menos que surjam elementos novos a reverterem essa tendência, no futuro próximo, é bastante provável que esse setor venha a se tornar o mais importante em termos das emissões de GEE.



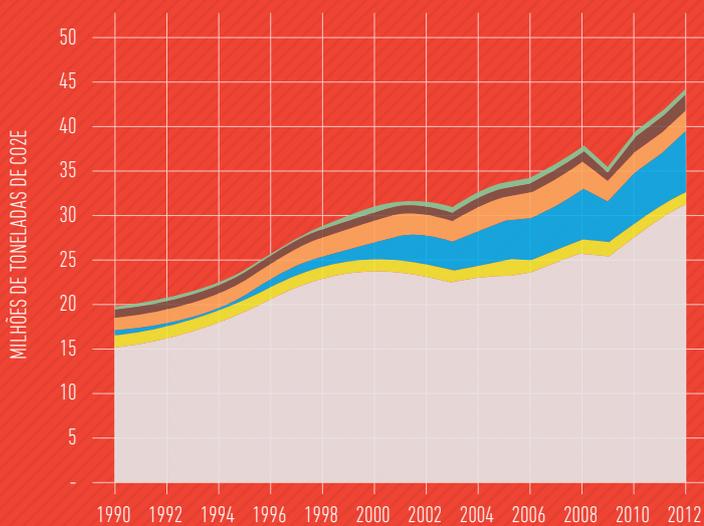
## GRÁFICO 2

EMISSÕES BRASILEIRAS DE CO<sub>2</sub>e POR SETOR (2004 - 2012)

FONTE: SEEG 2013



Ao longo de todo o período avaliado (1990-2012), a demanda de energia no Brasil passou de 181,6 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) para 253,4 Mtep, acompanhando o crescimento do produto interno bruto (PIB). Um ponto importante a ser destacado no período é a manutenção do petróleo como a fonte primária mais importante da matriz energética, representando 39% de toda a energia consumida em 2012 (EPE, 2013). Não por acaso, o petróleo destacou-se como a fonte determinante, respondendo por 70% das emissões de CO<sub>2</sub>e em 2012, conforme pode ser visto no Gráfico 3.



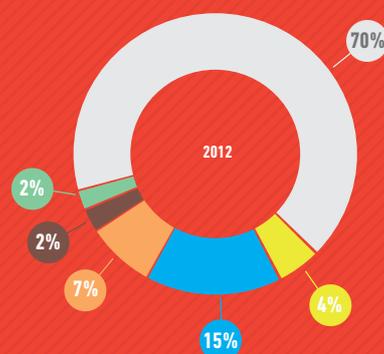
1990 - 2012



## GRÁFICO 3

EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e DO SETOR DE ENERGIA POR FONTE PRIMÁRIA

FONTE: SEEG 2013



\*Estão incluídas as emissões fugitivas geradas na extração do carvão mineral.

\*\*As emissões de CO<sub>2</sub>e geradas por biomassa e seus derivados correspondem às de metano e óxido nítrico, uma vez que as emissões líquidas de CO<sub>2</sub>e desses combustíveis é considerada nula. As emissões relacionadas a outras fontes estão relacionadas ao consumo energético de gases e resíduos industriais.

Em relação aos processos pelos quais se dão as emissões de GEE, no Setor de Energia, há o predomínio das emissões pela queima de combustíveis. As emissões fugitivas representaram menos de 5% das emissões do setor em 2012<sup>2</sup>.

Em termos dos tipos de gases de efeito estufa direto inventariados – dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) –, o CO<sub>2</sub> é, de longe, o mais importante, representando 95,7% das emissões de CO<sub>2</sub> equivalente.

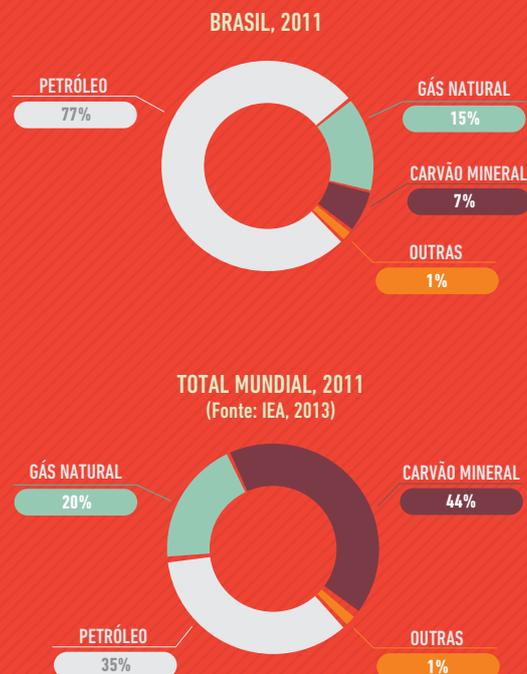
No que se refere à participação das fontes primárias nas emissões de CO<sub>2</sub>, é importante notar a especificidade do Brasil em relação à média mundial: enquanto aqui o petróleo é, de longe, o principal responsável pelas emissões, em termos da média mundial, o carvão mineral é a principal fonte, conforme mostra o Gráfico 4.

A pequena importância do carvão mineral nas emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil deve-se, fundamentalmente, ao papel ainda secundário que a geração termelétrica tem em sua matriz elétrica, baseada na hidroeletricidade, ao contrário do que ocorre em nível mundial. Assim, não surpreende o fato de as emissões associadas ao transporte serem mais importantes no Brasil do que no restante do mundo, como mostra o Gráfico 5.

## GRÁFICO 4

PARTICIPAÇÃO DAS FONTES PRIMÁRIAS NAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>: BRASIL E MÉDIA MUNDIAL

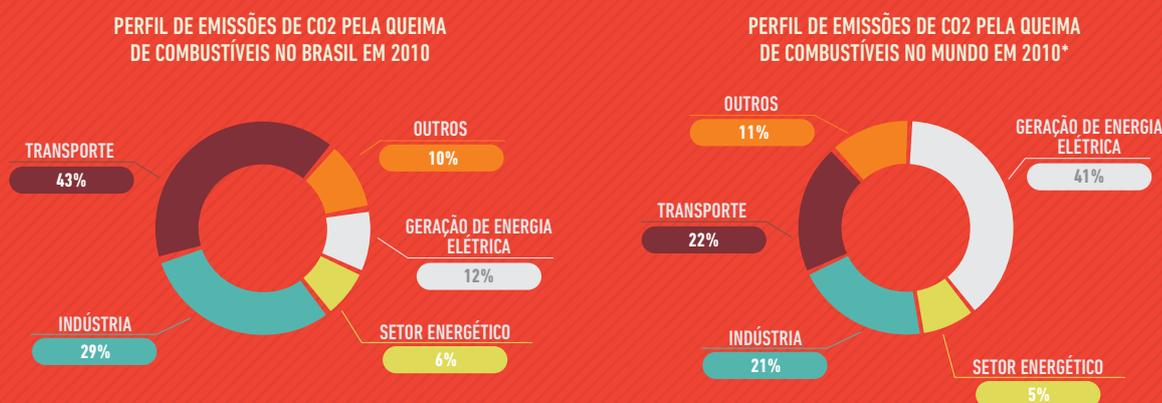
FONTE: SEEG 2013 E IEA 2013



## GRÁFICO 5

PERFIL DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> PELA QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS NO BRASIL E NO MUNDO EM 2010.

FONTE: SEEG 2013 E IEA 2013



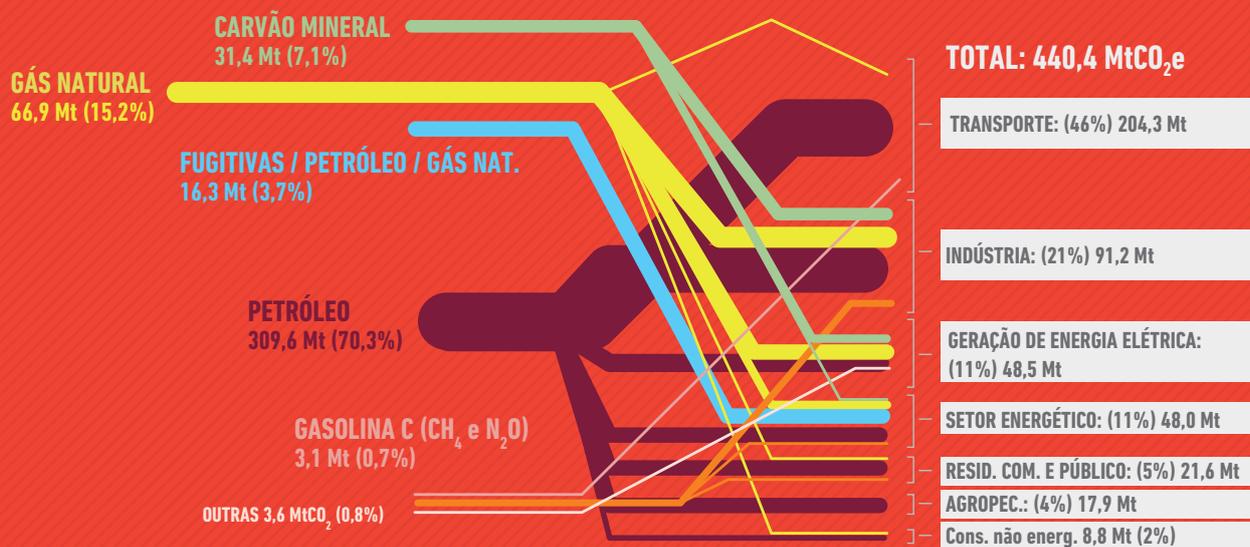
<sup>2</sup> No Setor de Energia, as emissões ocorrem segundo dois tipos de processos: em primeiro lugar, pela queima de combustíveis, na qual a energia química contida no combustível é liberada como calor, que pode ser destinado diretamente ao uso final (fornos, aquecedores, etc.) ou convertido em energia mecânica e elétrica, tal como ocorre na geração termelétrica e em fontes móveis (veículos). As emissões fugitivas decorrem de descargas, intencionais e não intencionais, de gases de efeito estufa –CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O, provenientes dos processos produtivos de carvão mineral, petróleo e gás natural e abrangem as etapas de extração, estocagem, processamento e transporte dos produtos. É importante registrar que as emissões fugitivas estimadas pelo SEEG devem ser interpretadas muito cautelosamente dada a baixa qualidade das informações disponíveis.

Este perfil de emissões de GEE do Setor de Energia está, obviamente, relacionado ao uso de combustíveis fósseis no País, cuja principal destinação em 2012 foi o transporte (42,2%), seguido pelo setor industrial (17,5%), pela geração de energia elétrica (10,7%) e pelo setor energético (10,2%). Os demais setores respondem, no conjunto, pela parcela restante (EPE, 2013). A Figura 1 e o Gráfico 6 permitem ver com clareza a importância relativa de cada setor nas emissões do Setor de Energia no Brasil, onde se destaca, de longe, o transporte como o mais importante.

## FIGURA 1

EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>E EM 2012:  
FONTES PRIMÁRIAS E SETORES

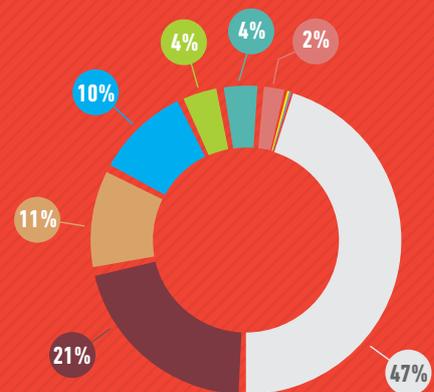
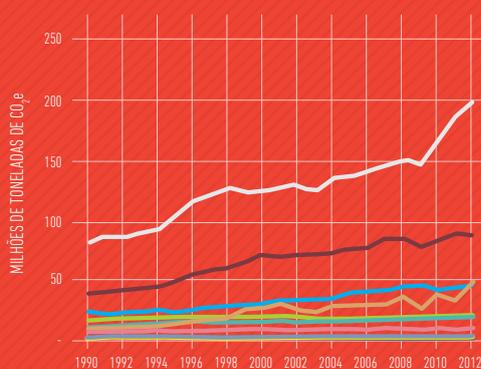
FONTE: SEEG 2013



## GRÁFICO 6

EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>E DO SETOR DE  
ENERGIA POR SEGMENTO DE ATIVIDADE

FONTE: SEEG 2013



\*\*Consumo Final Não Energético: quantidade de energia contida em produtos que são utilizados em diferentes setores para fins não energéticos.

### 3. TRANSPORTES - EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES, DE-SAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A MITIGAÇÃO

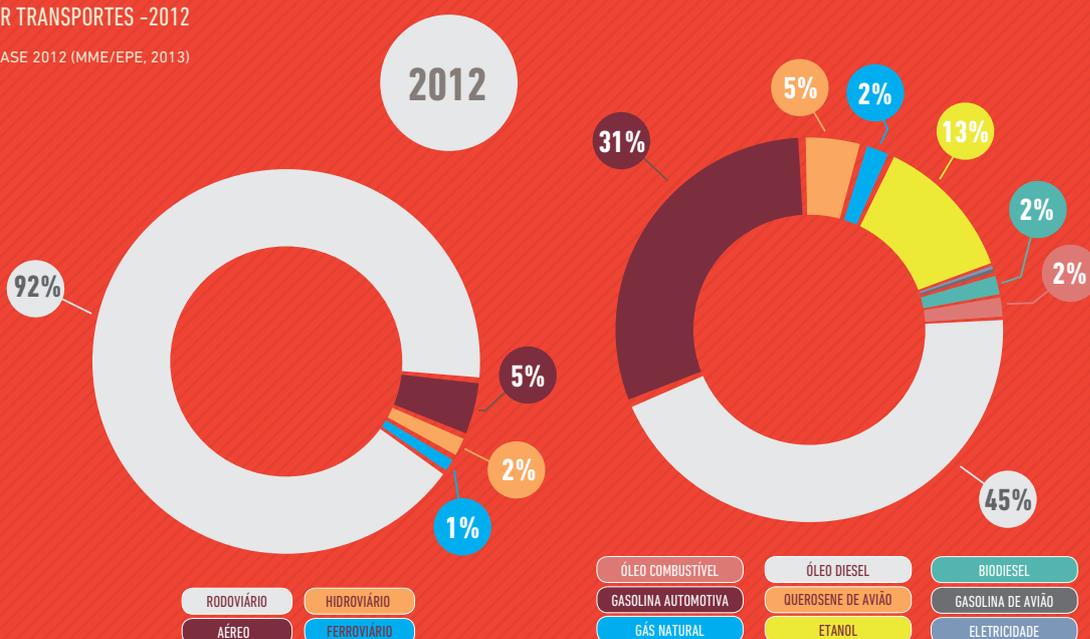
O setor Transportes é o que tem apresentado as mais elevadas taxas de crescimento do consumo de energia, especialmente nos últimos dez anos do período avaliado (4,42% a.a. entre 2002 e 2012). As emissões de CO<sub>2</sub> e refletem esse comportamento do consumo energético, passando de 84 milhões de toneladas em 1990 para 204 milhões em 2012.

O perfil de demanda de energia nesse setor é caracterizado pela predominância do modal rodoviário (91,6% do consumo em 2012) e pela pesada dependência do petróleo (82,8% do consumo em 2012), conforme mostra o Gráfico 7.

#### GRÁFICO 7

PARTICIPAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR TRANSPORTES -2012

FONTE: BEN 2013, ANO-BASE 2012 (MME/EPE, 2013)

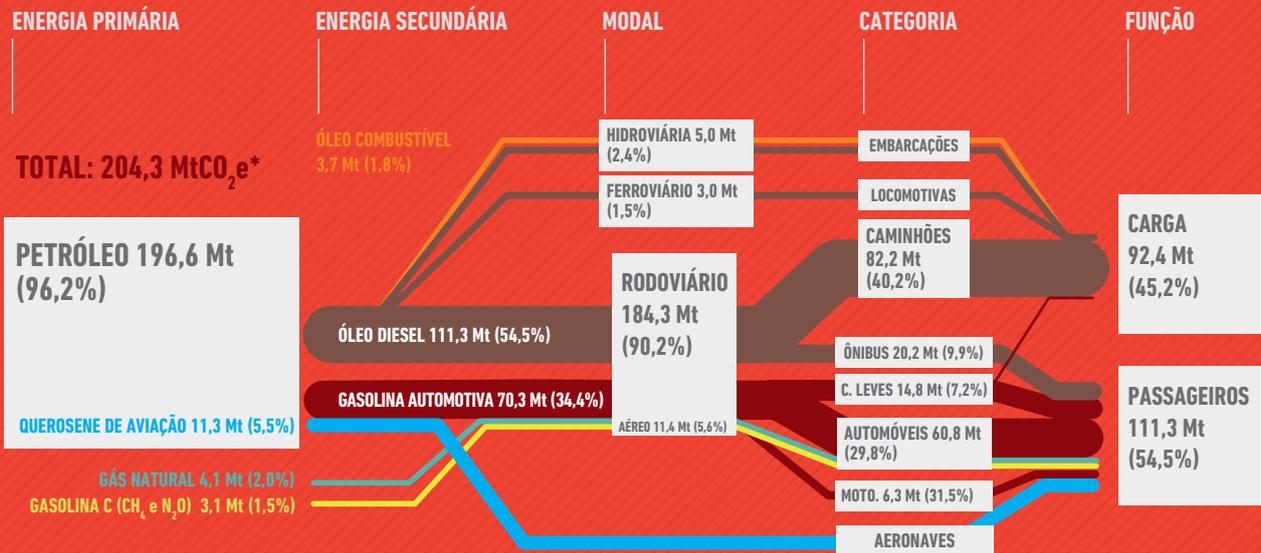


Tomando-se como referência o ano de 2012, nota-se um leve predomínio das emissões oriundas do transporte de passageiros – 54,5% – sobre o transporte de cargas. No que se refere à desagregação das emissões por categoria de veículos, destacam-se os caminhões (40,2%) e os automóveis (29,8%), como mostra a Figura 2.

# FIGURA 2

DIAGRAMA DE SANKEY DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>E DOS TRANSPORTES EM 2012

FONTE: SEEG 2013



\* INCLUI AS EMISSÕES PROVENIENTES DE BIOMASSA ((0,5 Mt = 0,3%) QUE NÃO ESTÃO REPRESENTADAS NO DIAGRAMA.

## 3.1 TRANSPORTE DE CARGAS

Uma importante especificidade do transporte de cargas no Brasil, quando comparado a outros países de dimensões continentais, é o predomínio do modal rodoviário na divisão modal como mostra o Gráfico 8.

# GRÁFICO 8

DIVISÃO MODAL NO TRANSPORTE DE CARGA EM PAÍSES SELECIONADOS EM 2005

FONTE: ELABORADO A PARTIR DO PNLT (MT, 2009)



Dado que a emissão específica por modal de transporte de carga, medida em termos de  $gCO_2/tku^3$ , é bem mais elevada para o modal rodoviário, como mostra o Gráfico 9, é possível afirmar que, comparativamente aos demais países de dimensões continentais, o Brasil é relativamente mais intensivo em energia e em emissões de  $CO_2$ .



## GRÁFICO 9

### EMIÇÃO ESPECÍFICA DE CO<sub>2</sub> POR MODAL DE TRANSPORTE DE CARGA

FONTE: ELABORADO A PARTIR DO PSTM (MT E MCID, 2013)

O predomínio do modal rodoviário explica, em grande medida, a enorme importância que o óleo diesel tem no setor transportes, bem como a presença do caminhão como principal fonte de emissões de gases de efeito estufa, não apenas no setor transportes, mas no setor Energia como um todo. Basta ver que as emissões dos caminhões no Brasil (82,2 Mt) estão muito próximas, por exemplo, das emissões de todo o setor industrial (91,2 Mt).

Segundo o **Plano Nacional de Logística de Transportes (PNLT)**, marco do planejamento de transportes no Brasil, o modal rodoviário seguirá crescendo em carregamento e sua participação na divisão modal, apesar de experimentar uma retração, continuará predominando (ver Gráfico 10). Como não existe, no curto e no médio prazos, perspectivas para a oferta competitiva de combustíveis substitutos do diesel, em escala nacional, para veículos pesados de cargas, é inegável a necessidade da adoção de medidas para melhorar a eficiência energética nesse setor.



## GRÁFICO 10

### GRÁFICO 10 - PROJEÇÃO DOS MOMENTOS DE TRANSPORTES DE CARGA, POR MODAL, NO PNLT ENTRE 2010 E 2031.

FONTE: ELABORADO A PARTIR DO PNLT 2011 (MT E MCID, 2013)

3 Tonelada-quilômetro útil (tku) é uma unidade de produção de transporte de carga que representa o deslocamento de 1 tonelada de carga (sem contar a massa do veículo) na distância de 1 quilômetro.

São muitas as alternativas nesse sentido, e, dependendo da forma como são combinadas, algumas resultam em maior ou menor impacto. Em geral, podem ser agrupadas em três rotas:

- 1) Melhoria da infraestrutura e logística para o transporte de cargas, de modo a aumentar a participação de modais mais eficientes como o ferroviário e o aquaviário.
- 2) Incorporação de tecnologias veiculares que promovam aumento da eficiência energética de motores e veículos como um todo.
- 3) Aumento da eficiência no setor, que pode se dar pela adoção de práticas, ainda que voluntárias, de redução do consumo a partir da gestão de frotas e combustíveis, e melhoria da logística de cargas.

No entanto, nenhuma dessas alternativas ocorre inercialmente, sendo umas mais e outras menos dependentes de instrumentos indutores de políticas setoriais.

Tecnicamente, pode-se arriscar a dizer que o Brasil poderia baixar significativamente suas emissões no transporte de cargas ao melhor explorar outros modais. Contudo, a ampliação da oferta de ferrovias, hidrovias e a criação de plataformas logísticas requerem investimentos robustos, com projetos de longo período de maturação e implantação. Além disso, na hierarquia da decisão política, tais modais competem com o “rodoviarismo” implantado no País desde os anos 1950. Se entendermos que essa é uma situação que não se reverte em curto prazo, a necessária melhoria na infraestrutura das estradas e rodovias também traz ganhos para redução do consumo no setor como um todo.

Já a “rota” da incorporação tecnológica tem como alvo os veículos, e poderia, numa hipótese otimista, ser resultado da competição natural entre fabricantes por um mercado de caminhões mais econômicos. Nesse caso, o consumidor teria algum nível de interferência no ritmo das melhorias, cabendo-lhe selecionar os modelos de melhor desempenho e as opções com custo-benefício mais favoráveis às suas necessidades. Em tese, essa é uma abordagem que até prescindiria de fomento público (direto ou indireto) à indústria automobilística -, mas não é a prática observada, mesmo internacionalmente. Outra possibilidade são as regulações que visam atingir metas compulsórias de eficiência energética por meio de melhorias de motores e/ou veículos novos como um todo. As poucas experiências com esse tipo de regulação mostram que, para seu sucesso, várias condições devem estar postas, tais como: a) concentração para envolvimento simultâneo e equilibrado de reguladores e fabricantes; b) forte amparo em arcabouço legal que reflita políticas estruturantes de energia, eficiência, meio ambiente, competitividade, etc.; c) amplo conhecimento técnico e base de informação para tomada de decisões; d) respaldo em análises aprofundadas de custo-benefício; e) a consideração da possibilidade de ser necessário arcar com eventuais incentivos.

Outras opções para melhoria de eficiência no gasto de combustíveis não necessariamente se destinam apenas a veículos novos e nem demandam regulação, sendo o caso da incorporação de pneus especiais e acessórios aerodinâmicos para veículos que, sob determinadas condições de rodagem, contribuem para reduzir o consumo. Embora se apliquem a diferentes categorias e usos de caminhões (no caso de carga), incorporar, ou não, tais acessórios é decisão apenas dos transportadores, e atualmente, não se conhece muito bem os fatores que embasariam a formulação de uma estratégia de popularização e aferição de ganhos dessa rota.

Essa última abordagem já remete para o tratamento do veículo como um meio para um transporte mais eficiente e de menor custo, e não como finalidade última e única de uma política para aumento da eficiência energética e redução do consumo. Dela, emerge o que chamamos aqui de “rota de gestão de frota”, que pode se organizar voluntariamente ou com algum grau de indução. Em alguns países, essa abordagem já começa a evoluir na forma de programas genericamente chamados de “Fretes Verdes” ou “Frotas Verdes” com diferentes arranjos, mas com alguns componentes básicos comuns, tais como: certificação de veículos aerodinamicamente modificados, estímulo a compromissos de embarcar cargas em frotas certificadas, testes e estudos sobre as melhores aplicações de componentes para o perfil de uso dos veículos, treinamento de motoristas, gestão de combustíveis, monitoramento das condições de deslocamento individual e da frota como um todo, programas continuados de incentivo à manutenção e divulgação/compartilhamento de boas práticas.

O **Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima - PSTM** (MT e MCID, 2013) chega a abordar as medidas para redução do consumo de combustíveis no transporte de cargas, tanto na linha da infraestrutura, quanto da melhoria técnica para eficiência energética veicular, sem, contudo, se aprofundar em como seriam viabilizadas.

Ao menos nesse segundo aspecto, vislumbra-se, no campo das políticas públicas, uma possibilidade de avanço com o **Plano Brasil Maior (PBM)**, lançado em agosto de 2011 (BRASIL, 2012). No âmbito do PBM, a Agenda Estratégica do Setor Automotivo<sup>4</sup> mostra uma série de medidas com o objetivo de elevar a eficiência energética e a segurança dos veículos comercializados no País, entre elas a elaboração de legislação de metas compulsórias a serem cumpridas por **veículos pesados** e leves comercializados no Brasil a partir de 2017.

No entanto, organizar e implantar uma estratégia que dê conta dos avanços requeridos demanda mais que a Agenda do Plano Brasil Maior. É necessário identificar os pontos de tangência ou mesmo sobreposição com outras políticas e planos, seus papéis e os níveis de interferências - positivas ou negativas - de outros atores institucionais; e estabelecer um referencial de conhecimento técnico mínimo necessário para iniciar negociações e aprender com as experiências vivenciadas por outros países, as quais também são relativamente recentes.

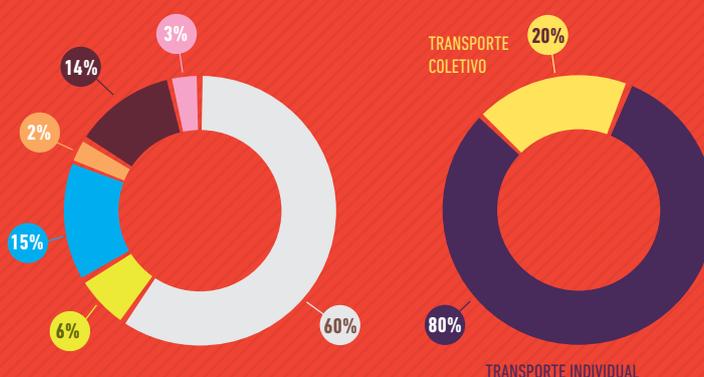
### 3.2 TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

No transporte de passageiros, também predomina o modal rodoviário, que, em 2012, respondeu com 89,8% das emissões de CO<sub>2</sub>e (99,9 Mt). É digno de nota o acelerado ritmo de crescimento das emissões no período estudado, especialmente dos automóveis, como mostra o Gráfico 11. Não por acaso, em 2012, o transporte individual foi responsável por 80% das emissões associadas ao transporte rodoviário de passageiros.



### GRÁFICO 11

EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PASSAGEIROS



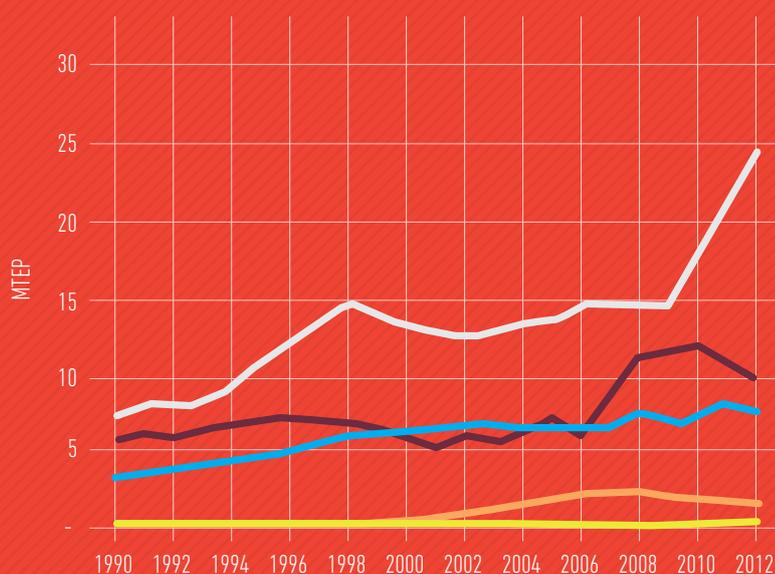
FONTE: ELABORADO A PARTIR DO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES RODOVIÁRIOS 2013, ANO-BASE 2012 (MMA, 2014)

<sup>4</sup> O PBM representa uma política industrial, tecnológica e de comércio exterior do Governo Federal, que incorpora um conjunto de iniciativas de estímulo a investimentos em capital fixo e em inovação, promoção das exportações, aumento da competitividade e defesa comercial. Além de medidas de natureza sistêmica, o PBM conta com medidas de cunho setorial formuladas no âmbito dos 19 conselhos de competitividade. Esse conjunto de medidas compõe as chamadas Agendas Estratégicas Setoriais.

Esse ritmo acelerado de crescimento do consumo de energia e de emissões de gases de efeito estufa no transporte de passageiros pode ser explicado por dois fatores principais: a ampliação do uso da gasolina C nos automóveis em detrimento do etanol hidratado e o uso cada vez mais intensivo do transporte individual quando comparado com o transporte público.

O Brasil é reconhecido mundialmente pelo uso de etanol hidratado, cuja experiência de uso foi bem-sucedida durante as décadas de 1980 e a primeira metade da década de 1990 com o Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool). Com o advento dos veículos bicompostíveis (*flexfuel*) em 2003, o consumo de etanol hidratado passou a crescer a taxas mais elevadas, batendo recordes históricos, cujo ápice se deu em 2009.

No entanto, a partir desse ano, tem ocorrido uma crescente perda de espaço do etanol para a gasolina no transporte de passageiros. O Gráfico 12 mostra que a participação do etanol no consumo energético no transporte rodoviário de passageiros passou de 34% em 2009 para 23% em 2012. Além de fatores que têm dificultado o aumento de oferta - elevados preços internacionais do açúcar, redução de investimentos no setor e perda de produtividade agrícola -, deve ser destacado que, nos últimos anos, a política de preços para a gasolina foi marcada por esforços do governo federal de reduzir a volatilidade dos preços internacionais e conter a inflação, o que acarretou perda de competitividade do etanol. Na maior parte dos estados brasileiros, os proprietários de veículos *flex* têm optado pelo uso da gasolina.



## GRÁFICO 12

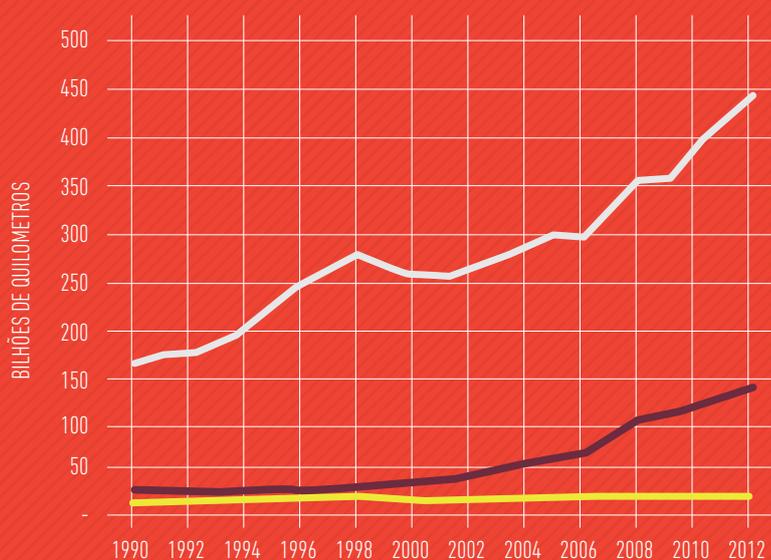
### EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS NO TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

FORTE: ELABORADO A PARTIR DO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES RODUVIÁRIOS 2013, ANO-BASE 2012 (MMA, 2014)

1990 - 2012



O crescimento sistemático das emissões de CO<sub>2</sub> no transporte de passageiros resulta também de problemas estruturais de mobilidade urbana nas cidades brasileiras. A priorização do transporte individual em detrimento do transporte público pelas administrações municipais vem de longa data e tem contribuído para aumentar a intensidade de uso de automóveis e o consumo de combustíveis. O Gráfico 13 apresenta uma evolução comparativa da intensidade de uso, medida em termos da distância anual percorrida pelas frotas de diferentes categorias de veículos. A crescente importância dos automóveis é notável.



## GRÁFICO 13

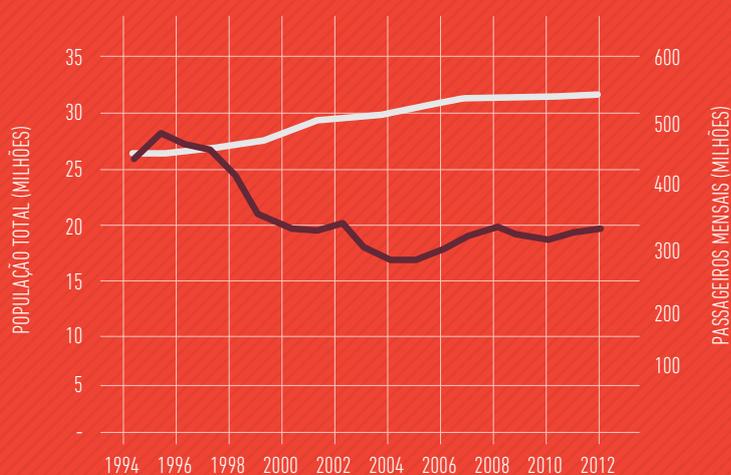
### EVOLUÇÃO DA INTENSIDADE DE USO DA FROTA DE VEÍCULOS NO TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

FONTE: ELABORADO A PARTIR DO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES RODOVIÁRIOS 2013, ANO-BASE 2012 (MMA, 2014)



O Brasil tem passado, nos últimos anos, por um processo de crescimento econômico acompanhado de distribuição de renda que, somado ao aumento de crédito e promoção de benefícios tributários para aquisição de veículos, tem resultado num aumento significativo da taxa de motorização da população. Combinados com as facilidades proporcionadas pelas administrações municipais para a circulação desta frota<sup>5</sup> e com a baixa qualidade do transporte público, este fenômeno tem reforçado o uso do transporte individual.

A crescente perda de importância do transporte público nas grandes cidades brasileiras pode ser confirmada quando se observa a evolução do número de passageiros transportados mensalmente por ônibus urbanos comparativamente à evolução da população residente. Tomando-se como referência as cidades de Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, Goiânia, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo, nota-se, pelo Gráfico 14, que, enquanto a população apresentou crescimento de 18% entre 1994 e 2012, o número de passageiros transportados por ônibus reduziu-se em 24% no mesmo período.



## GRÁFICO 14

### EVOLUÇÃO COMPARATIVA DA POPULAÇÃO RESIDENTE E DO NÚMERO DE PASSAGEIROS TRANSPORTADOS POR ÔNIBUS NAS MAIORES CAPITAIS BRASILEIRAS - 1994 A 2012



A série população se refere a soma das populações de Belo Horizonte, Curitiba, Goiânia, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo (fonte: IBGE). A série passageiros se refere ao número de passageiros no mês de outubro no sistema de transporte público de ônibus nos mesmos municípios.

(Fonte: anuário ntu, 2013).

<sup>5</sup> Acrescente-se ainda que o desenho urbano tem induzido à expansão das vias como suporte ao transporte individual motorizado, de modo a oferecer as melhores condições possíveis para a circulação e acessibilidade de quem usa o automóvel. Esse tipo de desenho urbano, que integra um conjunto de medidas conhecido internacionalmente como "car oriented development" pode ser facilmente identificado ao se observar o desenvolvimento contínuo das vias e os investimentos em viadutos, túneis e outros tipos de obras que aumentam a capacidade viária para o transporte individual.

A manutenção dessa tendência deverá levar ao agravamento da crise de mobilidade já presente nas grandes cidades brasileiras<sup>6</sup> – congestionamentos, aumento das vítimas do trânsito, aumento no tempo de deslocamentos e elevação dos custos operacionais do transporte público, exclusão social, etc. – e contribuirá para o aumento das emissões de gases de efeito estufa. O PSTM estimou que, mesmo num cenário de recuperação do etanol, as emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao transporte de passageiros atingirão 150 Mt em 2020, o que representaria um crescimento de 65,9% em relação ao ano-base 2010.

Considerando que o transporte de passageiros se dá predominantemente em centros urbanos e que, além de gases de efeito estufa, os veículos emitem vários poluentes de efeito local – óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), aldeídos, etc. – o modelo de mobilidade urbana vigente nas cidades brasileiras está relacionado à degradação da qualidade do ar e seus efeitos negativos na saúde pública. As redes de monitoramento de qualidade do ar em operação em algumas das principais cidades brasileiras – São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre e Curitiba – mostram que as concentrações de ozônio troposférico (O<sub>3</sub>) e de material particulado (MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>) vêm excedendo sistematicamente as recomendações da Organização Mundial da Saúde e os padrões nacionais de qualidade do ar vigentes.

Assim, o desafio que se apresenta é a adoção de um conjunto de medidas que, ao mesmo tempo, reduza as emissões de gases de efeito estufa, amplie a acessibilidade das pessoas às oportunidades que as cidades oferecem e reduza as emissões de poluentes atmosféricos de efeito local/regional. Em linhas gerais, pode-se afirmar que existem três rotas complementares:

a) **Redução da necessidade de viagens motorizadas por meio de ações que associem planejamento urbano e mobilidade.** Aqui se fala, principalmente, da descentralização das atividades essenciais na cidade, do adensamento populacional e da promoção de atividades de serviço, lazer ou estudo junto aos eixos de transporte público coletivo.

b) **Mudança de viagens para modos de transporte público coletivo e para os não motorizados.** O foco é principalmente: (i) a implantação de infraestrutura para a mobilidade urbana, por meio de projetos destinados a ampliar a oferta e melhorar a qualidade do transporte público coletivo e dos modais não motorizados - metrô, BRT, faixas exclusivas de ônibus, terminais de integração, ciclovias, calçadas etc., e (ii) a adoção de instrumentos regulatórios e econômicos que desestimulem o uso do transporte individual motorizado.

c) **Inovações tecnológicas nos veículos.** Enquadram-se nesta rota, a utilização de combustíveis mais limpos e a melhoria da eficiência energética veicular.

No Brasil, as iniciativas governamentais para solucionar os principais problemas ambientais associadas ao transporte têm focado as inovações tecnológicas dos veículos. Desde a década de 1970, com a criação do Pró-Álcool, o País tem ofertado etanol – anidro e hidratado – para o uso em automóveis e conta com um programa de controle de poluição veicular – o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve). Mais recentemente, em 2012, o Governo Federal estabeleceu o **Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar Auto)**, que é um regime fiscal diferenciado para montadoras que cumprirem um conjunto de requisitos, dentre os quais o atingimento de metas de eficiência energética para veículos leves até 2017. Além disso, também têm sido propostos incentivos para automóveis híbridos e elétricos.

Essas várias iniciativas contribuem inegavelmente para a redução das emissões de poluentes locais e de gases de efeito estufa lançados pelos veículos e precisam ser mantidas. No entanto, não se pode negar que as ações têm sido orientadas quase exclusivamente para os automóveis, enquanto os ônibus urbanos continuam fortemente dependentes do óleo diesel como fonte de energia. E, caso os esforços governamentais para promover combustíveis renováveis e, mais recentemente, eficiência energética, continuem orientados exclusivamente para o transporte individual, poderemos, num futuro próximo, estar diante de uma situação impensável na qual uma

<sup>6</sup> Um estudo patrocinado pelo lema em 2008 estimou que, se o atual modelo de mobilidade urbana se mantiver nos níveis atuais e considerando uma taxa de crescimento econômico de 3% nas cidades com mais de 60 mil habitantes, até 2030 a participação dos veículos automotores individuais no total das viagens diárias pode aumentar de 27% para 37% e a de motocicletas de 2% para 7%. Na contramão, a participação do transporte público coletivo tende a reduzir de 26% para 20% (Vasconcelos, 2008).

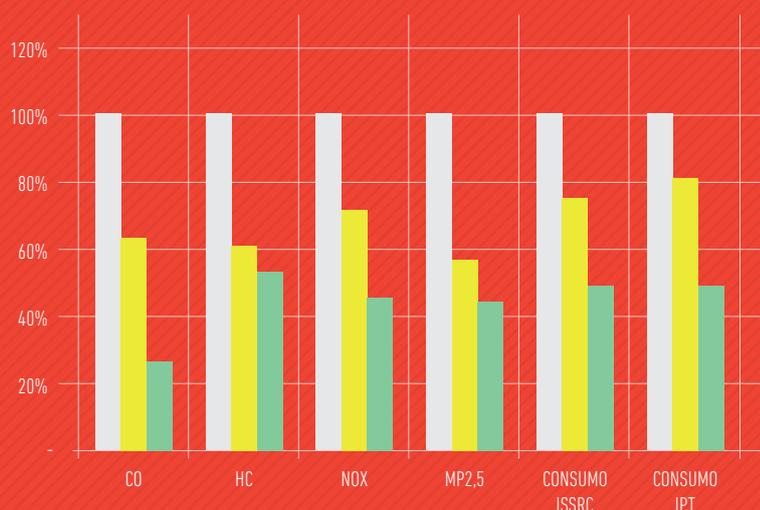
eventual transferência de passageiros do modal individual (automóveis e motos) para o coletivo (ônibus) seja acompanhada de aumento das emissões. Trata-se de um *trade-off* perigoso, que precisa ser evitado.

Sob essa perspectiva, faz-se necessário o desenho e a implantação de instrumentos de política pública que incentivem a utilização de outras fontes de energia para o transporte coletivo – etanol, biodiesel, eletricidade, híbridos, etc. Por estar organizado em uma rede de serviços com garagens fixas e frota dedicada de ônibus, o transporte coletivo oferece oportunidade de serem endereçadas diferentes iniciativas de substituição de fonte energética. O Brasil apresenta condições regionais específicas, que podem viabilizar diferentes combinações de fontes energéticas, conforme as características de seus respectivos sistemas de transporte coletivo. Sistemas com maior participação de corredores de ônibus do tipo *bus rapid transit*<sup>7</sup> (BRT) podem viabilizar, por exemplo, a tração elétrica.

Caso os problemas de acessibilidade e mobilidade não sejam adequadamente resolvidos e persista a atual prática de não se incluir, nas políticas públicas, o transporte público como destinatário de tecnologias e combustíveis mais limpos, num futuro próximo, o modelo de mobilidade urbana nas grandes cidades será o *eco congestionamento* ou *congestionamento verde*.

Assim, medidas adicionais orientadas para melhorar a mobilidade são necessárias, merecendo destaque a priorização do transporte público coletivo no sistema viário e o desestímulo ao uso do automóvel.

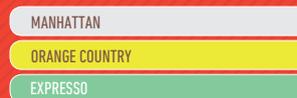
A promoção da fluidez da frota de ônibus no sistema viário é uma medida de gestão da mobilidade que pode ser adotada, por meio de sua priorização no trânsito e a melhoria da velocidade comercial, aumentando sua atratividade. A implantação de corredores de ônibus resulta em economia de tempo para o usuário, reduz o custo operacional e promove redução de emissões. Um estudo patrocinado pela Fundação Hewlett e conduzido pela SPTrans, sob supervisão técnica do Instituto de Pesquisa Tecnológicas da USP (IPT), demonstrou haver um grande potencial de conservação de energia e de redução de emissões associado à melhoria das condições operacionais dos ônibus urbanos (Gráfico 15).



## GRÁFICO 15

### INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS DOS ÔNIBUS NAS EMISSÕES E CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

FONTE: RELATÓRIO TÉCNICO Nº 91.377-205 - ENSAIOS COMPARATIVOS DE ÔNIBUS URBANOS (IPT, 2007)



<sup>7</sup> O BRT tem como características, dentre outras, pistas totalmente segregadas, com faixas de ultrapassagens, poucos pontos de parada intermediários, etc.

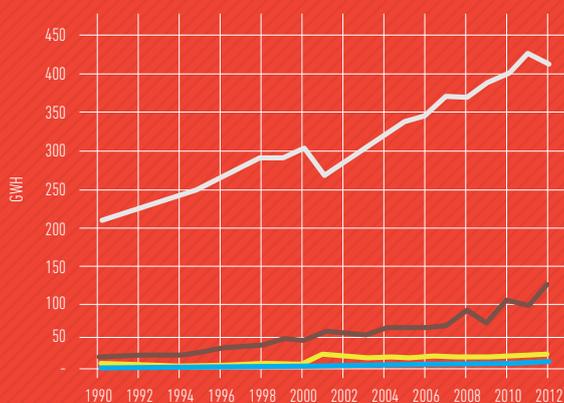
Observe-se, pelo gráfico, que, em relação a uma condição de tráfego mais desfavorável e típico de uma grande cidade (ciclo "Manhattan"), as reduções de consumo de combustível e de emissões são:

- No ciclo "Orange County", que simula faixa exclusiva de ônibus, da ordem de 20% no consumo de combustível, de 38% nas emissões de CO e HC, de 26% de NO<sub>x</sub> e de 44% de material particulado.
- No ciclo "Expresso", que simula a condição de operação similar a de um BRT, da ordem de 52% no consumo de combustível, de 74% nas emissões de CO, de 46% de HC, de 57% de NO<sub>x</sub> e de material particulado.

Apesar de todos esses benefícios, experiências em outros países têm mostrado que ampliar a oferta e melhorar a qualidade do transporte público são medidas necessárias, mas, via de regra, insuficientes. Para diminuir a participação dos automóveis na divisão modal de viagens, essas medidas devem vir acompanhadas de um conjunto de ações para desestimular o uso do transporte individual motorizado, combinando instrumentos regulatórios e econômicos, conforme as necessidades e metas das políticas locais de mobilidade e de meio ambiente. Esses instrumentos envolvem, por exemplo, a redução da capacidade viária para o tráfego geral; redução das vagas de estacionamento ou elevação dos preços cobrados; implantação de rodízio de placas; cobrança de taxa pelo uso da via em áreas congestionadas; taxaço de veículos que apresentam maiores níveis de emissões de poluentes atmosféricos, dentre outros. No Brasil, a discussão a respeito da aplicação desses instrumentos com vistas a melhorar a mobilidade urbana e reduzir emissões está apenas começando e já enfrenta resistências de setores mais conservadores. Inegavelmente, será necessário qualificar e estimular o debate, especialmente nas cidades, pois a aplicação desses instrumentos é, basicamente, de competência municipal.

## 4. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES, DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A MITIGAÇÃO

A demanda de eletricidade no Brasil mais que dobrou entre 1990 e 2012. Apesar de as usinas hidrelétricas serem responsáveis, de longe, pelo atendimento desta demanda, chama a atenção o aumento da geração termelétrica a partir do ano 2000, conforme mostra o Gráfico 16. A participação da hidreletricidade, que, historicamente, se tem situado entre 80 e 90% da geração, caiu para 75% em 2012, enquanto a geração termelétrica alcançou 21%.



1990 - 2012

HIDRÁULICA

TÉRMICA NUCLEAR

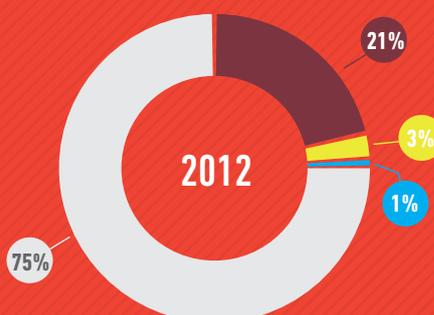
TÉRMICA A COMBUSTÃO

EÓLICA

### GRÁFICO 16

EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR TIPO DE CENTRAL ELÉTRICA.

FONTE: ELABORADO A PARTIR DO BEN 2013, ANO-BASE 2012 (MME/EPE, 2013)



Note-se, no Gráfico 17, que, excluindo-se a hidreletricidade, a expansão da geração no período esteve alicerçada, basicamente, no uso de combustíveis fósseis – gás natural, petróleo e carvão mineral – os quais, em 2012, representaram 53%, seguido pela biomassa (25%), nuclear (12%) e eólica (4%).

## GRÁFICO 17

### EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE DE ORIGEM NÃO HÍDRICA, POR FONTE

FONTE: ELABORADO A PARTIR DO BEN 2013, ANO-BASE 2012 (MME/EPE, 2013)

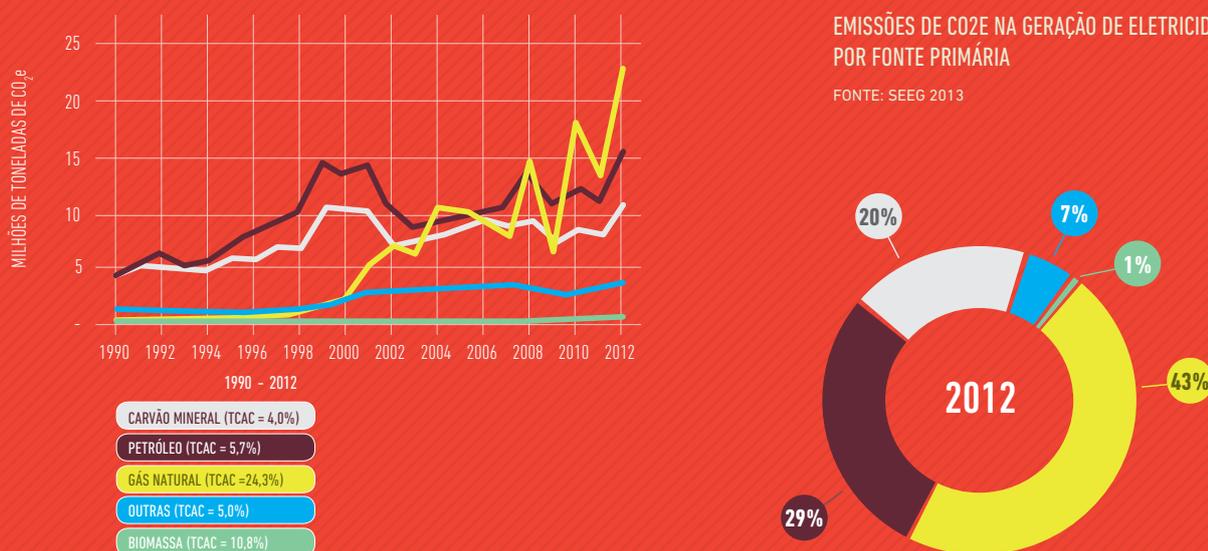


Em decorrência do aumento da participação da termeletricidade a combustível fóssil, as emissões de gases de efeito estufa na geração de eletricidade aumentaram mais de quatro vezes entre 1990 (9,4 MtCO<sub>2</sub>e) e 2012 (48,5 MtCO<sub>2</sub>e), ano em que as emissões do setor atingiram seu patamar mais elevado, representando 11% do Setor de Energia. Em 2012, as emissões geradas pela geração termelétrica a gás natural corresponderam a 43%, contra 29% das emissões provenientes do uso de derivados de petróleo e 20% do uso de carvão mineral e derivados (Gráfico 18).

## GRÁFICO 18

### EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>E NA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE, POR FONTE PRIMÁRIA

FONTE: SEEG 2013





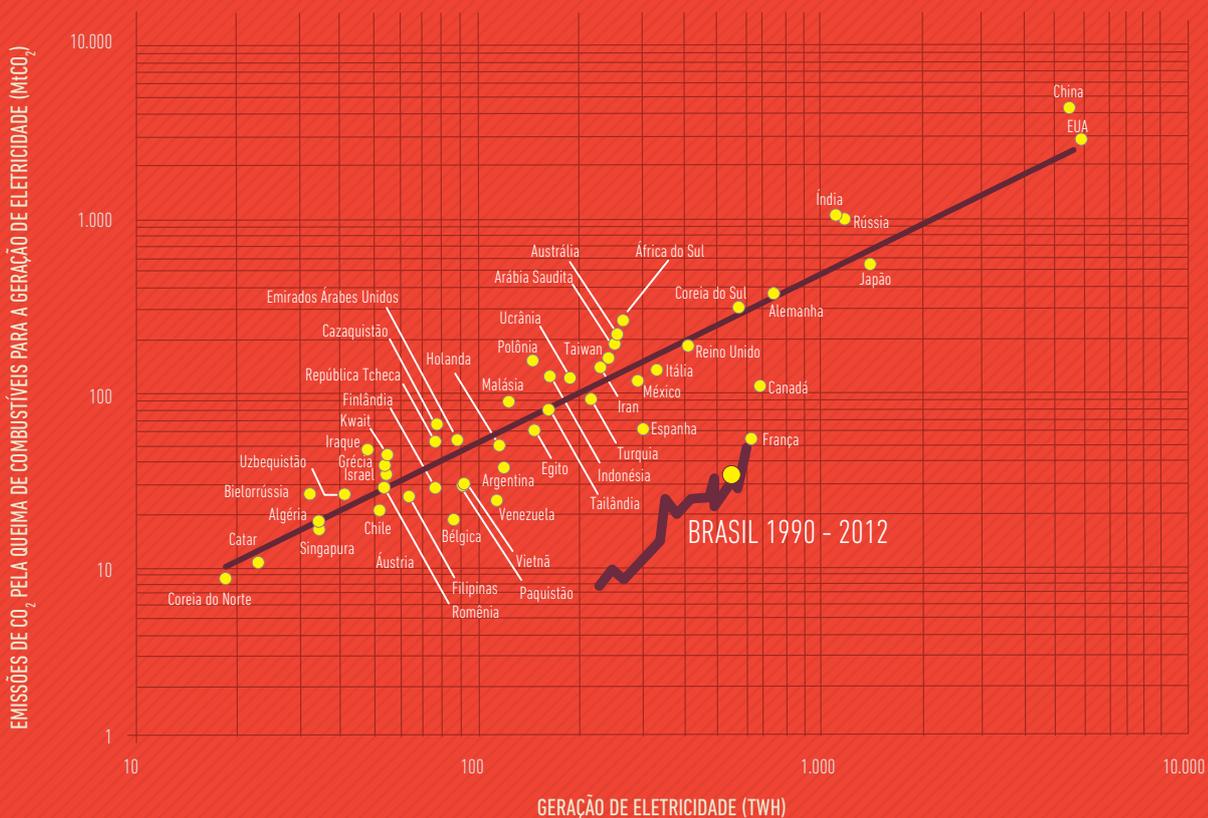
Essa situação, acrescida de um forte crescimento da demanda por energia elétrica no País, sem o acompanhamento de um aumento proporcional na capacidade instalada de geração hidrelétrica, vem exigindo cada vez mais o acionamento de fontes complementares de geração. A resposta que vem sendo dada pelo Operador Nacional do Sistema (ONS)<sup>10</sup>, entidade responsável pela gestão e operação do Sistema Interligado Nacional (SIN), tem sido o acionamento de usinas termelétricas, principalmente, mas não só, as que utilizam o gás natural<sup>11</sup>.

Ainda que, com o aumento da participação das fontes fósseis na geração elétrica, o perfil de emissões do setor mantém-se como uma referência mundial em termos de baixa emissão de carbono. O Gráfico 20 mostra as emissões de CO<sub>2</sub> pela queima de combustíveis para a geração de energia elétrica e o total de energia elétrica gerada no universo dos 50 países mais emissores do Setor de Energia. Como se pode observar, o Brasil destaca-se nitidamente pela sua baixa intensidade de emissão de carbono por unidade de energia elétrica gerada.

## GRÁFICO 20

### EMISSIONES E ENERGIA ELÉTRICA GERADA DOS 50 PAÍSES MAIS EMISORES DO SETOR DE ENERGIA

FORNTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA A PARTIR DE DADOS DO SEEG 2013 E DA IEA (2013)



10 O ONS é uma entidade privada, sem fins lucrativos, de caráter técnico, tendo como associados titulares de concessão, permissão ou autorização e por outros agentes vinculados aos serviços e às instalações de energia elétrica, e por consumidores livres conectados à rede básica. Seus quadros gerenciais, como o Conselho de Administração e a Diretoria obrigatoriamente devem contar com administradores diretamente indicados pelo Ministério de Minas e Energia. Seu estatuto foi formalizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

11 O ONS e todos os demais agentes do setor elétrico submetem-se a um conjunto de regras específicas, compilado no que se denomina "Procedimentos de Rede", e formalizado por meio da Resolução da Aneel 372/2009. Tais "Procedimentos" contemplam regras operacionais detalhadas sobre aspectos como: (i) requisitos mínimos para instalações e gerenciamento de indicadores de desempenho da rede básica e de seus componentes; (ii) acesso aos sistemas de transmissão; (iii) ampliações e reforços na rede; (iv) previsão de carga; (v) planejamento e programação das operações elétrica e energética; (vi) programação diária da operação eletroenergética; (vii) monitoramento e análise dos recursos hídricos e meteorologia; (viii) procedimentos da operação; (ix) elaboração de estudos para reforço da segurança operacional elétrica, controle sistêmico e integração de instalações; (x) análise de ocorrências e perturbações, dentre outros.

Entretanto, a manutenção dessa situação no futuro não deixa de ser preocupante, não só por força da perspectiva de aumento das emissões de gases de efeito estufa, como também em função de vários outros problemas socioambientais.

Indubitavelmente, o crescimento econômico do Brasil trará consigo um aumento na demanda de energia elétrica. Segundo o Plano Decenal de Energia 2022 (PDE 2022), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE, 2013), o País consumiu 498 TWh em 2012 e chegará a 785 TWh em 2022. Para atender essa demanda com segurança, será preciso aumentar a capacidade instalada de geração elétrica.

A maior parte do potencial hidrelétrico remanescente no Brasil, ainda não explorado, situa-se nas bacias hidrográficas da região Norte e que se comunicam com os países fronteiriços como Peru e Bolívia. Essas áreas estão distantes dos centros de consumo - a maior parte destes localizados nas regiões Sudeste e Sul<sup>12</sup> - e bastante sensíveis sob a perspectiva socioambiental. Segundo o **PDE 2022**, do total de projetos já contratados via os leilões de energia, as usinas hidrelétricas localizadas na Região Norte somam 20.683 MW de potência instalada, o que corresponde a mais de 83% do total da capacidade instalada nova prevista. Além disso, o PDE 2022 indica a adição de quase 20.000 MW de potência instalada até 2022, dos quais 18.000 MW viriam de novas usinas hidrelétricas localizadas em estados como Rondônia, Roraima, Amazonas, Pará e Mato Grosso.

A construção de usinas na Região Norte suscita questões relacionadas à conservação da Amazônia e aos impactos negativos sobre as populações locais tradicionais e os povos indígenas. No primeiro caso, a construção de reservatórios, ainda que pequenos, pode alterar o equilíbrio dos ecossistemas locais, em prejuízo da conservação da biodiversidade amazônica. No segundo caso, é de se esperar conflitos fundiários e o deslocamento de populações ribeirinhas e das populações indígenas. Também é importante atentar para os problemas relacionados ao repentino inchaço populacional das cidades do entorno das obras, em função do volume e circulação de operários, agravando questões de saneamento, segurança, saúde, dentre outros.

Seja como uma medida para minimizar tais impactos, seja pelas próprias características naturais das bacias hidrográficas na Região Norte, fato é que a maior parte das usinas hidrelétricas aprovadas e previstas para esta região tem sido projetada de forma a demandar reservatórios menores ou mesmo prescindirem destes. Isso implica numa reduzida capacidade de estocar energia na forma de água nos reservatórios, deixando o sistema hidrotérmico brasileiro cada vez mais dependente do regime hidrológico - sujeito à intermitência -, fazendo com que haja um descolamento maior entre o que é capacidade instalada do que é a capacidade de geração de energia firme<sup>13</sup>.

Daí que um dos principais desafios do setor elétrico diz respeito à complementariedade no sistema de geração elétrica - a necessidade de se prever fontes que, ao mesmo tempo, tenham condições de garantir a energia firme adequada ao suprimento da demanda e também tragam menores impactos socioambientais, incluindo as emissões de GEE.

O PDE 2022 tenta enfrentar essa questão apontando na direção da diversificação das fontes de energia no País. No período até 2018, já se encontram contratados cerca de 1.800 MW de usinas termelétricas à combustão de biomassa, 1.000 MW de pequenas centrais hidrelétricas (PCH), mais de 11.000 MW de centrais eólicas e 3.400 MW de usinas termelétricas a combustíveis fósseis, sem contar a previsão de início de operação da usina termelétrica nuclear Angra 3. Para o período entre 2018 e 2022, o PDE indica o acréscimo de 1.500 MW de usinas termelétricas a combustíveis fósseis e de outros de 12.000 MW oriundos de fontes renováveis, particularmente eólicas, mas também usinas termelétricas à combustão de biomassa e PCHs. A expansão da energia solar é de baixa expressão, ainda que já tenham surgido incentivos nesta direção, notadamente, a regulação da geração distribuída, por meio da **Resolução da Aneel 482/2012**.

Contudo, ainda que a expansão da capacidade instalada da termelétricidade fóssil indicada pelo PDE 2022 seja tímida no Brasil (cerca de 5 GW entre 2013 e 2022) comparativamente com as fontes renováveis e, ainda

12 As grandes distâncias que separam essas áreas dos centros de consumo exigem altos investimentos na ampliação e na manutenção do sistema de transmissão, além de significar um aumento percentual de perdas inerentes a este sistema.

13 A energia firme corresponde à máxima produção contínua de energia que pode ser obtida de uma determinada unidade de geração elétrica.

que existam barreiras econômicas relativas aos custos dos combustíveis, a tendência é que estas sejam demandadas a exercer o papel de **principal** fonte complementar no despacho da energia elétrica no País, sob o argumento de que seriam mais confiáveis sob a perspectiva da operação do sistema elétrico: suas tecnologias de geração são amplamente dominadas do ponto de vista técnico e os combustíveis estão disponíveis, seja por sua produção no Brasil seja pela possibilidade de importação.<sup>14</sup>

No entanto, a termelétricidade a combustão também apresenta outros impactos ambientais importantes, além das emissões de gases de efeito estufa. Dependendo da tecnologia adotada, o sistema de resfriamento das usinas termelétricas pode constituir-se numa fonte significativa de problemas ambientais, dada a magnitude do volume de água captado, as perdas por evaporação e o descarte de efluentes<sup>15</sup>. Além disso, as usinas termelétricas emitem quantidades significativas de gases poluentes e, dependendo do porte, constituem-se na principal fonte de poluição atmosférica da região onde se instalam. Como em geral, a opção é pela instalação das usinas nas proximidades dos grandes centros de carga, situados comumente em bacias hidrográficas densamente urbanizadas e industrializadas, nas quais a disponibilidade/qualidade da água e a qualidade do ar já estão comprometidos, os impactos são significativos. E é razoável que haja resistência à instalação e operação desses empreendimentos quando a população está ciente dos riscos a que está submetida.

Quanto a energia nuclear, foi a que menos se expandiu no País, o que se deve à soma de fatores econômicos (altos custos de investimento) e de questões relativas à segurança operacional das usinas termonucleares, ao descarte dos resíduos e à relativa baixa aderência dessa fonte junto à população em geral. Recentes e graves acidentes envolvendo a energia nuclear, forçando países a declarar o banimento dessa fonte, têm reforçado a resistência quanto à sua expansão no Brasil.

A soma de impactos socioambientais, incluindo as emissões de gases de efeito estufa, e os altos custos atrelados às termelétricas impelem que se busquem alternativas mais ambientalmente sustentáveis, socialmente justas e economicamente eficientes.

Apresentando características geográficas, climáticas e físicas favoráveis, o Brasil é um dos poucos países do mundo a possuir um alto potencial técnico de aproveitamento de alternativas como a energia eólica, solar e a biomassa. Isso faz dessas fontes alternativas prioritárias para a expansão da capacidade instalada no País.

A capacidade instalada de geração de energia elétrica a partir da energia eólica sofreu considerável expansão nos últimos anos no Brasil, resultado da combinação de fatores internos (como o **Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas - Proinfa** - e subsídios e incentivos fiscais dados no nível federal e por alguns governos estaduais) e externos (como crise econômica mundial, que reduziu a demanda internacional por equipamentos eólicos, permitindo a queda dos preços e o aumento do interesse das grandes empresas do setor por mercados até então marginais, como o brasileiro). A progressiva queda dos custos da eólica e o seu alto potencial técnico, somados ao fato de essa fonte apresentar forte complementariedade com a hidreletricidade, sinaliza o seu potencial de complementar a energia hidrelétrica no País (Ricosti e Sauer, 2013; Carvalho e Sauer, 2013).

Todos esses fatores tornam a energia eólica uma das mais promissoras alternativas para a complementariedade com a hidreletricidade. Contudo, a ampliação de seu uso no Brasil ainda precisa lidar com alguns desafios. Um desses é de natureza institucional e conjuntural, atinente aos problemas de conexão com o SIN, como atrasos e descompassos com as interligações das usinas eólicas às redes de transmissão. Outra questão é de caráter mais técnico, pois diz respeito à natureza intermitente dessa fonte, exigindo melhoramentos técnicos no que diz respeito à necessidade de aumentar a estabilidade dos níveis de tensão, ou mesmo de alternativas de armazenamento de energia. Assim como ocorre em qualquer fonte de energia, a implantação e operação das usinas eólicas também deverão atentar-se para potenciais impactos socioambientais, como conflitos com populações locais relacionados ao uso da terra e ameaça à avifauna.

---

14 A esse respeito, cabe lembrar que, no Brasil, os preços do gás natural e dos derivados de petróleo estão atrelados ao mercado internacional, o que dá a esses combustíveis uma volatilidade de custos.

15 A captação de água em usinas termelétricas a gás natural mais eficientes, operando com ciclo combinado, situa-se na faixa de 1,0 a 1,5 m<sup>3</sup>/MWh. As perdas por evaporação são de 70 a 80% da vazão captada.

País notavelmente agrícola, o Brasil apresenta um grande potencial de aproveitamento da biomassa para geração elétrica. Especialmente a biomassa à base do bagaço da cana-de-açúcar apresenta forte complementaridade com a hidreletricidade.

Entretanto, a produção da biomassa, notadamente, do bagaço da cana-de-açúcar, é sujeita às flutuações econômicas, políticas e até culturais características do mercado de açúcar e álcool. Além disso, a atividade econômica principal da agroindústria canavieira é a produção do açúcar e do álcool, sendo a geração elétrica vista como atividade econômica secundária (Hofsetz e Silva, 2012).

Esse fato leva a duas considerações: a primeira, de que a produção do bagaço acaba dependente da de açúcar e de álcool, considerando que o mercado destes produtos é volátil. Há, portanto, uma variação no montante de biomassa disponível para a geração elétrica. A esse respeito, Gentil (2013) complementa dizendo que o bagaço tem deixado de ser um resíduo e se tornado um insumo cada vez mais valorizado. Assim, o preço do bagaço varia com a produção da cana-de-açúcar, sendo que, em época de quebra de safra, o bagaço fica mais caro para as usinas que precisam comprá-lo para gerar. A segunda, de que os produtores não têm priorizado investimentos na melhoria tecnológica de seus sistemas de cogeração, o que lhes permitiria aumentar o excedente de eletricidade apto para ser comercializável. Apesar de as usinas de açúcar e álcool tradicionalmente adotarem sistemas de cogeração, a maior parte destes ainda apresenta baixa eficiência termodinâmica, sendo que a adoção de tecnologias mais avançadas apresenta altos custos de investimento (Deshmukh et al., 2013).

A geração elétrica a partir da biomassa também apresenta problemas socioambientais decorrentes tanto da fase agrícola quanto da industrial. Na fase agrícola, ainda são comuns as denúncias de condições inadequadas de trabalho. No emprego da colheita manual, é praxe a ocorrência de problemas ocupacionais, associados a lesões em trabalhadores (cortes, ferimentos) e esgotamento físico, principalmente considerando que, em muitos casos, os pagamentos são feitos por produtividade (Ronquim, 2010). Ainda que a mecanização da colheita tenha-se ampliado, particularmente no estado de São Paulo, a queima da palha da cana-de-açúcar é responsável por altas emissões de poluentes, como os particulados e o  $\text{NO}_2$ , contribuindo para a formação do ozônio troposférico, provocando graves problemas de saúde pública nas regiões produtoras (Ronquim, 2010, Uriarte et al. 2009). Além disso, não é incomum que a produção da cana esteja associada ao desmatamento e ao desrespeito à proteção florestal. O estudo de Uriarte et. al (2009) constatou, a partir de imagens de satélite, que 28% das áreas cultivadas de cana-de-açúcar no estado de São Paulo deveriam, por lei, ser protegidas como áreas de proteção permanente. Na fase industrial, verifica-se principalmente a degradação da qualidade do ar diante das emissões de poluentes atmosféricos, e da qualidade do corpo hídrico receptor ou solo, devido à disposição inadequada de vinhaça.

A energia solar tem apresentado um grande crescimento no Brasil, com reduções progressivas de seus custos. Sua inclusão recente no leilão de energia nova sinaliza uma melhoria das perspectivas de sua expansão no País. Numa tentativa de viabilizar a adoção dos sistemas descentralizados no País, a Aneel editou recentemente a Resolução 482/2012, que institui o "Sistema de Compensação", arranjo no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade. Segundo o PDE 2022, esse sistema permitirá a expansão de micro e minigeração, particularmente, a partir de projetos fotovoltaicos em residências e comércios, podendo levar a uma economia de 1,9 TWh (equivalente a 219 MWmed) em 2022, junto à rede de distribuição. Para que esta nova regulação seja efetivada, permitindo ampliação do uso da solar e outras renováveis na geração distribuída, ainda se mostra necessário contornar problemas técnicos, como os sistema de conexão às redes de transmissão, regulatórios, fiscais e culturais (Cabello e Pompermayer 2013).

As medidas de contenção da demanda também podem constituir contribuições interessantes para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Isso significa despender esforços para a conservação e o uso eficiente da energia elétrica.

O potencial de conservação e eficiência energética ainda é desconhecido no Brasil, muito em função da falta de informações e dados. De todo modo, as estimativas existentes apontam potenciais de até 25% de economia de energia (EPE, 2012, WWF, 2007). Apesar disso, a eficiência energética não tem sido vista com prioridade pelo

governo, a começar pelo planejamento do setor elétrico. Sucessivamente, os planos decenais de energia têm considerado, em suas análises, apenas os potenciais de eficiência decorrentes de ações autônomas, ou seja, que se enquadram numa tendência natural de futuro.

No entanto, para que a adoção das fontes renováveis efetivamente seja ampliada no País e que a eficiência energética ganhe prioridade, mostra-se necessária uma mudança estrutural da política governamental da área de energia, o que demandaria uma maior clareza sobre as políticas públicas para esse setor.

Mas não só. Falta à sociedade brasileira um debate aberto e amplo sobre quais as escolhas que esta entende mais adequadas ao País, em face dos importantes e variados impactos socioambientais da geração de eletricidade. Essa discussão ganha relevância à medida que o que se vislumbra no futuro próximo é o aumento de *trade-offs* e conflitos socioambientais envolvendo o setor elétrico. Emissões de gases de efeito estufa, degradação da qualidade do ar, escassez de recursos hídricos, perda da biodiversidade, etc. deverão, cada vez mais, e simultaneamente, estar na pauta das discussões e decisões envolvendo o setor elétrico.

## 5. CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA – EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES, DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A MITIGAÇÃO

No SEEG, as estimativas de emissões da atividade industrial dentro do Setor de Energia correspondem àquelas geradas na queima de combustíveis para a geração de energia. As emissões que escapam a esse escopo são contabilizadas na categoria de Processos Industriais, como orienta o Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC).

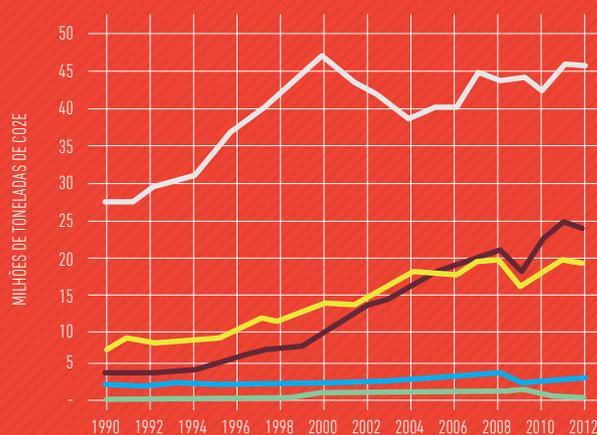
Além disso, para uma avaliação mais abrangente do total de emissões que decorrem da atividade industrial, poderiam ser somadas a essas emissões aquelas oriundas da geração da eletricidade utilizada nas indústrias. No entanto, os dados reportados no SEEG não apresentam todos esses arranjos. Nesse documento, as análises das emissões relacionadas à atividade industrial restringem-se apenas às emissões contabilizadas dentro do Setor de Energia, sem associar as emissões da geração de eletricidade aos ramos industriais.

As emissões oriundas da queima de combustíveis na indústria mais que dobraram no período avaliado, passando de 39,6 milhões de toneladas em 1990, para 91,2 milhões de toneladas em 2012. O petróleo destaca-se como a principal fonte primária, em termos de emissão de CO<sub>2</sub>e, representando 50% em 2012, como mostra o Gráfico 21. É importante salientar que, no que se refere ao carvão mineral, não são contabilizadas as emissões decorrentes de sua utilização como agente redutor (carvão metalúrgico) na indústria siderúrgica, as quais são consideradas na categoria Processos Industriais.

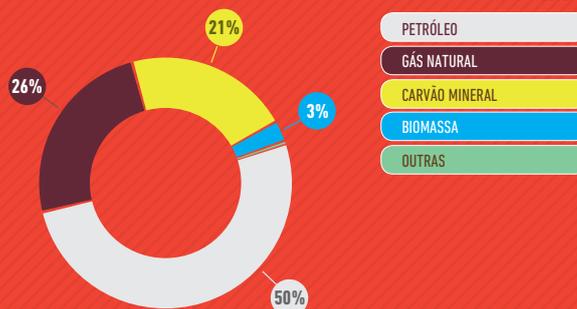
### GRÁFICO 21

EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e DO SETOR INDUSTRIAL POR FONTE PRIMÁRIA DE ENERGIA

FONTE: SEEG 2013



1990 - 2012

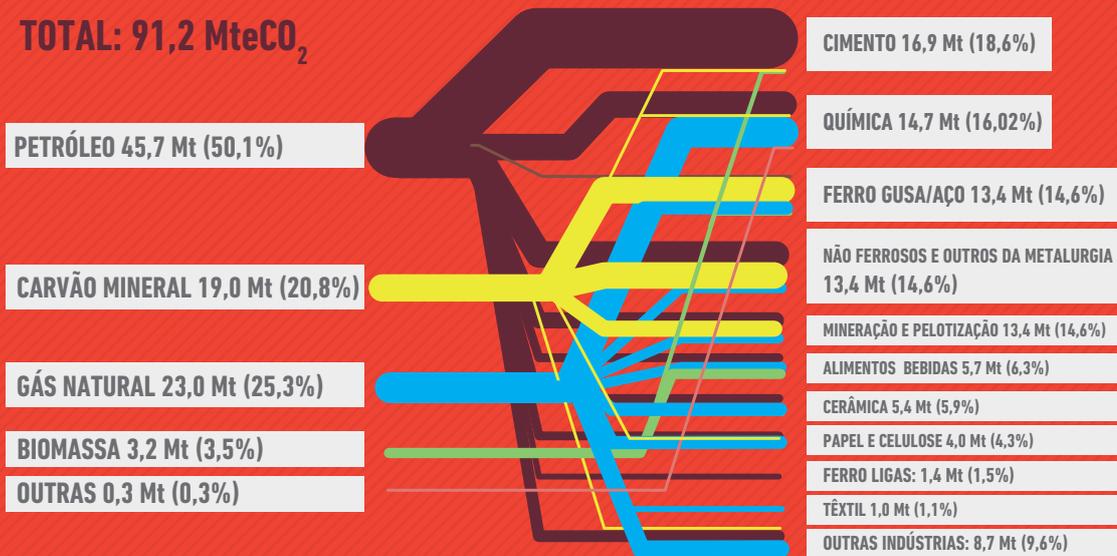


A Figura 3 e o Gráfico 22 mostram que os quatro principais ramos industriais, em termos de emissões, - Cimento, Química, Ferro-gusa e Aço e Não Ferrosos e Outros da Metalurgia - responderam por 57,6 MtCO<sub>2</sub>e, o que corresponde a 63,3% da emissões. A evolução do consumo de combustíveis em cada um destes ramos é mostrada nos Gráfico 23, Gráfico 24, Gráfico 25 e Gráfico 26.

## FIGURA 3

EMISSIONES DE CO<sub>2</sub>e NO SETOR INDUSTRIAL EM 2012

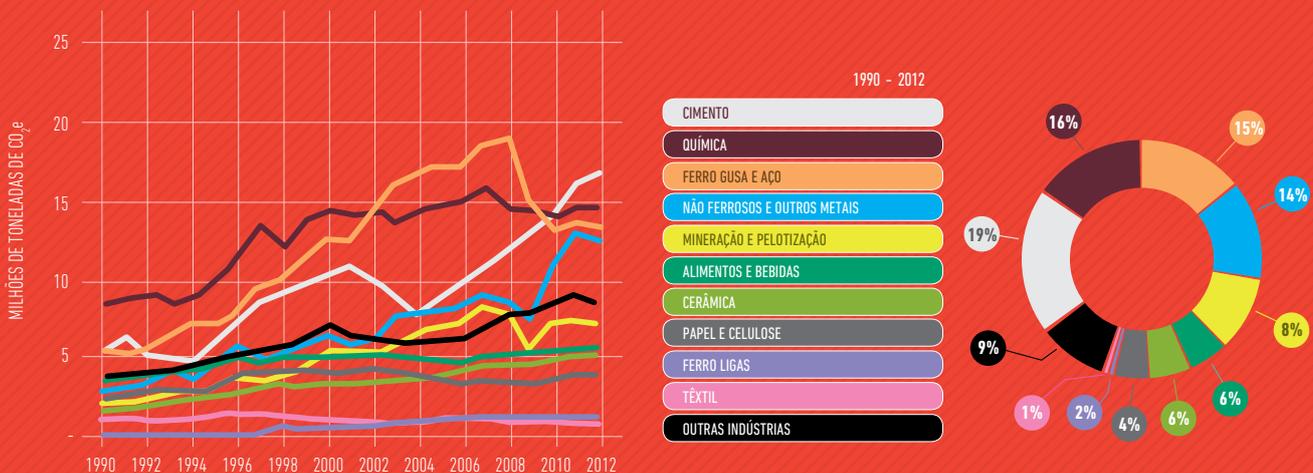
FONTE: SEEG 2013



## GRÁFICO 22

EMISSIONES DE CO<sub>2</sub>e DO SETOR INDUSTRIAL POR RAMO DE INDÚSTRIA

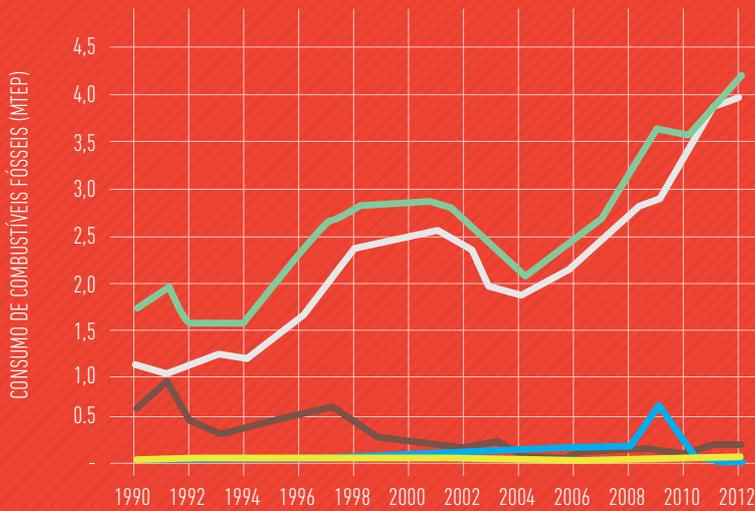
FONTE: SEEG 2013



## GRÁFICO 23

### EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NA INDÚSTRIA DE CIMENTO.

FONTE: ELABORADO A PARTIR DO BEN 2013, ANO-BASE 2012 (IMME/EPE, 2013)



1990 - 2012

DERIVADOS DE PETRÓLEO

CARVÃO MINERAL / DERIVADOS

GÁS NATURAL

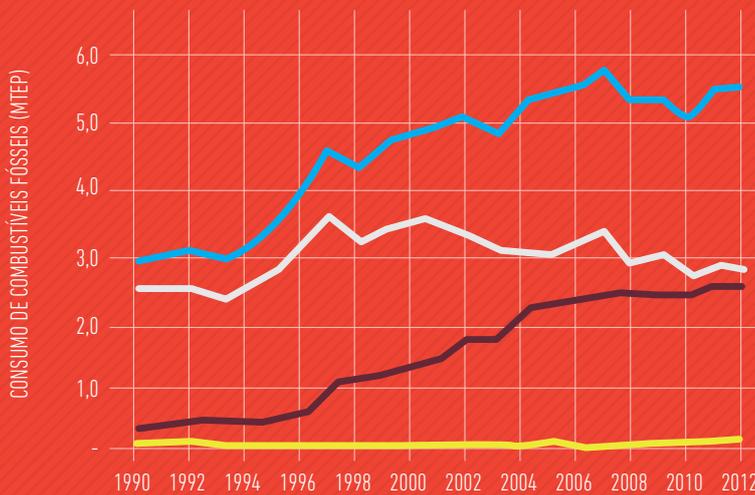
OUTRAS

TOTAL

## GRÁFICO 24

### EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NA INDÚSTRIA QUÍMICA.

FONTE: ELABORADO A PARTIR DO BEN 2013, ANO-BASE 2012 (IMME/EPE, 2013)



1990 - 2012

DERIVADOS DE PETRÓLEO

GÁS NATURAL

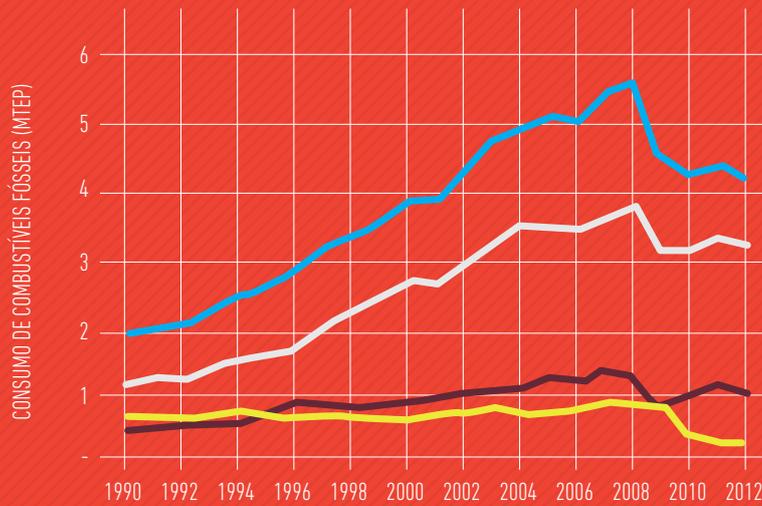
CARVÃO MINERAL / DERIVADOS

TOTAL

## GRÁFICO 25

EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NA INDÚSTRIA DE FERRO-GUSA E AÇO.

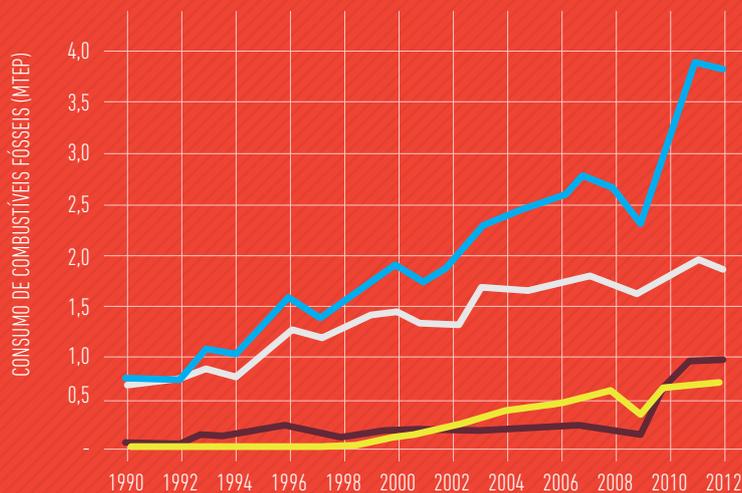
FONTE: ELABORADO A PARTIR DO BEN 2013, ANO-BASE 2012 (MME/EPE, 2013)



## GRÁFICO 26

CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NA INDÚSTRIA DE NÃO FERROSOS E OUTROS DA METALURGIA.

FONTE: ELABORADO A PARTIR DO BEN 2013, ANO-BASE 2012 (MME/EPE, 2013)

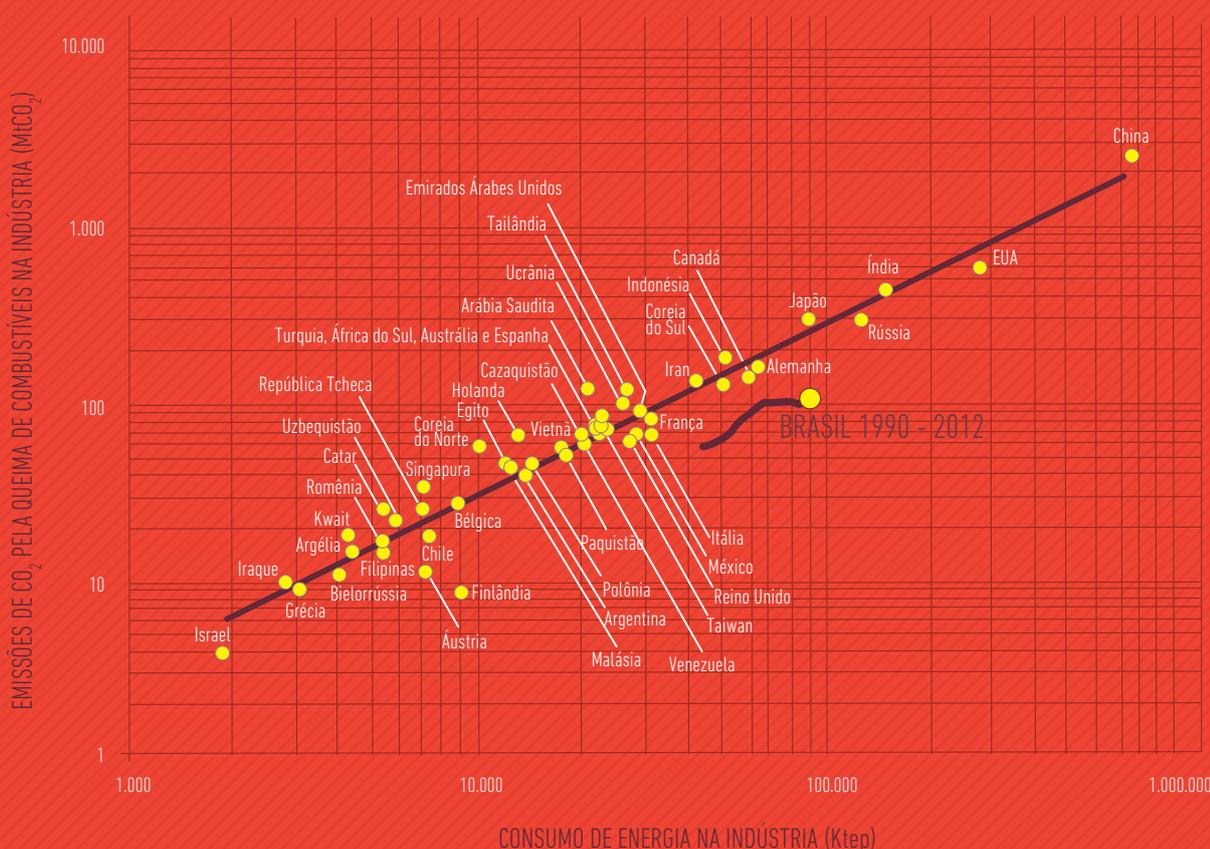


Cabe pontuar o representativo consumo de biomassa nesse setor. Alguns destaques são: o uso de bagaço de cana-de-açúcar na indústria de alimentos e bebidas, o consumo de lixívia<sup>16</sup> na indústria de papel e celulose, além da presença da lenha e do carvão vegetal como fontes complementares de energia em ramos da metalurgia e siderurgia. Esse perfil geral do uso de combustíveis no setor industrial brasileiro, resulta num posicionamento levemente vantajoso, em termos de emissão de CO<sub>2</sub>, quando se compara com a realidade internacional, conforme mostra o Gráfico 27.

## GRÁFICO 27

EMISSÕES E ENERGIA NA INDÚSTRIA DOS 50 PAÍSES MAIS EMISSORES DO SETOR DE ENERGIA.

FORNTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA A PARTIR DE DADOS DO SEEG 2013 E DA IEA (2013)



As emissões provenientes da queima de combustíveis na indústria são responsáveis pela segunda maior parcela das emissões do Setor de Energia brasileiro. Esse setor, evidentemente, não é heterogêneo, e abarca uma grande variedade de ramos industriais, com perfis de consumo de energia e emissões muito distintos. Para identificar as tendências e desafios envolvidos em cada um dos principais ramos industriais, e, quiçá, manifestar algum posicionamento ou recomendação, um aprofundamento maior será necessário.

De qualquer modo, entendemos que uma análise que se volte apenas para as emissões geradas no consumo energético das indústrias mostrar-se-ia limitada, uma vez que uma série de processos industriais é responsável por emissões significativas de gases de efeito estufa.

16 Lixívia ou licor negro é um resíduo, de significativo conteúdo energético, produzido na indústria de papel e celulose na transformação de madeira em pulpa.

## 6. SETOR ENERGÉTICO - EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES, DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A MITIGAÇÃO

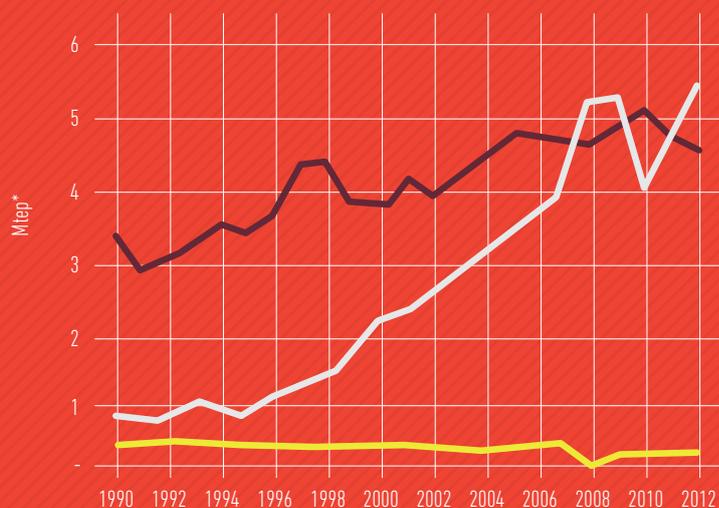
O Setor Energético, delimitado conforme o Balanço Energético Nacional (EPE, 2013) para fins de alocação de consumo energético, refere-se à “energia consumida nos centros de transformação e/ou nos processos de extração e transporte interno de produtos energéticos, na sua forma final”. Enquadram-se nesse setor, por exemplo, os combustíveis nas refinarias e plataformas de petróleo, bem como o bagaço de cana utilizado para prover energia para o funcionamento das utilidades das destilarias de álcool. Além das emissões pela queima dos combustíveis consumidos no setor, são também nele alocadas as emissões fugitivas na extração de carvão mineral e na indústria de petróleo e gás natural.

O Gráfico 28 mostra o consumo de combustíveis fósseis no Setor Energético segundo as fontes primárias de energia. É de se destacar a crescente participação do gás natural no período avaliado, saindo de 15% em 1990 para 52% em 2012.

### GRÁFICO 28

#### CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NO SETOR ENERGÉTICO, POR FONTE PRIMÁRIA

FONTE: ELABORADO A PARTIR DO BEN 2013, ANO-BASE 2012 (MME/EPE, 2013)



% em 2012

GÁS NATURAL 52%

PETRÓLEO 46%

CARVÃO MINERAL 2%

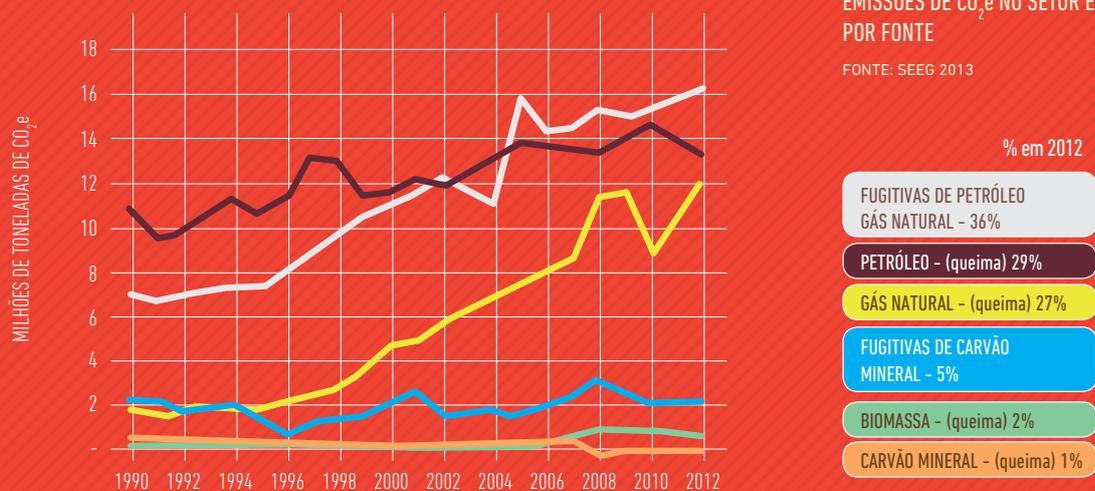
\*Mtep = milhões de toneladas equivalentes de petróleo.

No que se refere às emissões de CO<sub>2</sub>e, predominam as fugitivas (petróleo e gás natural), com 36% das emissões do setor em 2012 (Gráfico 29). Ressalta-se que esse dado deve ser interpretado muito cautelosamente, dada a baixa qualidade das informações disponíveis. As emissões pela queima de derivados de petróleo e de gás natural responderam cada uma por quase um terço das emissões no ano. As demais fontes de emissão - fugitivas da produção de carvão mineral, queima de biomassa e queima de carvão mineral - respondem por parcelas menores das emissões, totalizando menos de um décimo destas.

## GRÁFICO 29

### EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>e NO SETOR ENERGÉTICO, POR FONTE

FONTE: SEEG 2013



Um ponto importante a destacar é a notável predominância das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural nas emissões, respondendo, a grosso modo, por 90% das emissões do setor energético. Esse fato não deve surpreender, dado que a indústria de extração e produção de petróleo e gás natural, além de produtora de energia, é também uma grande consumidora. Como regra geral, aproximadamente 5% da energia produzida é consumida dessa forma, como “uso próprio” (IEA, 2013).

Dito isso, é razoável supor que as grandes descobertas de petróleo e gás no mar (pré-sal), que colocam o Brasil na lista dos países com as principais áreas de exploração do mundo, representará um grande desafio também em termos de mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>.

Algumas estimativas indicam que a quantidade de gás consumida para suportar as operações triplicarão, passando de 2 para 6 bilhões de m<sup>3</sup> em 2035 (IEA, 2013). Além disso, o petróleo do pré-sal contém quantidades significativas de gás natural, com uma elevada porcentagem de CO<sub>2</sub> dissolvido. O destino a ser dado ao CO<sub>2</sub> ainda é incerto, mas, de qualquer modo, é bastante provável que o setor energético venha a aumentar sua participação nas emissões totais de GEE.

Existem incertezas em torno do volume de gás a ser usado na reinjeção de modo a manter a pressão da reserva adequada. As opções para lidar com esse gás estão diretamente relacionadas ao lançamento de CO<sub>2</sub> na atmosfera e à queima de gás no *flare*.

## 7. COMPROMISSOS E AÇÕES GOVERNAMENTAIS

Como forma de cumprir as obrigações de mitigação de emissões de GEE e de adaptação às mudanças climáticas globais, assumida na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), o governo brasileiro tem tomado uma série de iniciativas institucionais e regulatórias. Dentre estas, merecem destaque o **Plano Nacional de Mudanças Climáticas (PMC)** e a **Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC)**.

## 7.1. PLANO NACIONAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Publicado em 2008, e ora em fase de atualização, o PMC delinea uma série de ações em andamento no âmbito do governo e também iniciativas voluntárias tomadas pelos setores produtivos e científicos no País. Dentre as ações em andamento no governo, o Plano lista uma série de programas, a maior parte instituída para outras finalidades que não a mitigação ou adaptação às mudanças climáticas.

No caso do setor de energia, são citados, por exemplo: [1] os investimentos governamentais para aumento da capacidade hidrelétrica, fazendo-se menção expressa a projetos de grande porte nas bacias amazônicas (hidrelétricas de Belo Monte, Santo Antônio e Jirau), cuja implantação é objeto de controvérsias na sociedade brasileira e enfrenta sérias resistências por parte de ONGs, movimentos sociais e até por parte de órgãos do governo; [2] os projetos submetidos ao Proinfa; [3] o programa Luz para Todos, cujo escopo é a universalização do acesso à energia; [4] a expansão da geração nuclear, pela construção da usina de Angra III, objeto de críticas contundentes por parte de vários setores da sociedade; [5] aumento da produção de etanol de cana-de-açúcar.

Tomando tais ações como referencial, o PMC chega a estipular como objetivos específicos:

1. Fomentar aumentos de eficiência no desempenho dos setores da economia na busca constante do alcance das melhores práticas;
2. Buscar manter elevada a participação de energia renovável na matriz elétrica, preservando posição de destaque que o Brasil sempre ocupou no cenário internacional;
3. Fomentar o aumento sustentável da participação de biocombustíveis na matriz de transportes nacional e, ainda, atuar com vistas à estruturação de um mercado internacional de biocombustíveis sustentáveis.

Para alguns desses objetivos, foram estabelecidas metas quantitativas:

- Redução do consumo de energia elétrica em 10% no ano de 2030 em relação a um cenário-base, correspondente a 106 TWh ou 30 MtCO<sub>2</sub>;
- Cogeração pelo uso do bagaço da cana-de-açúcar com participação de 11,4% do total de geração de eletricidade em 2030;
- Redução de perdas não técnicas na distribuição de energia elétrica, nos próximos 10 anos, em 1.000 GWh/ano;
- Aumento do consumo nacional de etanol em 11% ao ano.

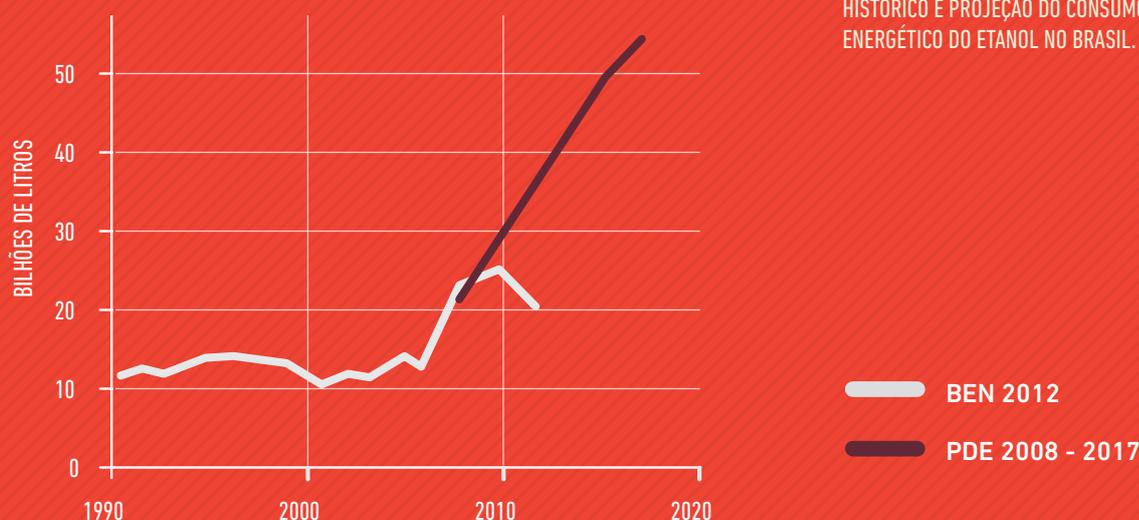
O PMC não deixa claro qual o cenário de referência (linha de base) adotado, a permitir uma análise sobre o andamento dessas metas. Porém, dada sua semelhança com as medidas estabelecidas no **Plano Nacional de Energia 2030** (PNE 2030) e o PDE 2008-2017, infere-se que tal referencial seja o mesmo destes Planos.

Mesmo assumindo essa premissa, a análise do andamento das metas quantitativas apresentadas no PMC ainda se mostra complicada, pois exigiria um exercício de projeções e a obtenção de dados não facilmente disponíveis, o que impediu uma análise mais acurada nesse momento. Para a próxima etapa do SEEG, espera-se que já seja possível uma avaliação mais aprofundada dessas metas.

De todo modo, foi possível obter uma sinalização de pelo menos uma das metas apresentadas no PMC. Como o demonstra o Gráfico 30, evidencia-se uma perspectiva de descolamento entre o consumo efetivo de etanol no Brasil e a perspectiva apresentada no PDE 2008-2017, a mesma que subsidiou a definição da meta de aumento anual de 11% do consumo anual deste combustível.

## GRÁFICO 30

HISTÓRICO E PROJEÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DO ETANOL NO BRASIL.



## 7.2. POLÍTICA NACIONAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) foi promulgada no final de 2009 por meio da Lei 12.187. A PNMC estabeleceu um compromisso voluntário nacional de redução de 36,1% a 38,9% das emissões antrópicas de GEE sobre um cenário tendencial projetado até 2020. Para alcançar esse compromisso, a mesma norma definiu um conjunto de instrumentos de mitigação, que são: o Plano Nacional de Mudanças Climáticas; o Fundo Nacional de Mudanças Climáticas; os inventários de emissões e a Comunicação Nacional; medidas fiscais e tributárias; linhas de crédito e financiamento a projetos e atividades menos intensivas em emissões de GEE; o desenvolvimento de linhas de pesquisa por agências de fomento; as dotações específicas para ações em mudança do clima no orçamento da União; a criação do Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões (MBRE), dentre outros.

Segundo o Decreto 7.390/2010, que regulamenta a PNMC, o total dessas emissões projetadas para 2020 totalizaria 3.236 MtCO<sub>2</sub>e, dos quais 868 MtCO<sub>2</sub>e seriam oriundos do Setor de Energia<sup>17</sup>.

Além de estimar as emissões tendenciais do Setor de Energia projetadas para 2020, o Decreto 7.390/2010 também lista um conjunto de medidas de mitigação a serem viabilizadas, notadamente, a expansão da oferta de energia hidrelétrica, de fontes alternativas renováveis – notadamente centrais eólicas, PCHs e bioeletricidade – e de biocombustíveis; e o incremento da eficiência energética. O Decreto acrescenta que tais medidas deverão ser planejadas e viabilizadas por meio do Plano Setorial de Energia. Este, por sua vez, é identificado como o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), elaborado pela EPE.

O Decreto 7.390/2010, assim, ao estabelecer que o cenário almejado com relação às emissões para 2020 corresponde àquele indicado pelo PDE, sugere que as emissões projetadas nesse plano devam ser consideradas como a “meta” do Setor de Energia apta a contribuir para o alcance do compromisso geral de redução de 36,1% a 38,9% em 2020. Assim, conforme sinaliza a Tabela 2 constante do Anexo do Decreto 7.390/2010, a referida meta corresponderia a um limite de emissões de 680 MtCO<sub>2</sub>e em 2020.

<sup>17</sup> O cálculo das emissões deste Setor fez-se por meio de cenários elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) a partir de modelos de previsão de demanda baseados em estimativas populacionais, econômicas e de evolução da intensidade das emissões (Dec. 7.390/2010, Anexo, item 2).

Segundo as projeções do PDE 2022, a meta será cumprida, conforme dispõe a Tabela 1.

TABELA 1 - EMISSÕES ESTIMADAS DE GEE NA PRODUÇÃO E NO USO DE ENERGIA NO BRASIL

Setores <sup>(1)</sup>	2012	2017	2020	2022
	MtCO <sub>2</sub> e.			
<b>Setor Elétrico<sup>(2)</sup></b>	44	59	80	91
Sistema Interligado Nacional - SIN	24	26	30	33
Autoprodução	20	33	50	58
<b>Setor Energético</b>	27	40	51	56
<b>Residencial</b>	18	21	22	23
<b>Comercial</b>	1	2	2	2
<b>Público</b>	1	1	1	2
<b>Agropecuário</b>	18	22	23	23
<b>Transportes</b>	204	248	280	306
<b>Industrial</b>	106	131	149	161
<b>Emissões fugitivas<sup>(3)</sup></b>	17	27	34	38
<b>TOTAL</b>	437	552	643	702

FONTE: MME/EPE, 2013.

NOTAS:

(1) DE ACORDO COM O BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN)

(2) NÃO INCLUI SISTEMAS ISOLADOS

(3) INCLUI EMISSÕES FUGITIVAS NO TRANSPORTE E PROCESSAMENTO DE GÁS NATURAL E PERDAS NAS ATIVIDADES DE E&P. NÃO INCLUEM EMISSÕES NAS MINAS DE CARVÃO

Como já mencionado, uma análise mais acertada sobre as projeções do PDE quanto ao cumprimento da meta expressa no Dec. 7.390/2010 demandaria a realização de projeções, as quais, nesse momento do projeto SEEG, ainda não se mostram possíveis.

## 7.3 PDE COMO PLANO SETORIAL DE ENERGIA

Independentemente da discussão sobre as metas e compromissos assumidos pelo governo, duas questões principais devem ser colocadas – primeiro, a adequação de se considerar o PDE como instrumento de efetivação das políticas públicas de mitigação de emissões de GEE; e, segundo, a maneira com que este plano aborda as alternativas e oportunidades de se pensar o setor energético a partir da gestão da demanda.

Legalmente, o PDE tem por finalidade subsidiar a formulação, o planejamento e a implementação de ações do Ministério de Minas e Energia (MME), no âmbito da **Política Energética Nacional** (Lei 10.847/2004, art.4º, parágrafo único). Em outras palavras, tal plano tem uma característica indicativa do comportamento futuro do Setor de Energia, não vinculando as decisões do MME e do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

Elaborado anualmente, o PDE apresenta projeções para a demanda e a oferta de energia, por cada uma das fontes, para o horizonte de 10 anos. Quanto à oferta de energia elétrica, essas projeções tomam como base as diretrizes definidas pelo CNPE, notadamente no que diz respeito aos projetos por este considerados como prioritários, os projetos já contratados por meio dos leilões (licitações), e informações que a EPE possui a respeito dos inventários de potencial de energia elétrica (principalmente de base hídrica) e dos estudos de viabilidade econômica realizados pelas empresas interessadas.

Quanto à oferta do petróleo e gás natural e também em relação aos biocombustíveis, o PDE toma como base principalmente os planos de investimentos das principais empresas do setor, isto é, do grupo Petrobras, além de estudos realizados por outras entidades, como a Unica. O planejamento da oferta de combustíveis, assim, coaduna-se a uma perspectiva geral do comportamento de mercado da cadeia de petróleo e gás e dos biocombustíveis, havendo a indicação de projetos prioritários em casos isolados (infraestrutura de refino e dutos específicos, por exemplo).

É de se ver que as características técnicas e legais do PDE tornam suas análises e projeções naturalmente bastante variáveis. Determinados projetos considerados como prioritários no PDE de um ano podem sequer ser mencionados no do ano seguinte. As projeções de demanda e oferta de determinada fonte de energia podem apresentar elevadas variações de um plano a outro.

Os planos decenais mostram-se essenciais como elementos de monitoramento da política energética, posto que informam a situação atual e as projeções do comportamento da demanda e da oferta de energia no País. Têm um papel fundamental para o planejamento do setor energético ao indicarem a necessidade de priorizar ou fomentar determinada fonte de energia, inclusive por conta da orientação de se buscar a redução da contribuição do setor para as emissões domésticas de GEE.

Porém, os planos decenais pouco explicitam sobre qual é a política pública estabelecida para o setor elétrico ou o de gás, petróleo e biocombustíveis. E nem poderia ser diferente, já que o PDE não é a política energética em si, mas apenas traduz as diferentes políticas, programas e medidas governamentais, combinadas com o contexto de realidade desses setores, em projeções de futuro da demanda e da oferta. Em outras palavras, o PDE não estabelece a política energética, apenas a toma como referência para suas análises. A definição e a implementação desta se dão em outra seara – nas deliberações do CNPE, na formatação dos leilões de energia pelo MME, na implementação de programas específicos (como o Proinfa, o Procel, etc.).

Assim, se, pela natureza legal e técnica do PDE, não é de se esperar que ele defina quais as medidas prioritárias, quais os programas e quais as políticas públicas para o setor de energia, o que dizer da inserção de uma perspectiva de baixo carbono nessas políticas, planos e programas.

Ainda que se considere o PDE como o instrumento mais adequado para se prever as políticas de mitigação do setor de energia, a forma como este é apresentado deixa lacunas importantes quanto às oportunidades de conservação da energia, especialmente no que diz respeito ao tratamento de dados e aos aspectos metodológicos.

Este é o caso, por exemplo, das projeções de ganhos de eficiência energética no setor de transportes. O PDE pouco se aprofunda, não deixando explícito de onde virão os ganhos em economia de combustível – se de uma mudança modal, do avanço tecnológico dos veículos, etc. Igualmente, também não está claro como é tratada a divisão dos modais – atual e projetada.

Essas lacunas sinalizam o modo com que este Plano aborda as oportunidades atreladas à demanda. Não há suficiente questionamento quanto ao comportamento futuro da demanda e, assim, não são exploradas, com a devida profundidade, alternativas que poderiam ampliar a conservação energia e redução de emissões. Diante disso, os possíveis efeitos sobre a demanda de energia e as emissões acabam não incorporados nas projeções.

Se o PDE é legalmente considerado o plano setorial de mitigação do setor de energia, deveria explicitar mais as ações em conservação de energia. Dentre estas, pode-se citar, como exemplo do transporte de carga, a priorização dos investimentos em obras com maior potencial de impacto sobre a transferência modal e a análise das condições para estímulo à cabotagem e à navegação interior, etc., medidas estas previstas no

PSTM. Um outro exemplo seria a necessidade de adoção de estratégias para mudança da matriz energética do transporte público coletivo, também recomendada no PSTM.

## 7.4 QUESTÕES DE GOVERNANÇA

Outras questões de governança também se fazem presentes, podendo-se destacar duas – (i) a falta de integração entre os diferentes planos e instrumentos governamentais; (ii) a dificuldade de incorporação dos aspectos socioambientais como elementos indissociáveis do planejamento e atuação setorial.

Como mecanismos adicionais de mitigação das emissões de GEE, o Decreto 7.390/2010 determina também a elaboração de outros Planos Setoriais, dentre os quais, o já mencionado PSTM e o Plano da Indústria. Contudo, a existência de diferentes planos setoriais a abordar a oferta e demanda de energia não é necessariamente sinal de que as medidas neles inseridas serão operacionalizadas, a começar pela dificuldade de se nomear quais os órgãos devem responsabilizar-se por sua implementação.

Tome-se o caso das medidas de eficiência energética nos transportes como exemplo. O PDE assume um avanço em eficiência no horizonte de 10 anos, sem, contudo, detalhar de onde a economia de energia virá e quais os programas e os órgãos que viabilizarão esses ganhos. E nem poderia ser diferente, já que, como vimos, não é este o papel do PDE. O PSTM também aborda a eficiência energética no setor de transportes, mencionando o recente programa Inovar-Auto, mas ressaltando a dificuldade de inserir este e outras medidas no plano por questões de competência administrativa. O Plano da Indústria, por sua vez, também incorpora a eficiência no consumo de energia no setor industrial como um de seus objetivos.

Contudo, nenhum dos três planos explicita, por exemplo, o papel do Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE) quanto à definição de níveis máximos de consumo e mínimos de eficiência para equipamentos e veículos. Também não informam as ações em inovação tecnológica fomentadas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, ou mesmo, pontuam qual a responsabilidade que cabe aos órgãos de planejamento e gestão orçamentária e fazendária quanto à efetivação de mecanismos fiscais cabíveis. Como resultado, eficiência energética de veículos torna-se um tema órfão nesses planejamentos – reconhece-se a importância – mas de fato, não se atribui compromissos com metas objetivas e responsáveis.

Mesmo que exista uma série de argumentos que justifiquem a adoção de políticas para melhoria da eficiência de veículos, em especial os pesados para os quais não existem ações em curso, apenas recentemente com o Plano Brasil Maior (PBM), lançado em agosto de 2011 (BRASIL, 2012), abriu-se uma oportunidade concreta de avançar com alguma regulação. Mesmo assim, há insuficiente convergência deste com os demais planos e políticas setoriais voltados a esse assunto.

É necessário, assim, identificar os pontos de tangência ou mesmo sobreposição com outras políticas e planos, os papéis e o nível de interferências – positivas ou negativas – de outros atores institucionais, e estabelecer um referencial de conhecimento técnico, institucional e operacional para as ações que resultam num desenvolvimento de baixo carbono, socialmente justo e ambientalmente sustentável.

Em tese, a criação do Comitê Interministerial de Mudança do Clima (CIM), pela sua composição, cumpriria este papel de integração entre as políticas, planos e programas setoriais, organizando as medidas a serem viabilizadas para o avanço em direção a um desenvolvimento de baixo carbono. Especificamente, o CIM é que deveria articular as diferentes instâncias governamentais relacionadas ao suprimento e ao consumo de energia, de modo que fosse possível incorporar no PDE o conjunto de políticas, planos e programas do setor de energia, bem como o que aparece nos demais planos e políticas setoriais, com reflexos positivos também no que tange à conservação de energia.

Porém, não é isso que se vê na prática, principalmente considerando que as decisões sobre as políticas públicas setoriais são tomadas em outras instâncias de governo.

Não se está, com isso, dizendo que os planos setoriais são inócuos como instrumentos de mitigação das

emissões de GEE. Basta ver que o processo de elaboração desses planos setoriais, ao ser direcionado para os mais diversos órgãos governamentais, muitos dos quais sem qualquer familiaridade com o trato de questões ambientais, acabou fazendo com que estes mesmos órgãos passassem a ter um primeiro contato com o tema, desafiando-os a adotar novas concepções de planejamento de suas atividades-fim.

Na verdade, pretende-se pontuar que o desenvolvimento efetivamente de baixo carbono, socialmente justo e ambientalmente sustentável só se torna possível, no mundo concreto, à medida que for, efetiva e diretamente, incorporado nas políticas públicas setoriais, desde seu planejamento e em todas as etapas seguintes.

Porém, esse caminho ainda esbarra na carência de condições objetivas dos órgãos públicos – de meio ambiente e os setoriais – de lidar com as questões socioambientais. Como esses órgãos carecem de recursos humanos, institucionais e orçamentários, o risco daí decorrente é de que, na sua atuação, a incorporação de medidas de mitigação de emissões de GEE (e de outros impactos ambientais) não se dê de forma estruturada e contínua, mas só quando há demandas conjunturais específicas, externas ou do próprio governo.

Isso também se diz das condições de acompanhamento e o monitoramento das ações de mitigação. Essas pressupõem informação disponível, atualizada e sistematizada. Contudo, o que se vê é ausência de sistemas de informação e base de dados, aptos a fornecer sequer o diagnóstico da situação atual em muitas áreas, como a de transporte e mobilidade urbana.

## 7.5 POLÍTICAS, PLANOS E PROGRAMAS NO SETOR DE ENERGIA

Ao longo deste documento, foram mencionados, direta e indiretamente, políticas, planos e programas governamentais em andamento no setor de energia a apresentarem algum nível de influência – positiva ou negativa – sobre as emissões de GEE.

Na Tabela 2, buscou-se listar algumas dessas medidas, olhando-as sob a perspectiva da mitigação das emissões de GEE. Como se verá, ainda se mostra necessária uma análise mais aprofundada de parte dessas iniciativas, o que se mostrará possível já a partir da próxima etapa do projeto SEEG. Para esta, também se buscará outras políticas, planos e programas não listados na Tabela.

De todo modo, em linhas gerais, o que se pode dizer é que a maior parte dessas medidas foi estabelecida com objetivos outros que não a mitigação. Algumas até chegam a abordar sua contribuição para a redução de emissões de GEE, mas como resultado secundário de suas ações. Isso só reforça os argumentos apresentados nos itens anteriores deste capítulo, isto é, de que a efetiva mitigação das emissões de GEE depende do quanto esta é incorporada nas políticas, planos e programas setoriais e, num nível mais macro, da configuração de uma política energética clara, transparente e que objetivamente preveja metas voltadas para o desenvolvimento de um setor de energia ambientalmente sustentável, economicamente eficiente e socialmente justo.

As tabelas a seguir seguem a seguinte legenda:

CONSIDERA	INDICADOR	META	DESENHO	IMPLEMENTAÇÃO
Considera <b>mitigação</b> de emissões na política?	Emissão de GEE é considerada <b>indicador de monitoramento</b> da política?	Tem <b>metas</b> que se relacionam com redução de emissões?	O <b>desenho da política</b> induz redução das emissões?	<b>A implantação (ou falta de implantação) da política</b> está reduzindo as emissões? (isso é monitorado?)

TABELA 2 – ANÁLISE PRELIMINAR DAS POLÍTICAS, PLANOS E PROGRAMAS DO SETOR DE ENERGIA À LUZ DA MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE.

POLÍTICAS PÚBLICAS	CONSIDERA?	INDICADOR	META	DESENHO	IMPLEMENTAÇÃO
<b>Políticas, planos e programas com foco na mitigação de emissões de GEE</b>					
<b>Política Nacional de Mudanças Climáticas</b>	Sim. Trata-se da política doméstica de mitigação. Porém, não é específica, tampouco aborda de forma direta as emissões do Setor de Energia. Prevê os planos setoriais como instrumentos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.	Indiretamente sim, uma vez que a PNMC prevê os inventários e outros mecanismos de monitoramento, mas não específicos do Setor de Energia.	PNMC define meta geral. O Decreto 7390/10 define meta específica para o Setor de Energia.	Sim, induz redução se efetivada. Questionamento pode ser feito quanto à assunção do PDE como plano setorial de energia, dada a natureza meramente indicativa deste plano.	Pouco efetiva. Planos setoriais são discutíveis sob perspectiva da real incorporação nas políticas setoriais. Há problemas institucionais, de integração interinstitucional, etc.
<b>Plano Nacional de Mudanças Climáticas</b>	Sim. Estabelece compromissos específicos de mitigação para o Setor de Energia.	Indiretamente sim.	Sim, mas a maior parte é colocada no sentido de um objetivo e não de meta. Alguns informam objetivos em redução de emissão, mas a maior parte indica dados correlatos.	O PMC contempla uma série de medidas que, à época de sua elaboração, estavam em andamento. Prevê, portanto, a implementação de medidas, planos e programas que não estão hoje operacionais ou foram abandonados (por exemplo: o Plano Bicicleta Brasil). Igualmente, o PMC não é colocado de forma a integrar as ações nele previstas, não traz objetivamente quais as instituições responsáveis por conduzir as medidas nele previstas, tampouco como o fariam.	Vide comentário sobre a Política Nacional de Mudanças Climáticas.
<b>Plano Setorial Mudanças Climáticas - PSTM</b>	Sim, indiretamente.	Não.	Elabora e apresenta cenários de mitigação de emissões sem uma consideração do potencial.	Não tem desenho institucional específico para sua condução, pois é um plano de obras, para as quais foi estimada a redução de emissões. Seu desenho apresenta-se primordialmente associado ao planejamento de infraestrutura propriamente.	Pouco efetiva.
<b>Plano Setorial de Mitigação da Mudança Climática para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação</b>	Sim.	Sim.	Estabelece inicialmente como meta de emissões globais para o setor industrial em 2020, redução de 5% o que equivale a 308,16 MtCO <sub>2</sub> e. O cumprimento da meta se dará também por compromissos de redução do consumo de energia.	Medidas previstas no que diz respeito à eficiência energética: 1. Criar selo de eficiência energética para bens de capital. 2. Estabelecer linhas de crédito diferenciadas para equipamentos que ampliem a eficiência em termos de emissões de GEE das plantas industriais ou que promovam a redução de emissões líquidas em projetos de substituição de energia fóssil por renovável. 3. Impulsionar as ações do Plano Nacional de Eficiência Energética voltadas para o setor industrial. Mostra-se necessária integração com o PDE enquanto plano setorial de energia, de modo a evitar sobreposições.	Avaliação da sua implementação demanda análise mais aprofundada.

POLÍTICAS PÚBLICAS	CONSIDERA?	INDICADOR	META	DESENHO	IMPLEMENTAÇÃO
<b>Políticas, planos e programas com foco na mitigação de emissões de GEE</b>					
<b>PDE 2021</b>	Considera de forma abrangente. Legalmente é considerado o Plano Setorial de Energia para a Mitigação de Mudanças Climáticas.	Indicador direto de emissões.	Metas diretas de limite de emissões. O PDE indica um cenário futuro de oferta e demanda de energia no País, quantificando as suas emissões.	O PDE tem caráter indicativo apenas, não influenciando diretamente as decisões tomadas no setor.	O PDE tem caráter indicativo apenas, não influenciando diretamente as decisões tomadas no setor. Não está tendo efeito de redução/desaceleração de emissões.
<b>Políticas, planos e programas voltados para o setor elétrico</b>					
<b>Proinfa (2ª fase)</b>	Não explicitamente. No Decreto 5.025/04, faz-se menção ao MDL.	Não.	Sua segunda fase prevê meta de 3.300 MW com biomassa/eólica/PCH, e, uma vez atingida, o desenvolvimento do Programa será realizado de forma que estas fontes atendam a 10% do consumo anual de energia elétrica no País, objetivo a ser alcançado em até 20 anos, aí incorporados o prazo e os resultados da primeira etapa.	Se aplicado, sim, uma vez que prevê chamadas públicas específicas para biomassa/eólica/PCH, com garantia de pagamento de preços diferenciados.	Incerta. A segunda fase do PROINFA não foi explicitamente anunciada pelo governo. Ao que parece, tem-se efetivado por meio dos leilões de energia.
<b>Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia</b>	Sim, indiretamente, ao imputar ao Poder Executivo o estabelecimento de níveis máximos de consumo específico de energia ou mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País.	Não.	A Lei não define meta, mas cria uma instância institucional - o CGIEE, dando-lhe a atribuição de definir níveis máximos de consumo ou mínimos de eficiência para máquinas e aparelhos.	Em tese, o desenho definido na Lei pressupõe o funcionamento de um grupo interinstitucional, composto por órgãos relacionados ao tema.	Implementação fraca. Na prática, a atuação do CGIEE incorporou a dinâmica e a lógica do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), instituído desde a década de 80 e gerenciado pelo INMETRO. Assim, desde então, foram estabelecidos níveis mínimos de eficiência ou máximos de consumo para motores elétricos e alguns eletrodomésticos, a maioria de caráter voluntário.
<b>Plano Nacional de Eficiência Energética</b>	Sim, de forma indireta, afirmando, em vários trechos, que medidas/planos/programas nele mencionados têm potencial e/ou levam à redução de emissões.	Sim.	Visa contribuir com as metas do PNE 2030, como a de aumento da economia de energia em 10% até 2030.	O desenho é pouco efetivo, já que o plano, na verdade, condensa um conjunto de variadas ações sem as efetivariam.	Ineficaz.

POLÍTICAS PÚBLICAS	CONSIDERA?	INDICADOR	META	DESENHO	IMPLEMENTAÇÃO
<b>Políticas, planos e programas para o setor de transportes</b>					
<b>Política Nacional de Mobilidade Urbana</b>	Sim. Considera o papel da mobilidade para as emissões de GEE e poluentes. Coloca os aspectos ambientais como princípios, diretrizes e objetivos da Política.	Pode-se dizer que sim, pois inclui como instrumento da PNMT o monitoramento das emissões de GEE e de poluentes.	Não.	A política veio como uma diretriz geral. O desenho que lhe dará concretude dependerá de cada município e de como este incorporará estas diretrizes.	Avaliação de sua implementação demanda uma análise mais aprofundada.
<b>Plano Nacional de Logística e Transportes - PNL</b>	Indiretamente.	Não.	Não.	O PNL, coordenado pelo Ministério dos Transportes, é um Plano voltado para mapear e atender a demanda de infraestrutura de transportes no País, e que não se conecta com a agenda clima.	Implementação que demanda longo período de maturação e que não leva, necessariamente, a abatimentos significativos de GEE. O PNL não necessariamente prioriza os modais energeticamente mais eficientes, em detrimento dos menos eficientes como o rodoviário. Isso ocorre, entre outros motivos, porque existe o desafio de atender uma demanda ainda reprimida de cobertura da malha rodoviária nacional, resultando no crescimento desse modal nos anos em que o planejamento alcança.
<b>Plano Brasil Maior e Inovar-Auto</b>	Sim.	Sim, indireto.	Foram definidas metas de eficiência energética para veículos leves. Essas metas devem ser atingidas em 2017. A meta é definida pela massa média ponderada pelas vendas de cada montadora.	O desenho do programa foi pensado dentro de uma perspectiva de aumentar a competitividade da indústria automotiva localizada no Brasil e não propriamente reduzir emissões.  A adesão é voluntária.	A redução do IPI induziu a adesão maciça das montadoras.
<b>Brazil's Action Plan on the Reduction of GHG Emissions from aviation</b>	Sim.	Sim.	Sim, apresenta metas para medidas de mitigação como a gestão do tráfego aéreo e as melhorias na infraestrutura aeroportuária e nas medidas regulatórias.	Sim, apresenta uma série de informações de base para a avaliação e elaboração de medidas de mitigação. No entanto, carece de definições de atribuições institucionais para a tomada de ações.	O Plano de Ação não tem a intenção de se constituir como um "Plano Setorial Doméstico para a Aviação Civil", como definido no art. 11 da Lei 12.187/2009. O documento tem o propósito de reunir informações sobre as emissões da aviação civil e sobre ações planejadas ou já em curso que contribuam para a sua redução.
<b>Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação à Mudança do Clima na Mineração</b>	Sim.	Sim.	Elabora e apresenta cenários de mitigação de emissões.	Sim, apresenta uma série de informações de base e recomendações para a avaliação e elaboração de medidas de mitigação. No entanto, carece de definições de atribuições institucionais para a tomada de ações.	O objetivo geral do plano é o de promover uma análise setorial, por meio de um diagnóstico preliminar, com vistas ao abatimento de emissões de GEE na mineração, mediante iniciativas das empresas.
<b>Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação à Mudança do Clima na Mineração</b>	Sim.	Sim.	Elabora e apresenta cenários de mitigação de emissões.	Sim, apresenta uma série de informações de base e recomendações para a avaliação e elaboração de medidas de mitigação. No entanto, carece de definições de atribuições institucionais para a tomada de ações.	O objetivo geral do plano é o de promover uma análise setorial, por meio de um diagnóstico preliminar, com vistas ao abatimento de emissões de GEE na mineração, mediante iniciativas das empresas.

## 8. REFERÊNCIAS

- CABELLO, A.F., POMPERMAYER, F.M. *Energia fotovoltaica ligada à rede elétrica: atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico – texto para discussão*. Rio de Janeiro: IPEA, 2013.
- CARVALHO, J.F. SAUER, I.L. *Um sistema interligado hidroelétrico para o Brasil*. In Revista de Estudos Avançados, n.27, vol.77, 2013.
- DESHMUKH, R., JACOBSON, A., CHAMBERLIN, C., KAMMEN, D. *Thermal gasification or direct combustion? Comparison of advanced cogeneration systems in the sugarcane industry*. In Biomass and Bioenergy, no prelo. 2013.
- EPE. *Balanco Energético Nacional*. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2013.
- GENTIL, L.V. *Uma investigação com propostas de Marco Legal e de Política Nacional de eletricidade gerada com biomassa residual da cana-de-açúcar*. 124 p. 2013. Relatório (pos-doutorado) – FEM/UNICAMP. Campinas, 2013.
- HOFSETZ, K., SILVA, M.A. *Brazilian sugarcane bagasse: Energy and non-energy consumption*. In *Biomass and Bioenergy* vol. 46, pp.564-573, 2012.
- IEA. *World Energy Outlook 2013*. International Energy Agency, 2013.
- MME/EPE. *Plano Decenal de Energia 2022*. Brasília: Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética, 2013.
- MT. *Plano Nacional de Logística e Transporte*. Brasília: Ministério dos Transportes, 2009.
- MT e MCID. *Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM)*. Brasília: Ministério dos Transportes e Ministério das Cidades (coord.), 2013.
- RICOSTI, J.C.F., SAUER, I.L. *An assessment of wind power prospects in the Brazilian hydrothermal system*. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n.19, pp.742-753, 2013.
- ROQUIM, C.C. *Queimada na colheita de cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos*. Campinas: EmbrapaMonitoramentoporSatélite, 2010.
- SCHIPPER, L., MARIE-LILLIU, C. GORHAM, R. *Flexing the Link between Transport and GHG Emissions*. International Energy Agency, 2000.
- URIARTE, M. YACKULIC, C.B., COOPER, T., FLYNN, D., CORTES, M., CRK, T., CULIMAN, G., MCGINTY, M., SIRCELY, J. *Expansion of sugarcane production in Sao Paulo, Brazil: Implications for fire occurrence and respiratory health*. In *Agriculture, EcosystemsandEnvironment*, v.132, pp. 48–56, 2009.
- MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2010). *Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem Bottom-Up - Relatório de Referência*. Brasília, 2010
- MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2013). *Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil - 2012*. Brasília, 2013.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2013). *Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano-Base 2012*. Brasília, 2013.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (2007). *Relatório Técnico N° 91.377-205 - Ensaio Comparativos de Ônibus Urbanos*. São Paulo, 2007.

## 9. ANEXO 1

### EMISSÕES DE GEE NO SETOR DE ENERGIA (1990-2012), EM MTC

SETOR	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Fugitivas</b>	<b>9,5</b>	<b>9,4</b>	<b>13,5</b>	<b>18,0</b>	<b>17,0</b>	<b>17,1</b>	<b>18,6</b>	<b>18,0</b>	<b>18,0</b>	<b>18,5</b>	<b>18,7</b>
Carvão Mineral	2,4	1,8	2,2	2,0	2,5	2,6	3,3	2,9	2,4	2,5	2,4
Petróleo e Gás	7,1	7,6	11,3	16,0	14,5	14,6	15,3	15,1	15,6	16,0	16,3
<b>Queima de Combustíveis</b>	<b>185,6</b>	<b>227,5</b>	<b>292,4</b>	<b>317,0</b>	<b>322,3</b>	<b>337,6</b>	<b>356,1</b>	<b>334,3</b>	<b>371,3</b>	<b>393,2</b>	<b>421,7</b>
<b>Agropecuário</b>	<b>10,6</b>	<b>13,9</b>	<b>14,5</b>	<b>15,3</b>	<b>15,5</b>	<b>16,5</b>	<b>18,0</b>	<b>17,3</b>	<b>17,8</b>	<b>17,3</b>	<b>17,9</b>
<b>Carvoarias</b>	<b>3,4</b>	<b>2,7</b>	<b>2,4</b>	<b>3,2</b>	<b>3,1</b>	<b>3,2</b>	<b>3,2</b>	<b>2,1</b>	<b>2,3</b>	<b>2,5</b>	<b>2,4</b>
<b>Comercial</b>	<b>2,1</b>	<b>1,6</b>	<b>2,2</b>	<b>1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,8</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,7</b>
<b>Consumo Final Não Energético</b>	<b>6,3</b>	<b>6,9</b>	<b>8,7</b>	<b>8,2</b>	<b>8,0</b>	<b>8,6</b>	<b>8,2</b>	<b>8,2</b>	<b>9,8</b>	<b>9,0</b>	<b>8,8</b>
<b>Geração de Eletricidade</b>	<b>9,4</b>	<b>12,9</b>	<b>26,1</b>	<b>29,0</b>	<b>29,2</b>	<b>28,3</b>	<b>36,9</b>	<b>25,3</b>	<b>38,5</b>	<b>33,1</b>	<b>48,5</b>
Centrais Elétricas Autoprodutoras	3,4	4,1	7,6	8,6	9,0	9,3	10,8	9,1	12,2	13,3	14,1
Centrais Elétricas de Serviço Público	6,0	8,8	18,5	20,5	20,2	18,9	26,1	16,2	26,2	19,7	34,4
<b>Industrial</b>	<b>39,6</b>	<b>49,4</b>	<b>72,2</b>	<b>78,0</b>	<b>79,1</b>	<b>86,4</b>	<b>86,7</b>	<b>80,3</b>	<b>85,3</b>	<b>92,1</b>	<b>91,2</b>
Alimentos e Bebidas	3,8	4,8	5,3	5,0	4,8	5,3	5,3	5,3	5,5	5,7	5,7
Cerâmica	1,8	2,8	3,5	3,9	4,1	4,7	4,8	4,8	5,1	5,5	5,4
Cimento	5,7	6,1	10,6	8,8	9,8	10,9	12,2	13,1	14,3	16,2	17,0
Ferro-Gusa e Aço	5,5	7,4	13,0	17,4	17,3	18,7	19,1	15,0	13,5	13,9	13,4
Ferro Ligas	0,3	0,3	0,7	1,3	1,3	1,5	1,5	1,3	1,4	1,3	1,4
Mineração e Pelotização	2,4	3,3	5,6	7,2	7,5	8,5	8,2	5,8	7,3	7,6	7,3
Não Ferrosos e Outros da Metalurgia	3,1	4,7	6,4	8,1	8,3	8,9	8,5	7,5	11,0	12,9	12,7
Outras Indústrias	4,1	5,0	7,1	6,3	6,3	7,2	8,0	8,1	8,4	9,0	8,7
Papel e Celulose	2,6	3,5	4,4	4,0	3,4	3,7	3,6	3,6	3,9	4,2	4,0
Química	8,7	10,1	14,3	14,9	15,1	15,9	14,5	14,7	14,0	14,7	14,7
Têxtil	1,6	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
<b>Público</b>	<b>0,5</b>	<b>2,1</b>	<b>2,1</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>
<b>Residencial</b>	<b>15,8</b>	<b>17,5</b>	<b>18,7</b>	<b>17,5</b>	<b>17,5</b>	<b>17,9</b>	<b>18,3</b>	<b>18,5</b>	<b>18,9</b>	<b>19,0</b>	<b>19,1</b>
<b>Setor Energético</b>	<b>13,9</b>	<b>14,3</b>	<b>17,6</b>	<b>22,8</b>	<b>23,2</b>	<b>24,1</b>	<b>26,1</b>	<b>27,1</b>	<b>25,1</b>	<b>25,9</b>	<b>26,9</b>
<b>Transportes</b>	<b>83,9</b>	<b>106,3</b>	<b>127,9</b>	<b>139,4</b>	<b>142,9</b>	<b>148,7</b>	<b>155,2</b>	<b>152,6</b>	<b>170,9</b>	<b>191,8</b>	<b>204,3</b>
Aéreo	5,9	7,3	9,5	7,8	7,3	8,0	8,5	8,6	9,7	10,8	11,4
Ferrovário	1,6	1,4	1,2	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,7	2,9	3,0
Hidroviário	3,5	3,5	2,9	3,6	3,5	4,3	4,6	4,3	4,4	4,2	5,0
Rodoviário	72,9	94,1	114,2	126,3	130,5	134,7	140,2	137,8	154,1	173,8	184,8
Automóveis	19,6	29,2	35,0	39,0	41,4	41,2	41,0	40,1	46,2	53,5	61,3
Caminhões	39,0	44,9	53,7	59,9	60,8	63,7	67,4	66,2	72,9	81,3	82,2
Comerciais Leves	3,8	6,0	8,2	8,4	8,7	8,9	9,4	9,5	11,1	13,2	14,9
Motocicletas	1,0	1,1	1,6	2,7	3,2	3,7	4,4	4,7	5,3	5,7	6,3
Ônibus	9,4	12,9	15,7	16,3	16,3	17,1	18,0	17,4	18,6	20,2	20,2
<b>Total Geral</b>	<b>195,1</b>	<b>236,9</b>	<b>305,9</b>	<b>335,0</b>	<b>339,3</b>	<b>354,8</b>	<b>374,8</b>	<b>352,3</b>	<b>389,3</b>	<b>411,7</b>	<b>440,4</b>

## 10. ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS

- FIGURA 1:** Emissões de CO<sub>2</sub>e em 2012: fontes primárias e setores - pg. 8
- FIGURA 2:** Diagrama de Sankey das emissões de CO<sub>2</sub>e dos transportes em 2012 - pg. 10
- FIGURA 3:** Emissões de CO<sub>2</sub> no setor industrial em 2012 - pg. 26
- GRÁFICO 1:** Emissões brasileiras de CO<sub>2</sub>e por setor (1990-2012) - pg. 5
- GRÁFICO 2:** Emissões brasileiras de CO<sub>2</sub>e por setor (2004-2012) - pg. 6
- GRÁFICO 3:** Emissões de CO<sub>2</sub> do setor de energia por fonte primária - pg. 6
- GRÁFICO 4:** Participação das fontes primárias nas emissões de CO<sub>2</sub>: Brasil e média mundial - pg. 7
- GRÁFICO 5:** Perfil das emissões de CO<sub>2</sub> pela queima de combustíveis no Brasil e no mundo em 2010 - pg. 7
- GRÁFICO 6:** Emissões de CO<sub>2</sub>e do setor de energia por segmento de atividade - pg. 8
- GRÁFICO 7:** Participação do consumo de energia no setor Transportes 2012 - pg. 9
- GRÁFICO 8:** Divisão modal no transporte de carga em países selecionados em 2005 - pg. 10
- GRÁFICO 9:** Emissão específica de CO<sub>2</sub> por modal de transporte de carga - pg. 11
- GRÁFICO 10:** Projeção dos momentos de transportes de carga, por modal, no PNLT entre 2010 e 2013 - pg. 10
- GRÁFICO 11:** Evolução das emissões de CO<sub>2</sub>e no transporte rodoviário de passageiros - pg. 13
- GRÁFICO 12:** Evolução do consumo de combustíveis no transporte de passageiros - pg. 14
- GRÁFICO 13:** Evolução da intensidade de uso da frota de veículos no transporte de passageiros - pg. 15
- GRÁFICO 14:** Evolução comparativa da população residente e do número de passageiros transportados por ônibus nas maiores capitais brasileiras (1994 a 2012) - pg. 15
- GRÁFICO 15:** Influência das condições operacionais dos ônibus nas emissões e consumo de combustível - pg. 17
- GRÁFICO 16:** Evolução da geração de energia elétrica por tipo de central elétrica - pg. 18
- GRÁFICO 17:** Evolução da geração de eletricidade de origem não hídrica, por fonte - pg. 19
- GRÁFICO 18:** Emissões de CO<sub>2</sub>e na geração de eletricidade, por fonte primária - pg. 19
- GRÁFICO 19:** Evolução mensal da energia armazenada (hidroeletricidade), por região - pg. 20
- GRÁFICO 20:** Emissões e energia elétrica gerada dos 50 países mais emissores do setor de energia - pg. 21
- GRÁFICO 21:** Emissões de CO<sub>2</sub>e do setor industrial por fonte primária de energia - pg. 25
- GRÁFICO 22:** Emissões de CO<sub>2</sub>e do setor industrial por ramo de indústria - pg. 26
- GRÁFICO 23:** Evolução do consumo de combustíveis fósseis na indústria de cimento - pg. 27
- GRÁFICO 24:** Evolução do consumo de combustíveis fósseis na indústria química - pg. 27
- GRÁFICO 25:** Evolução do consumo de combustíveis fósseis na indústria de ferro-gusa e aço - pg. 28
- GRÁFICO 26:** Consumo de combustíveis fósseis na indústria de não ferrosos e outros na metalurgia - pg. 28
- GRÁFICO 27:** Emissões e energia na indústria dos 50 países mais emissores do setor de energia - pg. 29
- GRÁFICO 28:** Consumo de combustíveis fósseis no setor energético, por fonte primária - pg. 30
- GRÁFICO 29:** Emissões de CO<sub>2</sub>e no setor energético, por fonte - pg. 31
- GRÁFICO 30:** Histórico e projeção do consumo energético do etanol no Brasil - pg. 33
- TABELA 1:** Emissões estimadas de GEE na produção e no uso de energia no Brasil - pg. 34
- TABELA 2:** Análise preliminar das políticas, planos e programas do setor de energia à luz da mitigação das emissões de GEE - pg. 38