

DIRETRIZES PARA UMA  
ECONOMIA VERDE NO BRASIL II

# ENERGIA



# DIRETRIZES PARA UMA ECONOMIA VERDE NO BRASIL II

## MÉTRICA DA ECONOMIA VERDE

### ENERGIA

#### REALIZAÇÃO

Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS  
[www.fbds.org.br](http://www.fbds.org.br)

#### Patrocinadores

Ambev, JSL, Light, Shell, Tetra Pak

#### Coordenação Geral do Estudo

Oswaldo Lucon e José Goldemberg

#### Conselho Curador (FBDS)

Israel Klabin, Fabio Feldmann, Jerson Kelman, José Luiz Alquerés, Maria Silvia Bastos Marques, Philippe Reichstul, Thomas Lovejoy

#### Coordenação Geral (FBDS)

Walfredo Schindler

#### Equipe FBDS

Luís Saporta  
Thaís Mattos  
Fernanda França  
Ricardo Gonzalez  
Liana Gemunder  
Carolina Jaguaribe

#### Projeto e Coordenação Editorial

Dimensione Comunicação Comprometida // [www.dimensione.com.br](http://www.dimensione.com.br)

#### Revisão

Dimensione Comunicação Comprometida

#### Projeto Gráfico e Diagramação

Andrea Coutinho // Dimensione Comunicação Comprometida



## PALAVRA DO PRESIDENTE



Ao longo dos próximos anos, teremos que lidar com situações e escolhas difíceis. O desenvolvimento pautado no uso de combustíveis fósseis, no consumo de bens descartáveis e na exclusão de parte da população mundial dos seus principais benefícios nos conduziu a um presente ambíguo. As inovações tecnológicas aproximam as pessoas, aumentam a expectativa de vida e permitem uma globalização real da sociedade contemporânea. Ao mesmo tempo, estamos cada vez menos saudáveis, mais individualistas e presenciamos o aumento da xenofobia e das barreiras que separam ricos e pobres.

O conceito de economia verde, assim como o desenvolvimento sustentável que o precedeu, tenta reintroduzir elementos importantes que foram sendo negligenciados ao longo dessa nossa caminhada. Seja por idealismo, seja por preocupações com a sustentação de longo prazo das conquistas geradas por nossa civilização, a necessidade de reforma dos paradigmas desse sistema de produção, consumo e inovação tem atraído a atenção de um grupo cada vez maior de agentes sociais. Antes confinado ao meio acadêmico e a algumas organizações não governamentais, o debate tem migrado para o centro decisório de nossa sociedade – isto é, para as grandes empresas e diferentes estâncias de poder local, regional, nacional e internacional.

É exatamente nas contradições desse sistema decisório contemporâneo que encontramos as principais razões para o estado crítico que atingimos, principalmente nos temas ligados ao meio ambiente e à economia. Com instituições cada vez mais globalizadas, operando em todos os continentes do planeta, o atual sistema de soberania concentrado em estados nacionais se mostra ultrapassado para regular tais atividades. Ao mesmo tempo, o aquecimento global atingirá a todos os habitantes desse planeta, onde quer que estejam, ainda que em variados graus de intensidade. Recentemente, constatamos como a poluição na China tem afetado a qualidade do ar na Costa Oeste americana.

Vivemos todos no mesmo planeta e temos que entender os limites que ele nos proporciona. O arcabouço decisório das Nações Unidas, baseado na necessidade de unanimidade e ignorando desvios de conduta, não tem acompanhado os desafios do século XXI. Se nada mudar, novas formas de organização e soberania deverão surgir na esteira de crises cada vez mais graves.

Contudo, há esperança de que possamos evitar os piores cenários previstos por nossos cientistas. A formulação do conceito de economia verde, os eventos internacionais como a RIO +20, o desenvolvimento de tecnologias verdes e a decisão de algumas cidades em tomar as rédeas das ações para o enfrentamento de importantes desafios, têm aberto novos horizontes de luta.

Ao longo dos anos, a FBDS tem contribuído para manter viva essa esperança. O projeto Diretrizes para uma Economia Verde no Brasil é um desses instrumentos que contribuem para o diagnóstico dos problemas, para o desenvolvimento de ferramentas e para o apoio a políticas públicas e privadas. Na primeira fase do projeto, tentamos analisar o atual estágio de importantes setores da economia brasileira face à definição de economia verde descrita pelo PNUMA em seu relatório Towards a Green Economy. A atual fase do projeto concentrou esforços na criação de métricas capazes de avaliar o progresso desses diversos setores na transição para uma economia de baixo carbono, uso sustentável dos recursos naturais e inclusão social. Para isso, contamos com a participação de importantes especialistas nas temáticas abordadas, aos quais apresentamos nosso agradecimento e reconhecimento pela excelência dos respectivos trabalhos.

Métricas e indicadores são ferramentas essenciais para o desenvolvimento de políticas públicas e planejamento privado, pois possibilitam enxergar os reais impactos de tais proposições. Isso permite uma visão crítica e alterações de rumo que aproximam as ações adotadas de seus objetivos. O uso de indicadores bem estruturados é notadamente um ato de boa gestão e deve ser defendido e ampliado nas diferentes dimensões de nossa organização social.

Esperamos que esses cadernos possam enriquecer o debate sobre a sustentabilidade da economia brasileira e, principalmente, possam servir para que governos e empresas construam políticas que contribuam para a transição que tanto almejamos.

Gostaríamos de agradecer, uma vez mais, aos nossos parceiros de sempre, empresas realmente engajadas na busca da sustentabilidade planetária e cujo suporte financeiro e institucional tornou possível este trabalho: em ordem alfabética, AMBEV, JSL, LIGHT, SHELL e TETRA PAK. Esperamos continuar mercedores de sua confiança.

*Israel Klabin, presidente da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS)*

## PALAVRA DO AUTOR

A Economia Verde é um tema intuitivamente muito bem recebido por todos os setores da sociedade. Não há quem se oponha a uma maior eficiência no uso de recursos naturais, a um aumento da competitividade, a uma melhor inclusão das camadas menos favorecidas e à diminuição da poluição, bem como a uma melhor resiliência da produção e da infraestrutura a eventos climáticos extremos.

No que se refere à Energia, é bastante claro o fato de que no futuro o Brasil precisará de fontes mais limpas, seguras e estáveis. Clara também é a importância da inovação tecnológica e da competitividade nos diversos mercados, que tendem a incorporar restrições a produtos e serviços que não atendam a requisitos de sustentabilidade.

Se tais argumentos são praticamente um consenso, então por que o país não segue nessa direção?

Não se trata propriamente de custos, uma vez que temos programas de sucesso estabelecidos há várias décadas que hoje são modelos em escala global. Os benefícios de hoje foram custos no passado. Diversos países já atentaram para esse fato e investem pesadamente em aumento da eficiência e na obtenção de energia através de fontes renováveis. Investem também em inovação e procuram possíveis “saltos” tecnológicos para vencer etapas intermediárias.

Diversos custos não são capturados por visões de curto prazo: a energia que falta, a perda de tempo com transporte inadequado, a preferência do consumidor por produtos importados mais competitivos, a pressão sobre o sistema de saúde causada pela poluição, a crescente incidência de perdas associadas a eventos climáticos extremos.

Nesta perspectiva, o presente trabalho enfoca o setor energético, buscando no longo prazo tanto o crescimento (“economia”) quanto à sustentabilidade socioambiental (“verde”).

A métrica proposta possui uma série de indicadores, tanto em termos de limites (“tetos” absolutos) quanto de intensidades (benchmarks, em geral relacionando produção ou emissões por unidade de energia consumida). Tais indicadores são internacionalmente reconhecidos e permitem um acompanhamento das políticas e medidas aplicadas ao planejamento energético.

Às vésperas de um novo acordo climático global, as recomendações aqui postuladas apontam caminhos ambiciosos porém necessários para uma transformação de nossos sistemas. Seguidas, permitirão que o Brasil se situe numa rota mais positiva na adequação à capacidade de suporte do meio ambiente, na competitividade econômica e no bem estar das gerações presentes e futuras. Tendo em vista o momento atual, com importantes mudanças nos cenários econômicos e geopolíticos globais, é bastante pertinente esta reflexão.

*Oswaldo Lucon e José Goldemberg*

# INTRODUÇÃO

Este estudo aborda a **métrica da Economia Verde para o Setor Energia**, baseando-se em dois relatórios da Coleção de Estudos Diretrizes para uma Economia Verde no Brasil ([www.fbds.org.br](http://www.fbds.org.br)), que apresentam importantes recomendações à sociedade civil.

No primeiro, intitulado “Opções tecnológicas em energia: uma visão brasileira”, Nogueira e Costa (2012) fazem uma análise com enfoque mais tecnológico do contexto energético brasileiro, revendo os potenciais e quadros institucionais para a expansão das fontes com menores emissões líquidas associadas de carbono, bem como o uso racional e eficiente dos recursos naturais. O segundo, “Energia e Economia Verde: Cenários Futuros e Políticas Públicas” (Schaeffer et al, 2012), projeta para o futuro a mudança nos perfis da matriz energética nacional.

O foco do relatório presente está na **mensuração**. Este trabalho busca o acompanhamento e a propositura de metas quantitativas, com ações associadas de curto prazo que possam sinalizar com clareza que o processo de transição já está em marcha.

Os indicadores de Economia Verde são, assim, apropriados para a realidade energética, suficientemente simples e consagrados por estudos em nível global. Atualmente o país é uma referência no contexto mundial quando se trata do uso de fontes renováveis de energia, o que implica uma considerável descarbonização da economia pela substituição dos combustíveis fósseis. Tanto pelo contexto socioambiental quanto pelo de competitividade econômica, é crucial para o país manter e ampliar essa vantagem. Como será visto, muito se pode fazer ainda em termos de eficiência energética – obtenção do mesmo serviço final com menor quantidade de recursos naturais – permitindo consideráveis ganhos adicionais.

O desenvolvimento socioeconômico do país tem diante de si várias trajetórias possíveis no que se refere à sustentabilidade e segurança energética, mas é preciso que os brasileiros entendam como mensurar esse progresso. Este é o objetivo do presente trabalho.

## SUMÁRIO

Uma análise nos planos energéticos oficiais do governo sob a ótica tecnológica e de cenários indica que o Brasil pode se beneficiar com metas e prazos mais tangíveis e ambiciosos em diversos setores relacionados à produção e consumo de energia. Os critérios para a definição desses indicadores incluem a abrangência e simplicidade. Para permitir o fácil acompanhamento, o presente trabalho propõe uma métrica para o Setor Energético no sentido amplo. Para a implantação de políticas e medidas, a análise enfoca seus principais subsetores de uso final – indústrias, transportes, residências e comércio, agricultura.



## HISTÓRICO

Desde o Clube de Roma (1968) e especialmente após a publicação do relatório *Nosso Futuro Comum* (UN, 1987), os limites planetários e o *desenvolvimento sustentável se tornaram* base para a definição de políticas e medidas nos diversos países (UNCED, 1997).

Particularmente relevante para o setor energético é a intensificação do efeito estufa pelas emissões de gases derivados da queima de combustíveis fósseis e desmatamento, principalmente o dióxido de carbono ou CO<sub>2</sub> (IPCC, 2013). Tais emissões precisam ser severamente reduzidas por todos os países, como preconiza a Convenção-Quadro para a Mudança do Clima de 1992, em cujos acordos as temperaturas médias globais não devem aumentar acima de 2 graus centígrados até o final do século (UNFCCC, 2013). As negociações prosseguem buscando um acordo global e vinculante, que possivelmente alocará cotas atmosféricas (orçamentos de emissões) de cada país.

Em 2002, o Brasil protagonizou a Cúpula da ONU sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+10), realizada em Joanesburgo, África do Sul em 2002 (WSSD, 2010) a discutir pela primeira vez explicitamente a interrelação entre energia e desenvolvimento, propondo metas globais mandatórias para parcelas de fontes renováveis na matriz mundial (UNDESA 2013a, Lucon e Coelho 2002).

Dez anos mais tarde, o Brasil sediou a Rio+20, também sob os auspícios da ONU, que abordou o tema da Economia Verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza (UN 2011 e 2012, UNDESA 2013 a,b,c , The World We Want 2013), prevenindo que uma meta global para *energia universal e limpa* seja contemplada nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, a serem acordados até 2015.

Refletindo todo esse processo, diversas iniciativas e organizações (Rockström J et al. 2009, UNDESA 2001, IAEA 2005 e 2006, OECD 2012a,b , OECD2013a,b, UNDP 2011, 2012 e 2013, GFN 2013, Seroa da Motta, 2012) buscam desenvolver um conjunto de indicadores para medir e avaliar os aspectos de todas essas interrelações.

Os principais problemas do setor energético brasileiro são a segurança no fornecimento, riscos e incertezas sobre futuros projetos de grande porte, em particular as hidrelétricas na Amazônia, a exploração do petróleo da camada pré-sal na plataforma oceânica e a possível retirada de gás de xisto pelo rompimento de rochas próximas a grandes aquíferos.

Para aliviar essas pressões, as principais ações são a conservação de energia (eficiência nos usos finais, principalmente), a descarbonização da matriz com o desenvolvimento das potencialmente abundantes porém ainda pouco exploradas fontes renováveis “modernas” de energia (eólica, solar, biomassa e até geotermal) e a resiliência de todo o sistema, através da integração energética (como por exemplo através de microgeração distribuída e redes inteligentes). Para que isso aconteça, a primeira revolução é comportamental, aceitando proativamente essas perspectivas e refletindo-as nos planos e regulamentações.

## ESCOLHENDO OS INDICADORES

As premissas de um sistema de acompanhamento da sustentabilidade energética no Brasil devem levar em conta os tipos de serviços finais proporcionados pela energia, a energia total necessária para suprir tais serviços e as respectivas fontes de energia. Além disso, é preciso considerar custos, tecnologias, questões de acesso universal, equidade no uso e os impactos socioambientais da cadeia de produção e consumo de energia. Há muitas fontes de informação disponíveis para o setor energético.

Os relatórios da Série FBDS apontam indicadores e quantitativos de aplicação já consagrada, ancorada principalmente nos balanços energéticos e nas projeções disponíveis (EPE 2012, IEA 2013)<sup>i</sup>.

Adicionalmente, bases de informações sobre Economia Verde (também chamada *de crescimento verde*) permitem visualizar aspectos importantes no que se refere à Energia, comparando o Brasil com outros países (Brandt 2012, Padoan 2012, OECD 2012a,b, OECD 2013a,b, UNSD 2013).

Em geral, as abordagens para o setor energético são globais, do tipo *topdown* (ou “de cima para baixo”), perdendo precisão no que se refere aos usos finais, ou energia útil (Alvim et al, 2000)<sup>ii</sup>. Políticas energéticas frequentemente se baseiam em cenários que projetam para o futuro as chamadas *identidades* – cálculos que multiplicam os efeitos de aumento da população, afluência ao consumo, tecnologias disponíveis e fatores de impactos incorridos (Ehrlich et al 1971, Kaya e Yoboroki 1993). Calculando dessa forma, as análises de identidades apontam que à medida que aumenta a demanda por serviços energéticos devem também

ocorrer maiores impactos, a menos que ocorram ações de *desacoplamento* ou *dissociação* entre os fatores. Por exemplo, segundo a UNIDO (2011), o desacoplamento na relação entre uso de recursos e PIB reduziria a proporção atual à metade até 2030 e a um quinto até 2050 nos países em desenvolvimento. O desacoplamento é a essência da Economia Verde e do Desenvolvimento Sustentável: a habilidade de crescer economicamente sem o correlato aumento nas pressões socioambientais, portanto evitando comprometer o acesso de futuras gerações aos ativos atuais.

O desacoplamento nos países em desenvolvimento pode ser aprendido a partir dos avanços já verificados nos países desenvolvidos. Sob a ótica da Economia Verde, é uma oportunidade de aprendizado rápido para as economias emergentes, permitindo um maior acesso a bens e serviços pelas populações de menor renda com ganhos de eficiência e inovação também em outras camadas e setores. Muitas vezes, essas medidas são consideradas sem exequibilidade prática. Por outro lado, argumentos protecionistas encaram o desacoplamento como uma mera contingência do crescimento histórico, pelo qual os países desenvolvidos poluíram no passado e que tal caminho é inexorável para as economias emergentes. Estudos mais conservadores procuram captar somente o desacoplamento (notadamente a eficiência e a descarbonização) de uma forma praticamente inercial (também chamada de *business-as-usual* ou BAU). Isso ocorre por uma série de fatores, como a fragmentação da tomada de decisões, cronogramas determinados por questões políticas, proteção a setores tradicionais da economia e outros. A discussão entre “o que se deseja” e “o que é possível” frequentemente pende para a manutenção do *status-quo*, raramente levando à formação de marcos regulatórios mais ambiciosos que ampliam os efeitos de desacoplamento (Januzzi et al 2006, Gazeta Mercantil 2006, Bermann e Veiga 2002, EPE 2008a). No caso do Brasil, muitos indicadores apontam para impactos mais intensos que o crescimento projetado para população e renda, refletindo a necessidade de políticas mais vigorosas de desacoplamento. Um bom referencial para tal dissociação está no PIB per capita, cujo crescimento deve servir de base para maiores reduções nas intensidades energéticas por produto da economia. Outra expressão importante do desacoplamento está entre o desenvolvimento e o nível de impactos ambientais. Em particular, a redução das emissões de *gases de efeito estufa* implicam a o desacoplamento através da descarbonização e da eficiência.

Nem todos os efeitos são capturados pelo desacoplamento. Considerável parcela dos impactos socioambientais da energia se reflete localmente, o que requer análises mais rigorosas de impacto ambiental considerando as peculiaridades do meio e a abordagem por tipo de poluente ou consumo de recursos naturais<sup>iii</sup>.

## MACROINDICADORES

Comparando vários países, as bases de dados para a Economia Verde da OECD (2013) propõem dois principais indicadores macroindicadores para o Setor Energia: a **produtividade da energia** (que reflete a eficiência energética) e a **produtividade de carbono** (que reflete as emissões da matriz).

Como mostra a Tabela 1, o Brasil possui produtividades relativamente altas comparadas às de outros países. Isso se dá, dentre outros fatores, graças à forte presença de fontes renováveis na matriz e de uma relativa eficiência decorrente da mais recente industrialização de nossa economia.

Tais indicadores podem ser vistos em termos comparativos entre países, mas é também importante aferir sua evolução temporal. Não deixa de ser um sinal de alerta a forma com que ao longo do tempo as produtividades brasileiras, tanto da energia quanto de carbono, poderiam ser mais pronunciadas no período entre 2010 e 2021.

Tabela 1. Indicadores para a Economia Verde: produtividade carbônica e da energia.

	Intensidade Energética da Economia (tep/000 2010 US\$ PIB PPP)					Intensidade Energética da Economia (tep/000 2010 US\$ PIB PPP)				
	2001	2010	2021 (previsão)	Varição 2010-2001	Varição 2021- 2010	2001	2010	2021 (previsão)	Varição 2010-2001	Varição 2021- 2010
Mundo	0.179	0.173	-	-4%	-	0.418	0.400	-	-4%	-
OCDE	0.164	0.136	-	-17%	-	0.373	0.309	-	-17%	-
Alemanha	0.134	0.109	-	-19%	-	0.328	0.255	-	-22%	-
Argentina	0.112	0.118	-	6%	-	0.224	0.264	-	18%	-
<b>Brasil</b>	0.119	0.127	0.124	7%	-3%					
Canadá	0.224	0.191	-	-15%	-	0.463	0.409	-	-12%	-
Chile	0.134	0.118	-	-12%	-	0.261	0.273	-	4%	-
China	0.179	0.236	-	32%	-	0.485	0.727	-	50%	-
Coréia	0.216	0.173	-	-20%	-	0.485	0.391	-	-19%	-
EUA	0.187	0.155	-	-17%	-	0.470	0.373	-	-21%	-
França	0.142	0.127	-	-10%	-	0.209	0.173	-	-17%	-
Índia	0.149	0.164	-	10%	-	0.276	0.391	-	42%	-
Japão	0.127	0.118	-	-7%	-	0.269	0.264	-	-2%	-
México	0.142	0.118	-	-17%	-	0.328	0.273	-	-17%	-
Reino Unido	0.134	0.091	-	-32%	-	0.313	0.218	-	-30%	-

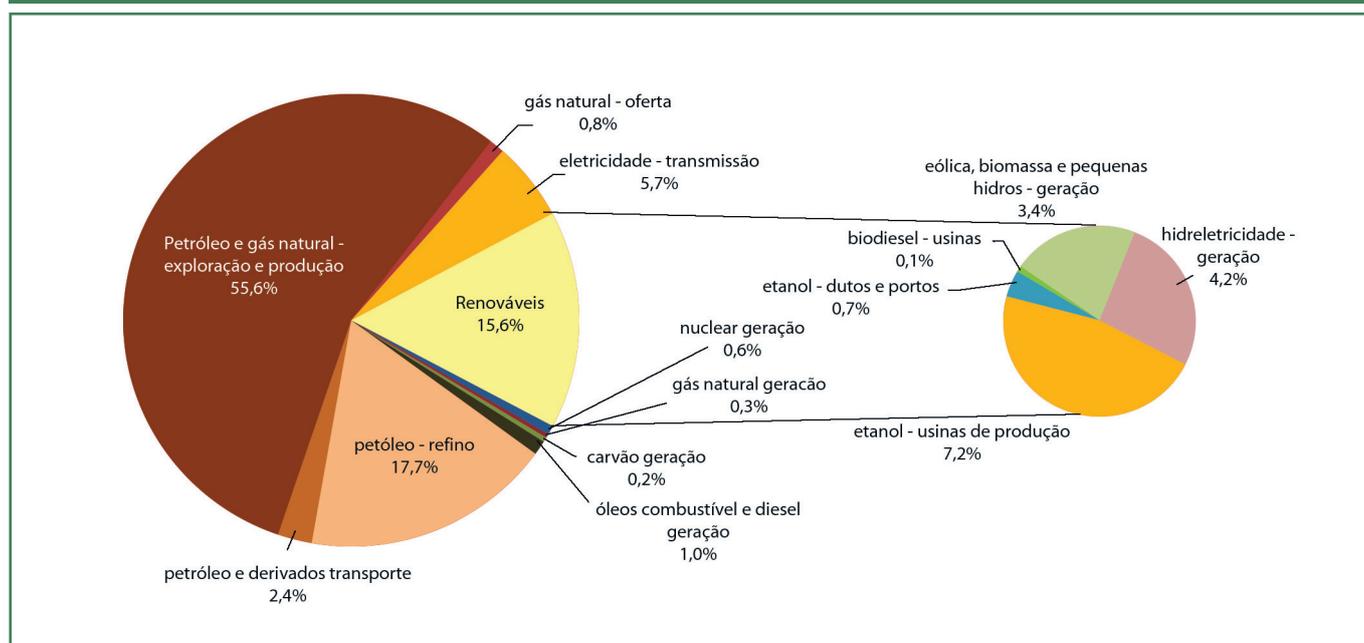
Fonte: Cálculos dos autores a partir de IEA (2003, 2012) e EPE (2012), considerando o PIB pelo poder de paridade de compra, dólar norte-americano médio de 2010 e toneladas equivalentes de petróleo (tep) referentes à oferta interna de energia (OIE).

## ECONOMIA VERDE E COMPETITIVIDADE

Um indicador claro da Economia Verde é o aporte (total e proporcional) de recursos financeiros para a eficiência energética e para as fontes renováveis de energia.

No Brasil, a distribuição dos investimentos oficialmente previstos para o período 2012-2021 aponta para a priorização das fontes fósseis (Figura 1). A produção intensificada de petróleo pode gerar importantes receitas de exportação à medida que aumenta o preço do produto no mercado internacional. Contudo, os custos de obtenção também são crescentes e há o risco de comprometimento da infraestrutura nacional por muitas décadas, numa espécie de travamento (*lock-in*) em fontes fósseis e poucos ganhos de eficiência. No horizonte 2050, as emissões devidas ao *lock-in* do setor energético brasileiro é estimado em algo entre 4000-6000 Mt CO<sub>2</sub>eq. por La Rovere et al (2010), isto é, 2 a 3 vezes o que o país emitiu em 2005, considerando o desmantelamento da Amazônia (MCT 2009, 2010). O quadro pode ser ainda mais agravado se houver no país a exploração de gás natural a partir das rochas de xisto e a expansão das termelétricas a carvão mineral (Luna 2013, OESP 2013).

Figura 1. Percentuais dos investimentos do país – R\$1,1 trilhão no período 2012-2021 - em energias renováveis, combustíveis fósseis, geração nuclear e em transmissão de eletricidade.



Fonte: Elaboração própria, a partir de EPE, 2012.

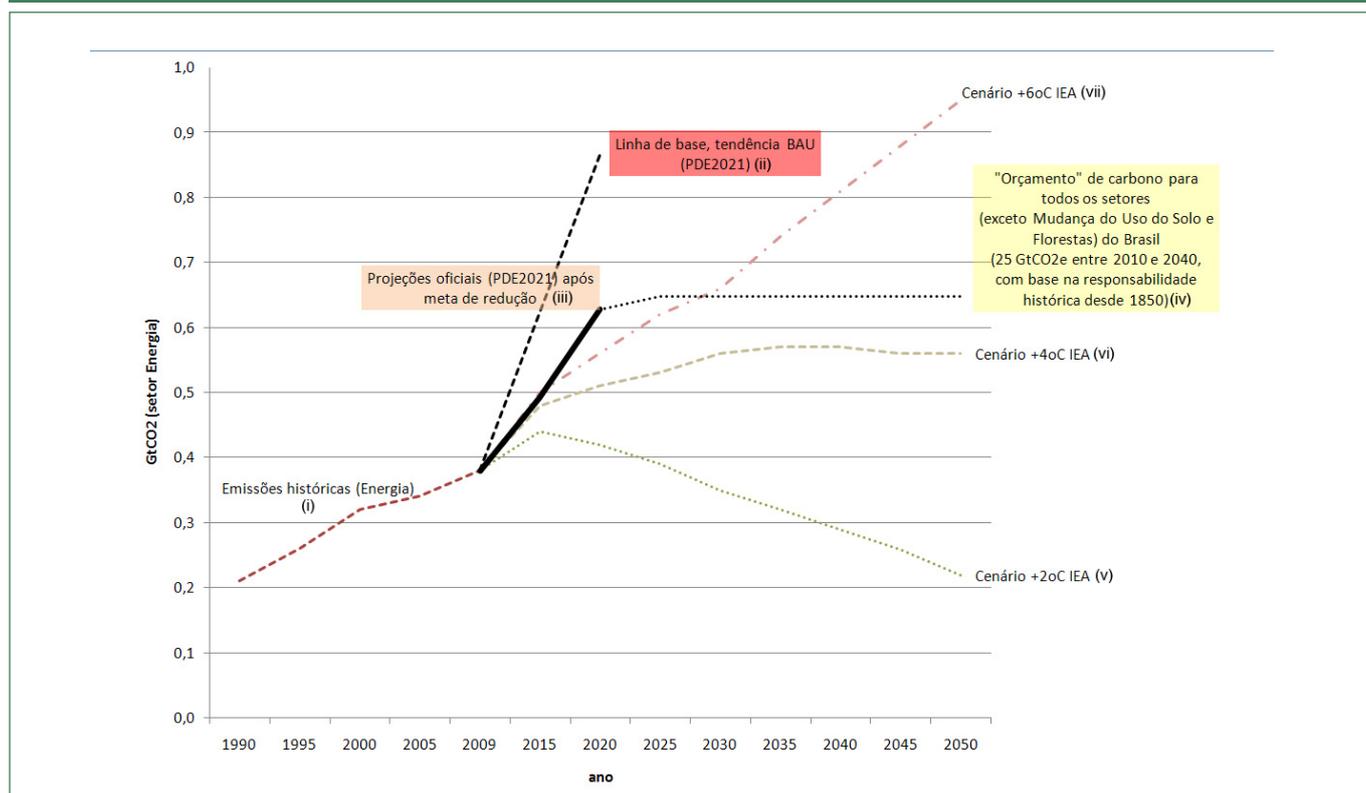
Apesar de estar em uma situação relativamente vantajosa quanto à renovabilidade e eficiência de sua matriz energética, o Brasil precisa atentar para os indicadores que apontam para uma perda relativa de competitividade. Em 1977, a revista *The Economist* cunhou o termo *doença holandesa* para caracterizar o fenômeno de desindustrialização daquele país, provocada pela entrada de divisas internacionais provenientes da comercialização de uma riqueza natural abundante, no caso o gás natural descoberto no Mar do Norte. O efeito se repetiu no Chile, na Nigéria e em outros países e pode estar ocorrendo no Brasil, que nos últimos anos testemunhou uma acentuada valorização cambial e de reprimarização (comoditização) da pauta exportadora (Strack e Azevedo, 2012). A desindustrialização ocorre devido à redução na competitividade do setor industrial exportador no mercado internacional, diminuindo a participação da indústria no PIB do país e a participação do emprego industrial no emprego total (Strack e Azevedo, 2012). Estudo da consultoria Ernst & Young (2012) sobre a atratividade para investimentos em energias renováveis coloca o Brasil na décima posição geral, em um grupo de 40 países. Nossos pontos mais fortes, biomassa e eólica em terra (*onshore*), nos situam respectivamente na sétima e nona posições, em todos os casos atrás de China e Índia.

Como será apresentado mais a seguir, a economia brasileira pode pensar num futuro menos concentrado em grandes obras de infraestrutura, menos protecionista em relação a meios convencionais de produção e menos conservador na tomada de decisões. Consideráveis benefícios tangíveis e intangíveis podem ser obtidos pela busca mais arrojada da eficiência energética, pela efetiva priorização da exploração das fontes renováveis, pela diversificação e integração da matriz energética, pela reciclagem de produtos e insumos e por todas as formas de racionalização da demanda (Abividro 2013, BBC Brasil 2013, CNI 2009 e 2011, Fialho 2010, Henriques 2010, IPCC 2011).

## EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> EM ENERGIA NO BRASIL

Em termos de emissões no setor Energia o Brasil segue uma trilha insustentável (Figura 2) e deveria rever suas metas oficiais de redução, de forma a corrigir uma linha de base inflada e definir um prazo para a inflexão de suas curvas. Dessa forma, consistentemente com a estabilização da temperatura média global até o final do século em não mais que +2°C, pelas projeções da IEA (2013), o Brasil deveria retornar suas emissões de CO<sub>2</sub> pelo Setor Energia aos níveis de emissões do ano 2005, até o ano 2030; e aos níveis de emissões do ano 1990, até o ano 2050. Esses números são meros indicativos e dependerão do rumo das negociações, mas podem balizar um estudo de metas para o país, mais ambiciosas que as da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Brasil 2009, 2010) e os atuais planos de migração (MMA 2013 a, b). Valores menos ambiciosos dependeriam de trocas (*trade-offs*) entre orçamentos de carbono de países, por conta de responsabilidades alocadas ou mitigação

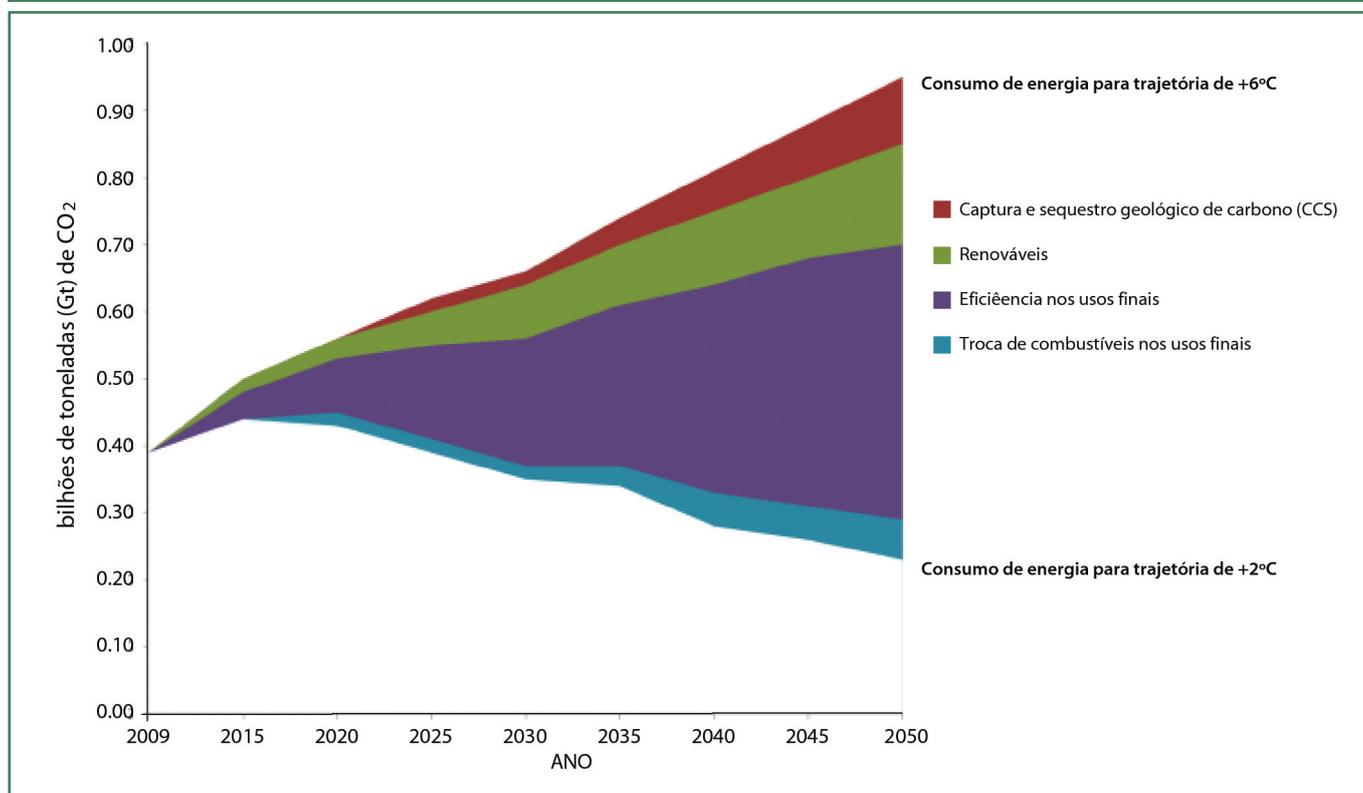
Figura 2. Emissões de CO<sub>2</sub> pelo Setor Energia brasileiros: (i) históricas até o ano 2009; (ii) tendenciais (business-as-usual ou BAU) interpoladas linearmente; (iii) previstas após mitigação; (iv) "orçamento" de emissões para o Brasil em todos os setores (exceto florestas e uso do solo) baseado na responsabilidade histórica desde 1850; (v) projeções da Agência Internacional de Energia consistentes com as trajetórias de aumentos da temperatura média global no século XXI de 2°C; (vi) idem, 4°C e; (vii) idem, 6°C.



Fonte: Elaboração própria, com base em EPE, 2013, Kanitkar et al., 2013 e IEA, 2013.

em outros setores; (IISD 2012 e 2013, Kanitkar et al 2013, Miguez e Oliveira 2011, Goldemberg e Guardabassi 2012, Gosseries 2004, UNFCCC 2013). Em perspectivas consistentes com o relatório de Shaeffer et al (2010) para a Série FBDS, a Agência Internacional de Energia também aponta estratégias possíveis para as reduções de emissões brasileiras entre os cenários de +2°C e +6°C, por meio de diversas rotas tecnológicas, como mostrado na Figura 3. A revisão da meta nacional deve partir de novos planos energéticos, normativas ambientais como o licenciamento de empreendimentos e os de emissões veiculares. Setores econômicos devem estar alertas a essas circunstâncias, evitando o efeito de comprometimento de longo prazo da infraestrutura nacional com uma rota carbono-intensiva.

**Figura 3. Emissões do setor energético no Brasil (bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano): históricas, tendenciais (BAU para um aumento de 6°C na temperatura global) e com opções tecnológicas de mitigação para atingir uma trajetória consistente com um aumento de 2°C segundo a Agência Internacional de Energia.**



Fonte: Elaboração própria, a partir de IEA, 2013.

A principal referência de metodologia de cálculo de emissões é a Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, adotada no inventário brasileiro (MCT, 2010). A base são as matrizes energéticas consolidadas (conhecidas e projetadas) e os *fatores de emissão* específicos, recomendados pelo Painel ou ajustados à realidade nacional<sup>1</sup>. As emissões são geralmente representadas pela unidade *tonelada de dióxido de carbono equivalente* (tCO<sub>2</sub>eq)<sup>2</sup>, refletindo a ponderação das emissões em massa do *dióxido de carbono* (CO<sub>2</sub>) com os demais (metano<sup>3</sup>, óxido nitroso<sup>4</sup> e os chamados “gases-F”<sup>5</sup>). Para uma análise mais criteriosa, recomenda-se buscar os balanços energéticos oficiais, que apresentam os coeficientes de conversão adotados. No entanto, para efeitos de simplificação, a Tabela 2 a seguir apresenta algumas dessas correspondências.

Tabela 2. Fatores de emissão de CO<sub>2</sub>

Combustível	Fator (tCO <sub>2</sub> /tep)	Fator (tCO <sub>2</sub> /TJ)	Fator (tC/TJ)
Petróleo	3.04	73	20
Óleo diesel	3.07	73	20
Óleo combustível	3.21	77	21
Gasolina	2.87	69	19
GLP	2.61	62	17
Nafta	3.04	73	20
Querosene	2.96	71	19
Outras secundárias de petróleo	3.04	73	20
Coque de petróleo	4.18	100	27
Gás natural	2.34	56	15
Gás de refinaria	2.78	66	18
Carvão vapor	3.88	93	25
Carvão metalúrgico	3.88	93	25
Gás de coqueria	1.99	48	13
Coque de carvão mineral	4.44	106	29
Alcatrão	3.34	80	22

Fonte: Alvim 2010, EPE, 2012.

<sup>1</sup> Tais fatores expressam a quantidade de GEE liberada pela queima de uma dada unidade de combustível, em geral apresentada com unidades energéticas (como terajoules ou toneladas equivalentes de petróleo). Os combustíveis também podem ser declarados em unidades de massa (como toneladas de carvão ou de bagaço de cana) ou volume (litros de óleo diesel, milhões de metros cúbicos de gás natural, barris de petróleo), o que requer conversões adicionais em função das características destes energéticos num dado ano e local (IPCC, 2006)

<sup>2</sup> Em alguns casos, as emissões são informadas em toneladas de carbono (ou t C). Para converter a tC em tonelada de dióxido de carbono, basta multiplicar pela relação entre seus pesos moleculares/12.

<sup>3</sup> Com fórmula química CH<sub>4</sub> e peso molecular 14, o metano é um gás inflamável gerado pela decomposição de matéria orgânica (natural ou de resíduos), ou ainda pela queima incompleta de compostos que contenham carbono (combustíveis fósseis e da biomassa). O potencial de aquecimento global (ou global warming potential – GWP) do metano é de 21 a 23 vezes o do dióxido de carbono (num período de 100 anos). O inventário brasileiro considera o GWP igual a 21.

<sup>4</sup> O óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) é um composto químico emitido por bactérias (em solos e oceanos), cujo crescimento pode ser estimulado por fertilizantes e resíduos animais (particularmente rebanhos). A queima de combustíveis fósseis em motores e algumas fontes industriais (tais como a produção de nylon) também geram N<sub>2</sub>O, gás com 298 a 310 vezes o GWP do CO<sub>2</sub> (em 100 anos). O inventário brasileiro considera o GWP igual a 310.

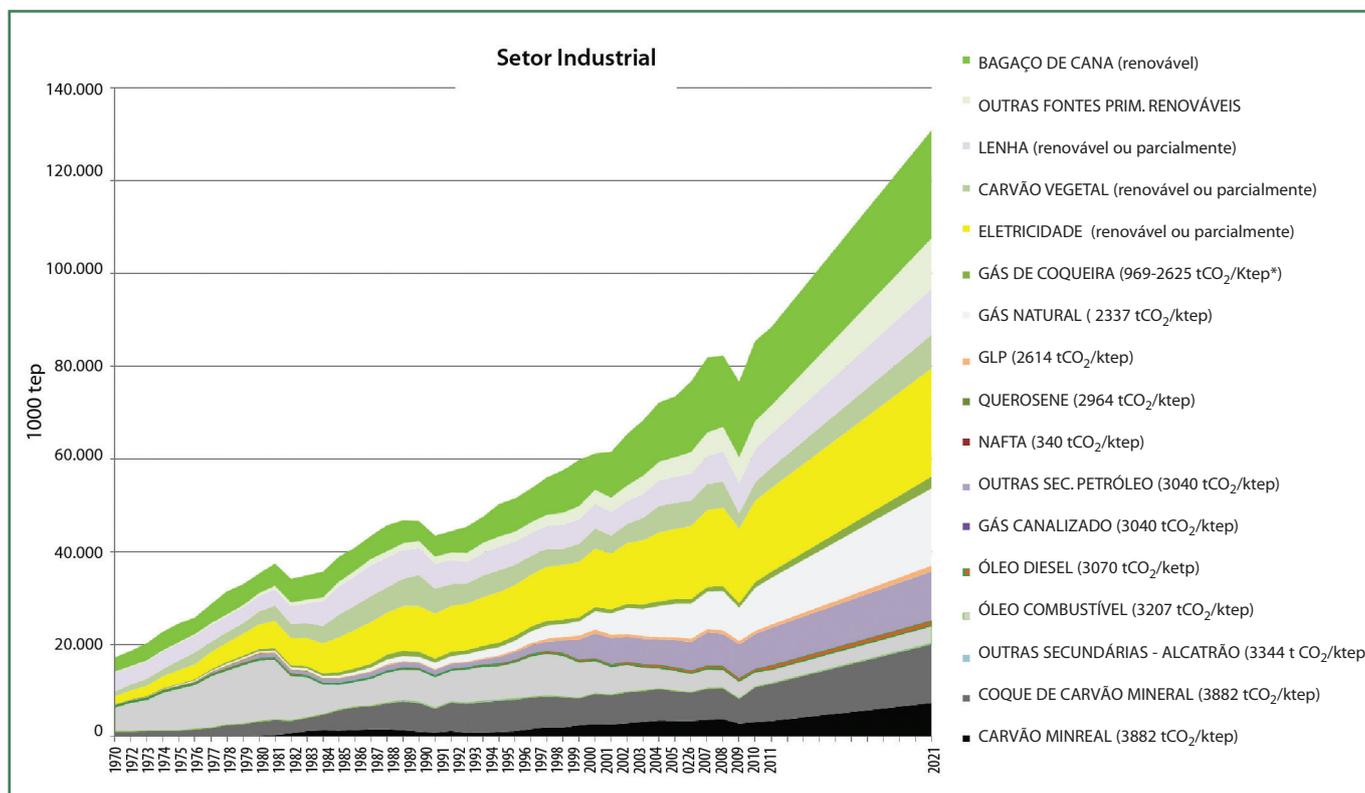
<sup>5</sup> Categoria que abrange os diversos hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>). Apesar de ser mais preciso, nem sempre as toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente informadas abrangem também os gases-F.



## INDÚSTRIAS

A energia conservada no agregado da indústria entre 2011 e 2021 é prevista para o PDE2021 (EPE, 2013) para 0,7% a.a. (total) e 0,4% a.a. (eletricidade). O Plano não apresenta projeções por subsetores, apenas algumas projeções para as intensidades energéticas (total e de eletricidade) de produtos como aço bruto, cimento, papel e para a pelotização. A partir desses indicadores e assumindo outras premissas apresentadas a seguir, o presente relatório procura traçar extrapolações para o período 2012-2021. A representação gráfica (Figura 4) dispõe os energéticos por ordem crescente de fator de emissão de dióxido de carbono, sempre levando em conta a elevada incerteza no que se refere à origem renovável ou não da lenha e carvão vegetal, bem como a diferente composição das emissões de CO<sub>2</sub> associadas à geração de eletricidade (aqui representada pela amplitude de variação dos fatores informados na página do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT (2013)).

**Figura 4. Evolução do setor industrial agregado, histórico até 2011 e interpolação linear 2012-2021, por combustível com respectivo fator de emissão indicativo de CO<sub>2</sub>.**



Fonte: Elaboração própria, a partir de MME, 2013; EPE, 2013 e MCT, 2010.

Como visto anteriormente, metas de desempenho para a economia podem se compor tanto por fatores eficiência energética quanto descarbonização da matriz. Na União Europeia, políticas *industriais* adequadas obtiveram entre os anos 1990 e 2007 ganhos significativos em termos de eficiência energética nos setores mais energo intensivos (Ernst & Young 2012, Pardo et al 2012). O setor de papel reduziu seu consumo em 12%; os de cimento e aço em 27% e o químico em 55% no período. Dentre os fatores que motivaram essa transformação estão os preços da energia, o contexto macroeconômico, mudanças estruturais e cerca de 260 políticas e medidas, em implantação desde 1975 (EC, 2010). Além da eficiência nos processos em si, o aumento nas taxas de reciclagem influenciaram bastante a eficiência no aço, papel e alumínio. No setor de alimentos, a redução de perdas e o aumento do valor agregado foram determinantes.

No Brasil, apesar das projeções oficiais do PDE2021 não estabelecem a desagregação por subsetores da indústria, indicadores de intensidade energética setoriais apontam possíveis ganhos da ordem de 4%-10% entre 2011 e 2021 (MME, 2013, MMA 2013a). O setor industrial brasileiro é muito diversificado, precisando de análises subsetoriais detalhadas por tipos de processo. Para que isso ocorra deve-se melhorar as bases de informação sobre melhores práticas que permitam o estabelecimento de curvas de *benchmarks* (UNIDO 2010)<sup>v</sup>.

Uma primeira abordagem possível para métricas de eficiência vem da Agência Internacional de Energia (IEA, 2012) e propôs algumas metas de intensidade por país, para setores energo e carbono intensivos, em função de demandas e objetivos de estabilização da temperatura global (que podem ser determinados por acordos internacionais). Para o Brasil, tais valores poderiam se tornar *benchmarks* para as indústrias de aço, cimento e alumínio. Outras fontes que merecem ser consideradas são os estudos do *Lawrence Berkeley National Laboratory* norte-americano (Worrel, 2008) e o trabalho de Henriques Jr (2010). A Tabela 4 sintetiza as melhores práticas mundiais levantadas para a intensidade energética final de alguns setores industriais relevantes, bem como as projeções da Agência Internacional de Energia específicas para o Brasil. Tais valores são expressos em uso de energia por unidade de produção física, para cada uma das principais *commodities*<sup>6</sup>. Mesmo considerando a diversidade nas matrizes energéticas de cada país, influenciando aspectos de descarbonização, melhores práticas internacionais em intensidade de energia podem ser adaptadas e adotadas no Brasil, permitindo ganhos de eficiência superiores aos do PDE 2021 (EPE 2012), ainda que seja num prazo mais dilatado compatível com tal adequação. Tais ganhos situam-se acima

<sup>6</sup> A referência norte-americana para melhores práticas globais (Worrel, 2008) assume perdas em 67%, um valor que para o Brasil deve ser menor no que se refere à geração (preponderantemente hidrelétrica, com eficiências acima de 90%), porém maior em determinados casos levando-se em conta especialmente as perdas na transmissão por longas distâncias.

de 50% para o setor de vidros, chegam a 30% nos setores de aço e alumínio, situam-se em torno de 20% nos setores de cimento, cal, pelotização, químico (eteno e amônia), de 15% nos setores de papel, cerâmico e têxtil e mesmo de 10% no nosso já eficiente setor de alumínio (Tabela 3). Outros setores também apresentam consideráveis potenciais de eficiência e mitigação de emissões, não só pela melhoria de processos como também pela troca de combustíveis e motores elétricos, bem como pela reciclagem transformando resíduos em insumos.



## CENTROS DE TRANSFORMAÇÃO

Nos *centros de transformação* é possível melhorar o desempenho de refinarias, coquearias, usinas e outros processos, com reduções que podem ir além de 10% em dez anos. Associando-se os ganhos energéticos à descarbonização da matriz (via fatores de emissão dos *mixes* de combustíveis), é possível estabelecer reduções de intensidade de CO<sub>2</sub>, em particular na geração de eletricidade (MCT 2013). A descarbonização da matriz elétrica pode ainda melhorar sua resiliência, aproveitando, por exemplo, os potenciais integrados eólico-hidráulico-biomassa (ONS 2013 a, b, Carvalho e Sauer 2012).

**Tabela 3. Melhores práticas mundiais em 2007 para a produção industrial, em gigajoules por unidade física de produto final<sup>7</sup>**

Setor	Processo	Melhor prática	Meta da IEA em 2050	Indicadores para o Brasil em 2011	Unidade	Crescimento da produção 2011-2021
Aço	Alto forno (BF – BOF – TSC)	14,8	16,6 a 13,5	23,7	GJ/ t aço	0,9 (aço bruto)
	Oxigênio (SR - BOF – TSC)	17,8				
	Redução direta (DRI- EAF – TSC)	16,9				
	Sucata (S – EAF – TSC)	2,6				
Alumínio	Primário	70,6	38,2-43,2	65,6 (ferro-ligas)	GJ/ t alumínio	0,6 (alumínio primário)
	Secundário	2,5				
Cimento	Portland	2,9	2,5-2,9	3,6	GJ/t cimento	0,5
	Cinzas - FA	2,0				
	Escória - BFSC	1,7				
Papel e celulose	Papel virgem (vários tipos)	17,6-22,4	não definido	17,8	GJ/ t papel	0,5
	Papel reciclado (vários tipos)	7,6-11,3				
Amônia	Reforma a vapor – gás natural	28,0	não definido	não definido	GJ / t amonia	
	Amônia a carvão	34,8				
Eteno	Craqueamento do etano	12,5	não definido	não definido	GJ/ t químicos de alto valor	0,3
	Craqueamento de nafta	11,0				

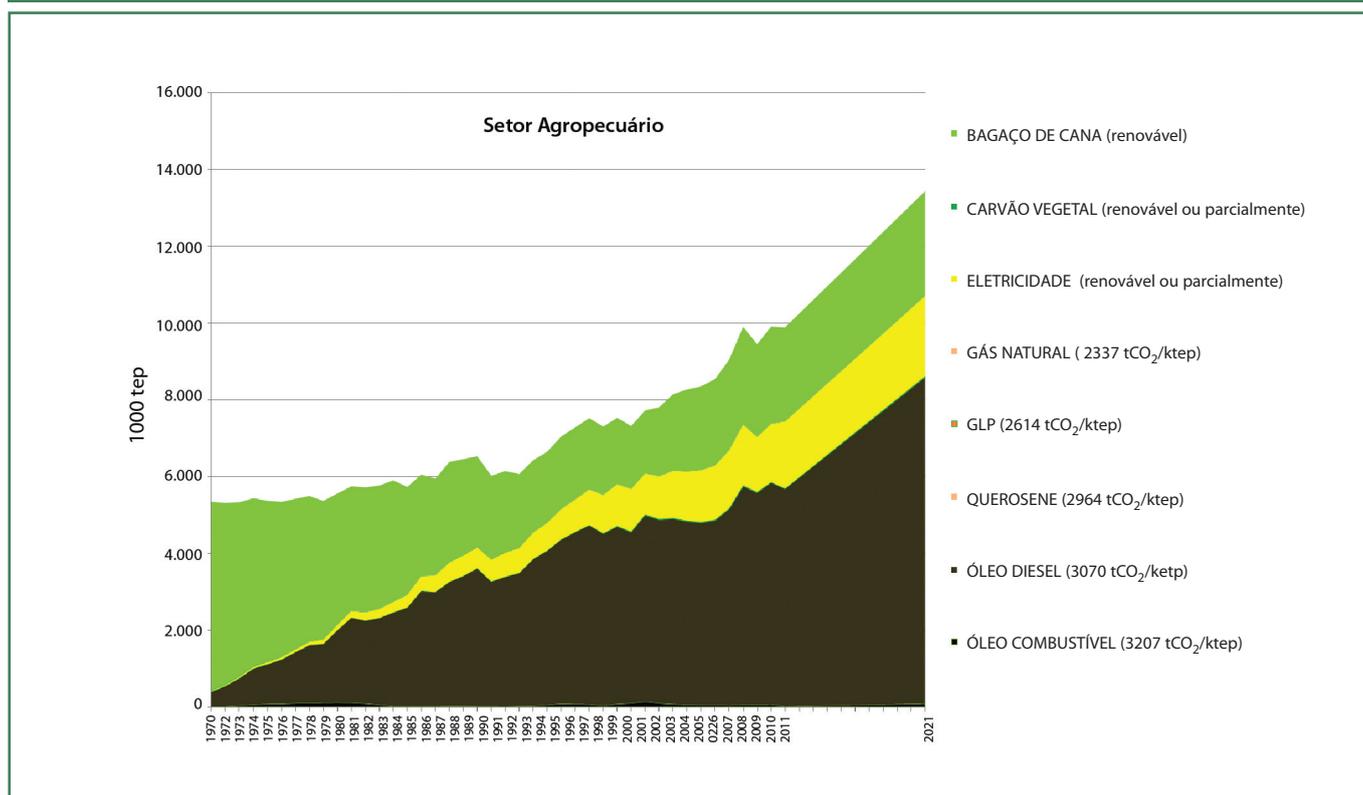
Fonte: Worrel 2008, Henriques Jr 2010, EPE 2012, IEA, 2013.

<sup>7</sup> Notas: (1) Acrônimos. BAT: *best available technology*, melhor (prática e) tecnologia (internacional e comercialmente) disponível. BF: *blast furnace*, alto forno. BOF: *Basic Oxygen Furnace*, ou conversor a oxigênio, ou processo Linz-Donawitz – LD. TSC: *Thin Slab Casting*, ou lingotamento contínuo. SR: *Smelt Reduction*, redução eletrolítica. DRI: *Direct Reduced Iron*, redução direta. EAF: *Electric Arc Furnace*, forno de arco elétrico. S: *scrap*, sucata. PO: cimento Portland. FA: *fly ash*, cinzas volantes. BFSC: *Blast Furnace Slag Cement*, cimento de escória alto forno (em substituição ao clínquer). (2) Tipos de papel (nomes originais): Fino clorado; *Kraftliner não clorado*/papel para sacos; Revistas; Papelão; Papelão reciclado; Jornal reciclado. (3) Alumínio primário convertido de MWh/t para GJ/t; indicador Brasil 2011 se refere a todo o setor de ferro-ligas

## AGROPECUÁRIA

As atividades *agropecuárias* possuem características distintas, com ganhos mais relacionados ao ciclo de vida de seus produtos. O setor envolve grandes volumes e produção descentralizada, o que, indiretamente, reflete no consumo de energia. O aumento da participação de biocombustíveis e eletricidade é um indicador importante para a descarbonização da matriz, onde predomina o óleo diesel (Figura 5). Programas de redução de perdas, estoques reguladores, processamento local e logística integrada aumentam a eficiência do processo e, em uma perspectiva de análise de ciclo de vida, muitas vezes representam economia e redução de emissões.

Figura 5. Consumo de energia no setor agropecuário, 1971-2011 e projeção 2021

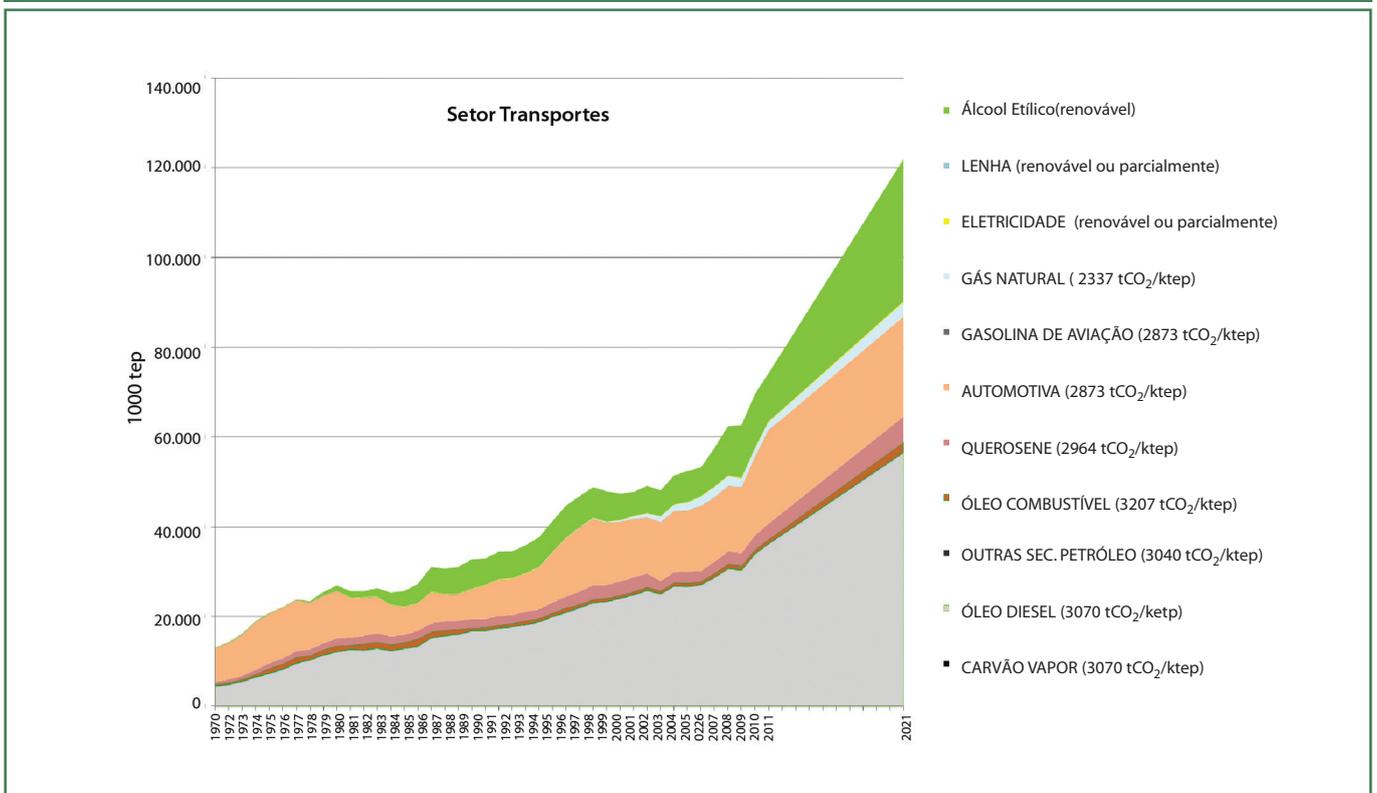


Fonte: Elaboração própria a partir de MME, 2013 e EPE, 2012.

## TRANSPORTES

No setor de *transportes*, padrões de eficiência podem obter ganhos de 30% a 50% para novas frotas de veículos leves, revertendo o quadro de franco crescimento em consumo e emissões (Figura 6).

Figura 6. Evolução do consumo de energia no setor de transportes



Fonte: Elaboração própria a partir de MME, 2012.

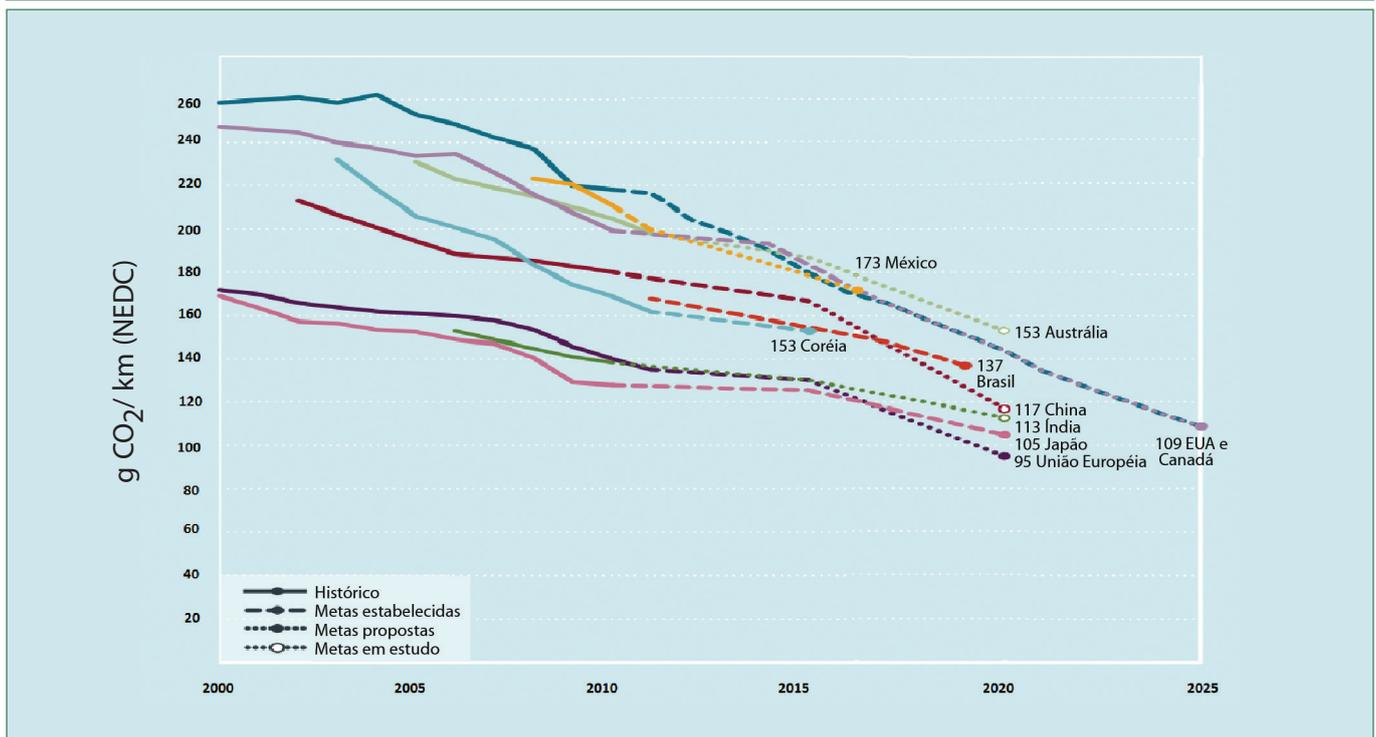
A Tabela 4 mostra como a eficiência veicular nacional – diretamente associada às emissões de CO<sub>2</sub> nos canos de escape – varia sensivelmente entre modelos de uma mesma motorização. Há, assim, consideráveis economias pela simples escolha de modelos pelos consumidores, algo entre um terço e metade do consumo de combustíveis. A regulação das emissões de CO<sub>2</sub> é um poderoso instrumento de indução de eficiência, inovação e competitividade na indústria automotiva, como se pode perceber pelas metas dos diversos países (Figura 7).

**Tabela 4. Comparativo entre tecnologias veiculares no Brasil: amplitudes de variação (melhores tecnologias como limite inferior, em negrito) em termos de consumo energético e emissões de dióxido de carbono (no escape, inclusive dos biocombustíveis) por quilômetro nos automóveis novos, ciclo urbano em 2010, conforme dados de homologação dos 329 principais modelos licenciados no país**

Motor	Unidade	Amplitude para tecnologias convencionais (melhor em negrito)
1.0	MJ/km	1,7-2,6
1.3-1.5		1,8-2,8
1.6-1.8		2,1-3,2
2.0-3.85		2,2-4,0
1.0	gCO <sub>2</sub> /km	120-190
1.3-1.5		140-210
1.6-1.8		150-230
2.0-3.85		160-310

Fonte: Adaptado de Nigro, 2012.

**Figura 7. Comparação das taxas de emissão de CO<sub>2</sub>, ajustadas para o ciclo de testes europeu NEDC (adaptado de ICCT, 2012).**



Fonte: Adaptado de ICCT, 2012.

Em termos médios as metas brasileiras de eficiência veicular ficam aquém do que vem ocorrendo nas maiores economias mundiais. A tecnologia veicular bicombustível (*flex*), hoje popular no Brasil, precisa evoluir para não perder competitividade frente a outras mais eficientes energeticamente, sobretudo veículos híbridos importados movidos a gasolina.

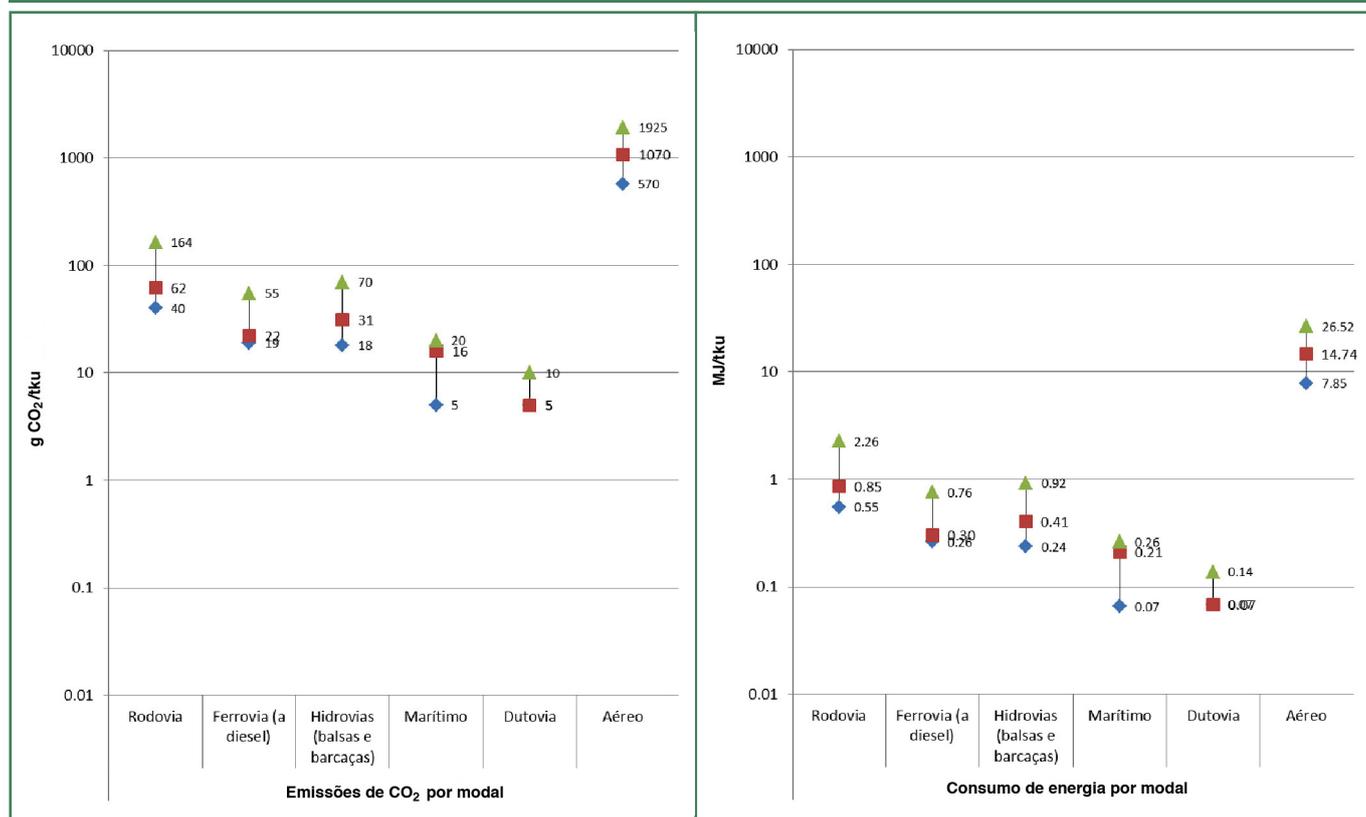
O PDE 2021 prevê que a motorização no Brasil deve crescer, de um veículo para cada 5,8 habitantes em 2012 para um veículo a cada 3,7 habitantes em 2021. Para compensar ao menos parcialmente esse aumento de afluência é preciso aumentar o binômio eficiência-descarbonização. O transporte rodoviário foi responsável por 92% dos 74 milhões de toneladas de petróleo equivalente consumidos em 2011 (MME, 2012), com evidente predominância do óleo diesel e da gasolina. A substituição da gasolina pelo etanol depende de políticas de incentivo robustas e consistentes para reverter o quadro de perda de competitividade dos combustíveis renováveis (BBC Brasil, 2013). Isso também ocorre com o biodiesel e o diesel de cana, caros devido dentre outros fatores a questões de escala e aos subsídios ao óleo diesel.

Apesar de um maior crescimento relativo para modais mais eficientes que o rodoviário, o setor de transportes ainda tem poucas perspectivas de eficiência, apoiadas basicamente nas ações em curso, ancoradas em muitos projetos que podem não se realizar (MMA, 2013b). Para as trocas de modais, os planos de transportes são relativamente instáveis e precisariam se nortear por metas fortes – preferencialmente com métricas de CO<sub>2</sub>, que balizem políticas de incentivo custeadas pela aplicação do princípio do poluidor-pagador. Com os subsídios concedidos à gasolina, os veículos flex não rodam a etanol e tecnologicamente estão propensos a perder importantes fatias no mercado, caso não acompanhem o desenvolvimento tecnológico dos autos híbridos movidos a combustíveis fósseis.

As principais recomendações para reverter esse quadro seriam: primeiro, a de reequilibrar a competitividade do etanol combustível eliminando os subsídios à gasolina; segundo, o IBAMA-PROCONVE regulamentar as emissões de CO<sub>2</sub> nos canos de escape de todos os modelos, determinando padrões tecnológicos mais ambiciosos. De forma proativa e abrangente, os automóveis nacionais podem almejar atingir metas de emissão da ordem de 100-120 gCO<sub>2</sub>/km até o final da década, comparados aos atuais, em torno de 180 gCO<sub>2</sub>/km e aos propostos cerca de 137 gCO<sub>2</sub>/km para 2017. Em uma perspectiva *sistêmica*, devem ser estimuladas trocas de modais, saindo do excessivo rodoviarismo e do automóvel particular. Contudo, o acompanhamento por meio de indicadores dessas mudanças é bem mais complexo e difícil de acompanhar. Por esse motivo, o presente relatório concentra seu enfoque nas emissões de CO<sub>2</sub>: se as emissões absolutas do gás forem efetivamente reduzidas, isso implicará mudanças estruturais.

As alternativas para *um transporte de carga* mais eficiente e limpo residem de uma forma aparentemente mais limitada na tecnologia veicular e nos combustíveis renováveis. Contudo, é possível obter ganhos substanciais em todos os modais e em suas trocas (Figura 8), com adequados investimentos em infraestrutura e planejamento logístico, o que permite ganhos de eficiência por momento de transporte (tonelada útil por quilometro) que podem ultrapassar 75%. Além de trocar os modais por outros menos energo e carbono-intensivos e ampliar a proporção de biodiesel nas misturas, o Brasil deveria considerar antecipar a eliminação no território nacional dos óleos com maior teor de enxofre, permitindo a introdução de frotas mais limpas.

**Figura 8. Comparação entre os modais, faixas de emissões e consumo de energia por tonelada útil-quilômetro (TKU). Os valores médios são os mais representativos**



Fonte: Elaboração própria a partir de CEFIC 2012, EPE 2011, São Paulo 2010, Fialho 2010.

O gráfico mostra claramente que um mesmo modal (rodoviário, por exemplo), pode funcionar de uma forma muito mais eficiente energeticamente e emitindo muito menos gases de efeito estufa (regra válida para diversos poluente locais também). Mostra ainda que a troca de modais (rodovia para ferrovia, por exemplo) aumenta a eficiência e reduz as emissões na maioria dos casos, mas não necessariamente em todos (uma vez que os valores se sobrepõem no eixo vertical).

## EDIFÍCIOS

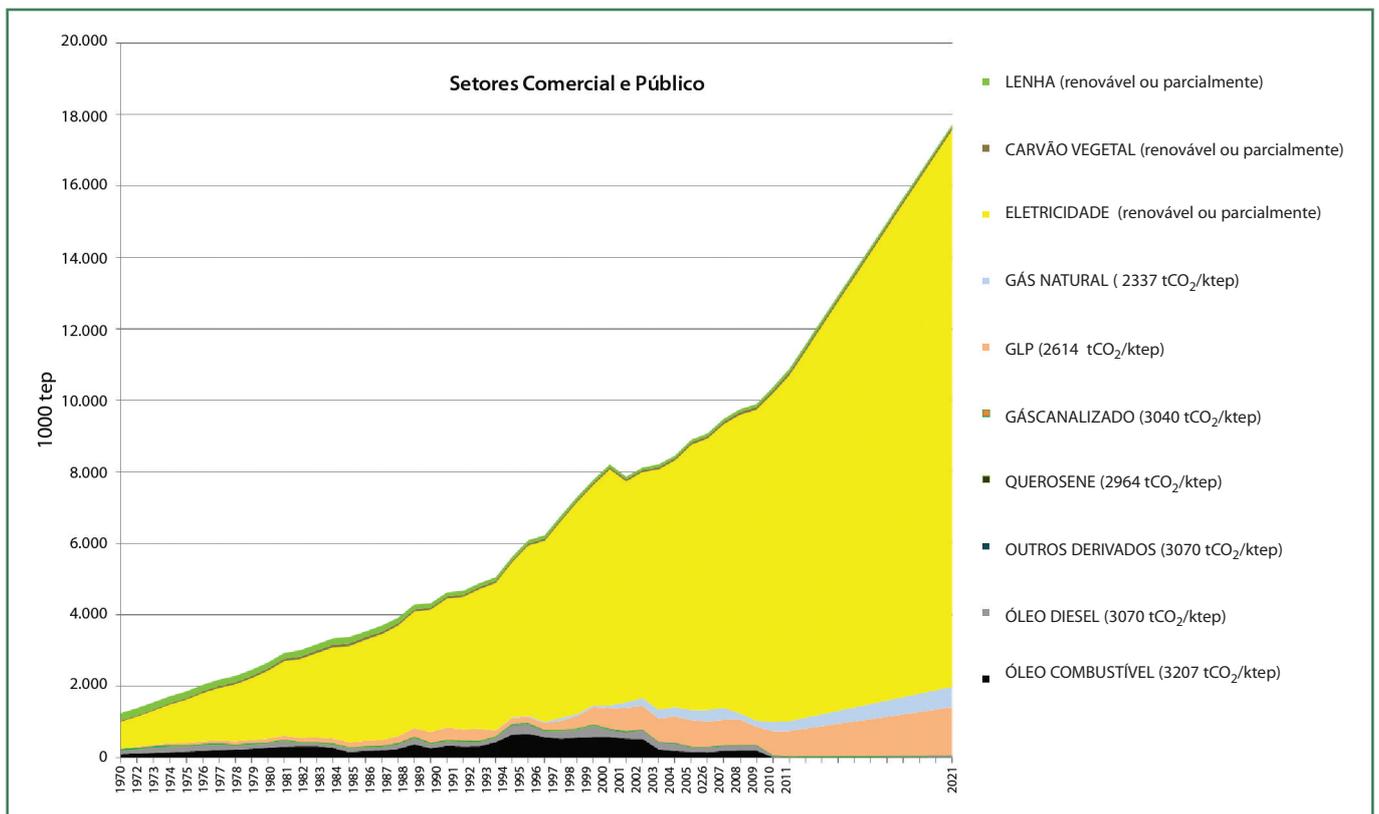
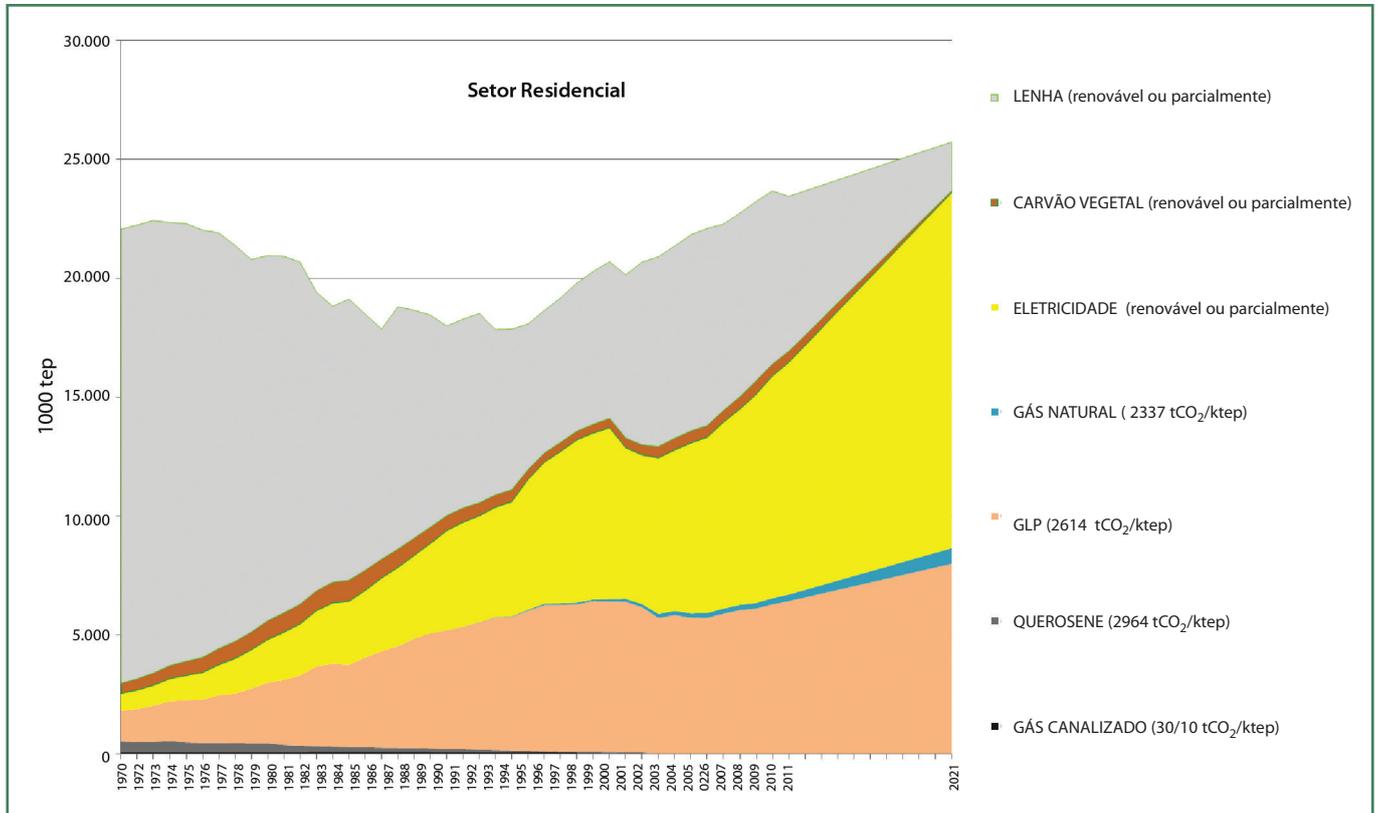
Juntos, os setores Residencial, Comercial e Público respondem por uma relativamente menor parcela do consumo de energia, mas merecem atenção pelo seu comportamento (Figuras 9 e 10). O primeiro ponto relevante são os *edifícios*. O clima tropical predominante na maior parte do país demanda pouca energia para aquecimento de ambientes, relativamente aos países de clima temperado. Assim, os edifícios residenciais, comerciais e públicos brasileiros não revelam preocupações para a retenção de calor. Entretanto, o consumo de energia – principalmente eletricidade – tende a aumentar por questões de afluência (acesso a eletrodomésticos e outros equipamentos), aspectos arquitetônicos (edifícios envidraçados que retêm calor, demandando ar condicionado) e estilos de vida (como vestimentas mais formais e uso de equipamentos eletrônicos em modo *standby*). O setor de edificações é muito propenso a aumentos de consumo pelo chamado *efeito-rebote* (como o que ocorreu após a economia forçada de energia no apagão de 2001). Um dos principais problemas reside no uso do chuveiro elétrico, cada vez mais potentes e que demandam toda uma infraestrutura adicional de suprimento de energia nos horários de pico. Também afeta o consumo de energia o maior uso de ar condicionado e elevadores. Em seu conjunto, os edifícios influenciam toda a infraestrutura urbana, com efeitos no uso do solo e consequentemente no consumo de energia do setor de transportes, o que poderia ser em parte mitigado por reformulações em códigos municipais de edificações e planos diretores. Como os edifícios possuem longas vidas úteis (100 anos ou mais), as decisões atuais tendem a se prolongar por muito tempo. Incentivos poderiam alavancar mudanças como sistemas renováveis e descentralizados acoplados a edifícios fornecerão eletricidade a redes inteligentes, com reduções no consumo de eletricidade superiores a 10% e melhor estabilidade contra interrupções, dispensando a geração de energia de base a partir de fontes poluentes (Lang e Mutschler 2012).

Nas *edificações* residenciais, comerciais e públicas, o uso de melhores equipamentos (como os da Tabela 5) propiciam ganhos de eficiência da ordem de 50% a 80%, ganhos que podem ser ampliados por projetos com *design* passivo e adequados códigos de edificação, introduzindo coletores solares. Em vários desses setores, a escolha de melhores motores elétricos permite ganhos de mais de 15%. Apesar da baixíssima necessidade de aquecimento de ambientes, o consumo de eletricidade pode ser bastante e por muito tempo comprometido por padrões arquitetônicos pouco adequados para o clima tropical. As lições do raciona-

mento de energia de 2001 foram importantes, mas muitas foram esquecidas. O uso de lenha vem se reduzindo drasticamente principalmente devido à penetração da eletricidade. Soluções propostas vão desde a adoção obrigatória e gradual de equipamentos mais modernos a mecanismos fiscais e financeiros que incentivem mais vigorosamente sistemas mais eficientes, renováveis e descentralizados. Sob um aspecto mais sistêmico, uma medida importante seria reformular códigos municipais de construção e índices de uso do solo.



Figuras 9 e 10. Perfis dos consumos de energia nos setores residencial, público comercial – histórico e projeções (interpoladas) para 2021



Fonte: Elaboração própria a partir de MME, 2013 e EPE, 2012.

Os gráficos mostram como os consumos de energia serão surpreendentemente crescentes entre 2011 e 2021 se nenhuma política de eficiência adicional for aplicada. Os energéticos, dispostos em ordem decrescente de fator de emissão (unitária) de CO<sub>2</sub>, apresentam uma certa troca - de mais “sujos” para mais “limpos” – porém, também ainda com uma considerável penetração das fontes mais intensivas em carbono. O aumento do uso da eletricidade é um bom sinal em termos de usos finais (residências, comércio, indústria, transportes e agricultura), mas ainda preocupante se a matriz de geração continuar sendo altamente concentrada em grandes projetos. Isso poderia ser revertido por meio de geração mais difusa e limpa.

**Tabela 5. Comparativo entre tecnologias convencionais e melhores disponíveis comercialmente para edifícios**

Equipamento ou sistema	Unidade	Convencional	Melhor tecnologia
Iluminação	lumem/watt	15 (incandescente); 60 (fluorescente compacta)	100 (LED)
Televisão	EEl <sup>8</sup>	9,66 (tubo, CRT) 0,31 (plasma) 0,20 (LCD)	0,12 (OLED)
Geladeiras	kWh, kilowatt-hora	360	120
Ventiladores de teto (Brasil)	kWh	88	41
Ar condicionado split (Brasil)	SEER <sup>9</sup>	8,8	2,9
AC central (EUA)	kWh	3100	2400
Liga-desliga standby	kWh	18	0,7
Aquecedores solares de água	GJ	11	3,4
Motores elétricos	%		
0,75-7,5 kW		74-84	89
7,5 – 75 kW		87-91	94
Mais que 75 kW		93-95	96

Fonte: Letschert et al, 2012.

<sup>8</sup> Energy-efficiency index, métrica de rotulagem europeia, razão entre a potência em uso do aparelho e a máxima potência de um equipamento do mesmo tamanho

<sup>9</sup> Seasonal energy-efficiency ratio, razão de eficiência ajustada às estações do ano



## CONCLUSÕES

A métrica de economia verde proposta no presente relatório pode ser sintetizada pelos parâmetros da Tabela 6. Dentre as metas propostas, as mais relevantes são as do setor energético amplo. As setoriais servem como guias adicionais. Convém ressaltar que por metas entendem-se objetivos ambiciosos a serem perseguidos e não meras acomodações ao que “pode ser feito” com os arranjos institucionais atuais.

Tabela 6. Indicadores para a Economia Verde e Energia no Brasil,

SETOR	INDICADOR PROPOSTO	UNIDADE	VALOR DE BASE PARA O BRASIL (ANO)	VALOR TENDENCIAL (ANO)	METAS PROPOSTAS
Energético Amplo	Produtividade da Energia (Intensidade Energética da Economia)	toneladas equivalentes de petróleo por mil dólares de produto interno bruto aferido pelo poder de paridade de compra - toe/000 (2010) USD GDP PPP	0,127 em 2010 (IEA, 2012)	Aumento equivalente a 1,8% entre 2010 e 2021	Redução superior a 10% entre 2010 e 2021
	Produtividade em Carbono (Intensidade de Carbono na Economia)	quilogramas de dióxido de carbono por dólar (ano 2010) de produto interno bruto aferido pelo poder de paridade de compra - kg CO <sub>2</sub> / (2010) USD GDP PPP	0,182 em 2010 (IEA, 2012)	Redução equivalente a 2,7% entre 2010 e 2021	Redução superior a 10% entre 2010 e 2021
	Emissões absolutas de CO <sub>2</sub>	megatoneladas, ou milhões de toneladas de dióxido de carbono	381 em 2010 (IEA 2012)	Aumento de pelo menos 62% entre 2010-2021	Retorno aos níveis de 2010 em 2025, posteriores reduções de 8% em 2035 e de 42% em 2050
	Investimento percentual relativo em fontes renováveis de energia	% de investimento em renováveis relativo ao total do setor	total de R\$1,1 tri entre 2012-2021	Destinação de 15,6% do total entre 2012- 2021	Pelo menos dobrar a parcela tendencial entre 2012-2021 e atingir no mínimo 50% em 2022-2031
Indústria	Aço em rotas integradas	gigajoule por tonelada produzida - GJ/t	23,7 em 2011	Redução de 6,6% até 2021	Redução de 25% até 2021 e de 30% até 2050 (válida também para CO <sub>2</sub> )
	Alumínio primário	gigajoule por tonelada produzida - GJ/t	65,6 em 2011	Redução de 4,4% até 2021	Redução de 10% até 2021 e de 34% até 2050 (válida também para CO <sub>2</sub> )
	Cimento portland	gigajoule por tonelada produzida - GJ/t	3,6 em 2011	Redução de 1,74% até 2021	Redução de 10% até 2021 e de 34% até 2050 (válida também para CO <sub>2</sub> )
Transporte	Automóveis	gramas de dióxido de carbono por quilometro rodado (gCO <sub>2</sub> /km, ciclo NEDC)	170 em 2010	Redução de 19% até 2017	Redução de 35% até 2021 e de 44% até 2025
	Transporte de cargas	emissão total em milhões de toneladas de CO <sub>2</sub>	68 (2010)	Aumento de 44% até 2020 e de 84% até 2031	Retorno aos níveis de 2010 em 2025, posteriores reduções de 8% em 2035 e de 42% em 2050
	Transporte de passageiros		89 (2010)	Aumento de 52% até 2020	
Edificações	Iluminação	eficiência	Lâmpadas com 15 lm/W (2010)	Aumento de 80% até 2021	Aumento de 566% até 2021
	Geladeiras e freezers		Sistemas com 360 kWh de consumo anual em 2010	Aumento de 5% até 2021	Aumento de 66% até 2021
	Ar condicionado		Sistemas com 3100 kWh de consumo anual em 2010	Aumento de 5% até 2021	Aumento de 25% até 2021
	Motores elétricos novos		74% a 95% de eficiência	nd	Aumento de 3% a 15% até 2021

Bases de IEA (2007, 2010, 2013), EPE (2012), ICCT (2012), MT e MCid (2013) e metas a partir de IEA (2013b), Nogueira e Costa (2012); Schaeffer et al (2012); Worrel et al (2008); Henriques Jr (2010) e ICCT (2012).

O Brasil tem potenciais bastante diversificados na área energética, mas suas escolhas devem considerar uma oferta bem calibrada e de uma demanda bem equilibrada, incorporando a eficiência e a descarbonização de uma forma vigorosa. Medidas e ações previstas para uma matriz energética mais limpa incluem a descarbonização da matriz (aumento na participação dos biocombustíveis na matriz de transportes, expansão hidrelétrica e de outras fontes renováveis) e a eficiência energética. Contudo, apesar de todo o potencial, as condições menos favoráveis para investimentos nessas áreas comparadas às dos combustíveis fósseis afetam não só a sustentabilidade de nossa matriz, mas também a competitividade de setores estratégicos. É muito pouco provável que a descarbonização da matriz e a eficiência energética ocorram sem suporte de políticas públicas mais ambiciosas, uma vez que o investimento privado raramente se orienta por sinais de preços de longo prazo e que muitos segmentos ainda buscam refúgio no protecionismo. A matriz fortemente renovável coloca o Brasil em posição vantajosa comparativamente a outras nações industrializadas e emergentes, mas o consumo total de energia deve aumentar consideravelmente e, especialmente, se houver rupturas nas perspectivas de oferta de hidroeletricidade e bioenergia, a tendência será por ainda maiores emissões absolutas e relativas em relação às da mudança do uso da terra (desmatamento e outros). Uma das soluções está em olhar o que está acontecendo e buscar melhores práticas, baseando-se em indicadores de crescimento sustentável nas vertentes econômica, social e ambiental, baseados em dados internacionalmente comparáveis, incorporados em um quadro conceitual e selecionados de acordo com critérios bem especificados. A aplicação da métrica da sustentabilidade incluem padrões de referência para desempenho de produtos e licenciamento ambiental. Uma adequada mensuração é a forma de enviar mensagens claras para a sociedade e decisores políticos, permitindo que se desenvolva uma estrutura que maximize a coerência e a comparabilidade, evitando o fenômeno da “maquiagem verde”. Fundamental para a economia sustentável, a adequada métrica também pressupõe metas e prazos que conciliem as demandas presentes por bens e serviços modernos com os limites físicos determinados pela capacidade de suporte ambiental. Convergindo interesses políticos e sociais, estas quantificam objetivos para a preservação de direitos atuais e futuros.

Com essa perspectiva e de uma forma objetiva, o presente trabalho recomenda uma métrica clara e absoluta, central em relação às demais: **as metas de redução de emissões de gases de efeito estufa atualmente em vigor devem ser revistas**, refletindo-se de forma harmoniosa para todo o país em números claros e absolutos. Considerando antes de tudo uma previsão realista de aumento de PIB (da ordem de 3,5% ao ano até 2020), **este relatório recomenda que o Brasil considere no mínimo estabilizar suas emissões do setor Energia até 2030**, idealmente retornando aos níveis verificados em 2005 (329 MtCO<sub>2</sub>eq) até o ano 2030 e até os níveis de 1990 (190 Mt CO<sub>2</sub>eq) em 2050. Tal métrica é fundamental para de fato atingir os objetivos de uma Economia Verde alinhada à sustentabilidade energética num horizonte além de 2020.

Apesar dos valores de base dos principais setores industriais serem expressos em unidade energética, as metas de redução no consumo específico (portanto de aumento de eficiência) também podem balizar metas de redução na geração de dióxido de carbono. Exemplificando, se é possível reduzir em 10% o consumo de energia para cada tonelada de cimento, também o é reduzir em 10% as emissões específicas de CO<sub>2</sub>, considerando-se para tal que a composição das fontes da matriz energética não se altere. Assim, tem-se um ponto de partida para a discussão sobre metas setoriais de redução de emissões de gases de efeito estufa no país.

Num compromisso com a sustentabilidade, o país deveria **aprimorar marcos regulatórios, mecanismos financeiros e políticas de inovação. A área climática é central nesse tema**, uma vez que as emissões de carbono refletem os fatores eficiência e descarbonização. **A afluência das populações de menor renda é prioritária**, mas não deve disfarçar as ineficiências e desigualdades. Sendo a métrica um fator fundamental para planejamento, esta pode e deve ser **balizada por tetos de emissão, melhores práticas e pelo desacoplamento entre desenvolvimento e impactos negativos sobre os sistemas naturais**.

# REFERÊNCIAS

- ABIVIDRO, 2013. Reciclagem no Brasil – Infográfico, <http://www.abividro.org.br/reciclagem-abividro/reciclagem-no-brasil>
- Alvim CF, Ferreira OC, Eidelman F, Goldemberg J, 2000. Energia Final e Equivalente - Procedimento Simplificado de Conversão. Economia & Energia n 18. <http://ecen.com/eee18/enerequi.htm>
- Bermann C, Veiga JRC 2002. Repotenciação de usinas hidrelétricas: uma avaliação à partir de três estudos de caso. Revista Brasileira de Energia, Rio de Janeiro, v. 9, p. 119-133
- BBC Brasil, 2013. Quatro fatores para entender a crise do etanol. 5 de maio, [http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/05/130424\\_etanol\\_mdb.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/05/130424_etanol_mdb.shtml)
- Brandt N, 2012. Green Growth in Economic Surveys. Economics Department, OECD. Paris, <http://www.oecd.org/greengrowth/Green%20Growth%20in%20economic%20surveys.pdf>
- Brasil, 2009. Lei 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)
- Brasil, 2010. Decreto 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm)
- CEFIC, 2012. Guidelines for Measuring and Managing CO<sub>2</sub> Emission from Freight Transport Operations, <http://www.cefic.org/Documents/IndustrySupport/Transport-and-Logistics/Best%20Practice%20Guidelines%20-%20General%20Guidelines/Cefic-ECTA%20Guidelines%20for%20measuring%20and%20managing%20CO2%20emissions%20from%20transport%20operations%20Final%2030.03.2011.pdf>
- CETESB, 2013a. Relatório da Qualidade do Ar 2012. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>
- CETESB, 2013b. Padrões de Qualidade do Ar. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa??es-Basicas/22-Padrões-e-índices>
- CETREL, 2013. Qualidade do Ar Online, <http://www.cetrel.com.br/listaEstacoesPorHora.aspx>
- Clube de Roma (Club of Rome), 1968. Limits to Growth, <http://www.clubofrome.org/?p=326>
- CNI 2009. Eficiência Energética na Indústria: O Que foi feito no Brasil, Oportunidades de Redução de Custos e Experiência Internacional. Confederação Nacional da Indústria.
- CNI, 2011. A indústria do Aço no Brasil. Instituto Aço Brasil e Confederação Nacional da Indústria. [http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/downloads/livro\\_cni.pdf](http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/downloads/livro_cni.pdf)
- EC, 2010. Overview of energy efficiency measures of European Industry. IP/A/ITRE/NT/2010-08 , [http://www.lbst.de/ressources/docs2010/EP-05\\_Energy-Efficiency-Industry\\_DEC2010\\_PE-451-483.pdf](http://www.lbst.de/ressources/docs2010/EP-05_Energy-Efficiency-Industry_DEC2010_PE-451-483.pdf)
- Ehrlich PR, Holdren JP, 1971. Impact of population growth. Science, 171:1212-1217.
- EIU, 2013. Country Report: Brazil. Economist Intelligence Unit, May.
- EPE, 2008. Considerações sobre repotenciação e modernização de usinas hidrelétricas. Série Recursos Energéticos. Nota Técnica DEN 03/08. Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética, [http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081201\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081201_1.pdf)
- EPE, 2008. Plano Nacional de Energia 2030, <http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>
- EPE, 2010. Plano Decenal de Expansão de Energia 2019, [http://www.epe.gov.br/PDEE/20101129\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/20101129_1.pdf)
- EPE, 2011a. Plano Decenal de Energia, PDEE 2021, Empresa de Pesquisa Energética/ Ministério de Energia e Minas, Brasília, [http://www.epe.gov.br/PDEE/20130326\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/20130326_1.pdf)
- EPE, 2011b. Plano Decenal de Expansão de Energia 2020, [http://www.epe.gov.br/PDEE/20120302\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PDEE/20120302_1.pdf)
- EPE, 2012a. Balanço Energético Nacional 2012 – Ano base 2011: Resultados Preliminares. [https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados\\_Pre\\_BEN\\_2012.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2012.pdf)
- EPE, 2012b. Avaliação da eficiência energética para os próximos 10 anos (2012-2021). Nota Técnica DEA 16/12, [http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20121221\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20121221_1.pdf)
- Ernst & Young, 2012. Renewable energy country attractiveness indices. November 2012. Issue 35, [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/CAI\\_issue-35\\_Nov-2012/\\$FILE/CAI\\_issue-35\\_Nov-2012\\_DE0372.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/CAI_issue-35_Nov-2012/$FILE/CAI_issue-35_Nov-2012_DE0372.pdf)
- FEAM, 2013. Qualidade do Ar. Fundação Estadual do Meio Ambiente, <http://www.feam.br/qualidade-do-ar>
- GFN, 2013. Brazil Fact Sheet, [http://www.footprintnetwork.org/images/trends/2012/pdf/2012\\_brazil.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/trends/2012/pdf/2012_brazil.pdf)

- Goldemberg J, Guardabassi PM, 2012. Climate change and “historical responsibilities”. *Ambiente & Sociedade* vol. XV, n. 1
- Gosseries A, 2004 Historical Emissions and Free-Riding. *Ethical Perspectives* 11, <http://www.kuleuven.be/ep/viewpic.php?LAN=E&TABLE=EP&ID=464>
- Henriques Jr MF, 2010. Potencial de redução de emissão de gases de efeito estufa pelo uso de energia no setor industrial brasileiro. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Orientador Roberto Schaeffer. Rio de Janeiro, [http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/mauricio\\_junior.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/mauricio_junior.pdf)
- Horta Nogueira L A, Costa J C, 2012. Opções tecnológicas em energia: uma visão brasileira. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS, Rio de Janeiro, [www.fbds.org.br](http://www.fbds.org.br)
- IAEA, 2005. Energy indicators for sustainable development : guidelines and methodologies. Vienna : International Atomic Energy Agency, 2005, ISBN 92-0-116204-9
- IAEA, 2006. Brazil: A Country Profile on Sustainable Energy Development. International Atomic Energy Agency, Viena.
- IAP, 2013. Monitoramento da Qualidade do Ar. Instituto Ambiental do Paraná, <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=639>
- IBRAM, 2013. Qualidade do ar. Instituto Brasília Ambiental, <http://www.ibram.df.gov.br/informacoes/meio-ambiente/qualidade-do-ar.html>
- ICCT 2012. Global Transportation Energy and Climate Roadmap. International Council on Clean Transportation, <http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT%20Roadmap%20Energy%20Report.pdf>
- IEA 2012. Key World Energy Statistics. International Energy Agency
- IEA 2003. Key World Energy Statistics. International Energy Agency
- IEA 2013. Energy Technology Perspectives 2012. International Energy Agency, [www.iea.org/etp](http://www.iea.org/etp)
- IEA, 2007. Tracking Industrial Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions. International Energy Agency, OECD, Paris
- IEA, 2010. Energy Technology Perspectives, International Energy Agency, [www.iea.org/etp](http://www.iea.org/etp)
- IEA, 2010b. The transition to modern energy services. In World Energy Outlook 2010. International Energy Agency, Paris, [www.worldenergyoutlook.org/energy\\_services.asp](http://www.worldenergyoutlook.org/energy_services.asp)
- IEA, 2010c. World Energy Outlook.
- IEA, 2012. Energy Balances of Non-OECD Countries, <http://www.iea.org/W/bookshop/add.aspx?id=612>
- IEA, 2013. Energy Statistics for Balances. International Energy Agency, <http://www.iea.org/stats/prodresult.asp?PRODUCT=Balances>
- IISA 2012. Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future. International Institute for Applied Systems Analysis. Cambridge University Press
- IISD 2012. Summary of the Doha Climate Change Conference: 26 Nov – 8 Dec 2012. Earth Negotiations Bulletin Vol. 12 No. 567. International Institute for Sustainable Development, <http://www.iisd.ca/download/pdf/enb12567e.pdf>
- IISD, 2013. Summary of the Bonn Climate Change Conference: 29 April – 3 May 2013. Earth Negotiations Bulletin Vol. 12 No. 568. International Institute for Sustainable Development, <http://www.iisd.ca/download/pdf/enb12568e.pdf>
- IMF, 2013. World Economic Outlook, <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2013/01/pdf/text.pdf>
- INEA, 2013. Qualidade do Ar. Instituto Estadual do Meio ambiente, Rio de Janeiro, <http://www.inea.rj.gov.br/fma/qualidade-ar-rapido.asp?cat=65>
- INEMA, 2013, Qualidade do Ar. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Bahia, <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-do-ar-direciona-para-a-pagina-da-cetrel>
- IPCC, 2013. History. Intergovernmental Panel on Climate Change, [http://www.ipcc.ch/organization/organization\\_history.shtml#UcRLK5wLK8o](http://www.ipcc.ch/organization/organization_history.shtml#UcRLK5wLK8o)
- IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, International Panel on Climate Change
- IPCC, 2011. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, International Panel on Climate Change.
- Jannuzzi, G. M., Romeiro, A., Melo, C., Piacente, F., Esteves, G., Xavier Jr, H., Gomes, R., 2007. Agenda Elétrica Sustentável 2020: Estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo, WWF-Brasil, Série Técnica. Brasília, [http://assets.wwf.org.br/downloads/wwf\\_energia\\_ebook.pdf](http://assets.wwf.org.br/downloads/wwf_energia_ebook.pdf)
- Kanitkar T, Jayaraman T, D’Souza M, Purkayastha P, 2013. Carbon budgets for climate change mitigation – a GAMS-based emissions model. *Current Science* vol 104, n. 9, 10 May
- Kaya Y, Yoboroki K, 1993. Environment, Energy, and Economy: strategies for sustainability. Conference on Global Environment, Energy, and Economic Development, Tokyo.
- Lang M, Mutschler L, 2012. Smart Grid Pilot Projects in Germany – First Project Completed . German Energy Blog, <http://www.germanenergyblog.de/?p=11635>

- Letschert V, Desroches LB, Ke J, McNeil M, 2012. Estimate of Technical Potential for Minimum Efficiency Performance Standards in 13 Major World Economies. LBNL-5724E. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, <http://ies.lbl.gov/node/476>
- Lucon O, Coelho S, 2002. Depois da Rio +10: as lições aprendidas em Johannesburgo. Revista do Departamento de Geografia, 15, 11–18, [http://www.geografia.ffch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG\\_15/11-18.pdf](http://www.geografia.ffch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_15/11-18.pdf)
- Lucon O, Coelho ST, Lora BA, sd. Bioenergia e uso da água. Ambiente e Sociedade. Em publicação
- Luna D, 2013. Fonte polêmica de energia, gás de xisto terá leilão no Brasil em outubro. Folha de São Paulo, 16/04
- MCT, 2009. Inventário Brasileiro das Emissões de Gases de Efeito Estufa – valores preliminares. Ministério de Ciência e Tecnologia, [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0207/207624.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0207/207624.pdf)
- MCT, 2010. Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência. Emissões de dióxido de carbono por queima de combustíveis: abordagem top-down. Economia e Energia – OSCIP. Ministério da Ciência e Tecnologia, [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0219/219523.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0219/219523.pdf)
- MCT, 2013. Fatores Médios Anuais (em tCO<sub>2</sub>/MWh) da eletricidade produzida dentro do Sistema Interligado Nacional (SIN). Ministério de Ciência e Tecnologia, <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>
- Miguez JDG, Oliveira AS, 2011. The importance of historical responsibility in the context of the international regime on climate change. BASIC experts, 2011. Equitable access to sustainable development: Contribution to the body of scientific knowledge. BASIC expert group: Beijing, Brasília, Cape Town and Mumbai, [www.erc.uct.ac.za/Basic\\_Experts\\_Paper.pdf](http://www.erc.uct.ac.za/Basic_Experts_Paper.pdf)
- MMA, 2013a. Plano Setorial de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponibilizado pelo Ministério de Meio Ambiente, <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80076/Industria.pdf>
- MMA, 2013b. Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM). Ministério dos Transportes e Ministério das Cidades. Disponibilizado pelo Ministério de Meio Ambiente, <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80076/Transporte.pdf>
- MME, 2012. Balanço Energético Nacional 2011. Ministério de Minas e Energia, Brasília, [http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas\\_publicacoes.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html)
- MME, 2013. Balanço Energético Nacional 2012
- MT e MCid, 2013. Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM). Ministério dos Transportes e Ministério das Cidades, Brasília, <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80076/Transporte.pdf>
- Nigro F, 2012. Políticas e Incentivos para Redução de Consumo em Automóveis. 2º Workshop de Tecnologia e Eficiência Energética, Poli-USP
- OECD, 2011. A Caminho do Crescimento Verde: Um Sumário para os Decisores Políticos, <http://www.oecd.org/greengrowth/48536946.pdf>
- OECD 2012a. Economic Outlook, <http://www.oecd.org/eco/outlook/economicoutlookannextables.htm>
- OECD, 2012b. Green growth and sustainable development. Organisation for Economic Co-operation and Development, <http://www.oecd.org/greengrowth/greengrowthindicators.htm>. Acesso em 13 de março de 2013
- OECD 2013a. Factbook. Economic, Environmental and Social Statistics <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/3012021ec042.pdf?expires=1363209063&id=id&accname=guest&checksum=36F79773AEF11560A0B515280640B4A6>
- OECD 2013b. Green Growth Indicators – Brazil. OECD Statistics Database, [http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GREEN\\_GROWTH](http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GREEN_GROWTH) Acesso em 13/03/2013
- OESP, 2013. Governo troca usinas eólicas por termoelétricas a carvão. O Estado de São Paulo, 29 de abril.
- ONS, 2013a. Indicadores de desempenho do SIN. Operador Nacional de Sistemas [http://www.ons.org.br/indicadores\\_desempenho/qualidade\\_operacao.aspx](http://www.ons.org.br/indicadores_desempenho/qualidade_operacao.aspx)
- ONS, 2013b. Volume útil dos principais reservatórios. [http://www.ons.org.br/historico/percentual\\_volume\\_util.aspx](http://www.ons.org.br/historico/percentual_volume_util.aspx)
- Padoan PC, 2012. Regional initiative. Pilot study on green growth indicators in six LAC countries. Talking points, 07 June 2012, OECD HQ, CC18. <http://www.oecd.org/greengrowth/2012-06-04%20TPs%20DSG%20Padoan%20-%20OECD%20Workshop%20on%20GGI%20in%20LAC.pdf>
- Pardo N, Moya JA, Vatopoulos K, 2012. Prospective Scenarios on Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions in the EU Iron & Steel Industry. Report EUR 25543 EN. European Commission, Joint Research Centre, <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/11111111/26669/1/Idna25543enn.pdf>
- Rockström J et al., 2009. A safe operating space for humanity. Nature 461, 472–475, 24 September
- São Paulo, 2010. Política Estadual de Mudanças Climáticas. Plano Transportes, <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/01/plano-transporte-dez-2011.pdf>

Schaeffer R, Lucena A F P, Szklo A S, Borba B S M C, Nogueira L P P, Rathmann R, Soria R, 2012 Energia e Economia Verde: Cenários Futuros e Políticas Públicas. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS, Rio de Janeiro, [www.fbds.org.br](http://www.fbds.org.br)

SEMA-PR, 2013. Monitoramento da qualidade do ar. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná, [www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=23](http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=23)

Seroa da Motta RS 2012. Economia verde para o desenvolvimento sustentável. Fundamentos econômicos da sustentabilidade e políticas de transição rumo à economia verde. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, [http://www.cgee.org.br/publicacoes/economia\\_verde.php](http://www.cgee.org.br/publicacoes/economia_verde.php)

Silva CFA, Ferreira OC, Guidicini OYM, Eidelman F, Macedo RL, Deppe L, 2010. Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência. Emissões de dióxido de carbono por queima de combustíveis: abordagem bottom-up. Ministério de Ciência e Tecnologia, [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0219/219295.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0219/219295.pdf)

Strack D, Azevedo AFZ, 2012. A doença holandesa no Brasil: sintomas e efeitos. Revista Economia e Desenvolvimento, n. 24, vol. 2, 2012. p 68, <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/eed/article/view/6432/pdf>

The World We Want, 2013. High Level Dialogue on Energy in the Post-2015 Development Agenda, <http://www.worldwewant2015.org/Energy2015> e <http://www.worldwewant2015.org/node/339192>

UN, 1987. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>

UN, 2011. A United Nations System-wide Perspective. United Nations, [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/sustainability/pdf/GreenEconomy-Full.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/sustainability/pdf/GreenEconomy-Full.pdf)

UN, 2012. Resolution adopted by the General Assembly 66/288. The future we want. United Nations, <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N11/476/10/PDF/N1147610.pdf?OpenElement>

UNCED, 1997. United Nations Conference on Environment and Development, <http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html>

UNDESA, 2001. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies, 2nd edition, September. New York, NY, USA: United Nations Department of Economic and Social Affairs.

UNDESA, 2013a. MDG Gap Task Force. United Nations Department of Economic and Social Affairs, [http://www.un.org/en/development/desa/policy/mdg\\_gap/index.shtml](http://www.un.org/en/development/desa/policy/mdg_gap/index.shtml)

UNDESA, 2013b Sustainable Development Goals. United Nations Department of Economic and Social Affairs, <http://sustainabledevelopment.un.org/index.php?menu=1300>

UNDESA, 2013c. Sustainable Development Knowledge Platform, <http://sustainabledevelopment.un.org/>

UNDP, 2011. Green Economy Report. United Nations Development Programme

UNDP, 2012. Desenvolvimento Humano e IDH. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, <http://www.pnud.org.br/IDH/DH.aspx>

UNDP, 2013. Human Development Index tables, <http://hdr.undp.org>.

UNFCCC, 2013. Milestones on the road to 2012: The Cancun Agreements. United Nations Framework Convention on Climate Change, [http://unfccc.int/key\\_steps/cancun\\_agreements/items/6132.php](http://unfccc.int/key_steps/cancun_agreements/items/6132.php)

UNIDO, 2010. Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking. An Energy Policy Tool Working Paper. United Nations Industrial Development Organization, [http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Services/Energy\\_and\\_Climate\\_Change/Energy\\_Efficiency/Benchmarking\\_Energy\\_Policy\\_Tool.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Energy_and_Climate_Change/Energy_Efficiency/Benchmarking_Energy_Policy_Tool.pdf)

UNIDO, 2011. International Resource Panel - Decoupling natural resources use and environmental impacts from economic growth, [http://www.oecd.org/greengrowth/Latin%20America%20and%20the%20Caribbean%20Programme\\_UNIDO.pdf](http://www.oecd.org/greengrowth/Latin%20America%20and%20the%20Caribbean%20Programme_UNIDO.pdf)

UNSD, 2013. System of Environmental-Economic Accounting for Energy (SEEA-Energy). United Nations Statistics Division, <https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeae/>

Worrel E, Price L, Neelis M, Galitsky C, Nan Z, 2008. World Best Practice Energy Intensity Values for Selected Industrial Sectors. REV. 2. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technologies Division, Report LBNL-62806, <http://ies.lbl.gov/drupal.files/ies.lbl.gov.sandbox/62806.pdf>

WSSD, 2010. World Summit on Sustainable Development, <http://www.johannesburgsummit.org/>

## NOTAS

<sup>i</sup> As principais referências para dados primários utilizadas pelos autores são o Balanço Energético Nacional (MME 2012) e o Plano Decenal de Expansão de Energia 2008-2017 (EPE 2008). Utilizam também, dentre outras fontes, o Banco de Informações de Geração da ANEEL (2011) e o Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007). As projeções futuras de Schaeffer et al. (2012) foram feitas adotando, além do PDE2017, o World Energy Outlook da Agência Internacional de Energia (IEA 2010c). A maioria destas informações é agregada (ou topdown), baseada principalmente em balanços, planos energéticos e projeções. As publicações datam dos anos 2010-2011, referindo-se a dados até 2008-2009.

<sup>ii</sup> Balanços energéticos são inventários periódicos de oferta, transformação e demanda de energia que servem como instrumento de planejamento e avaliação. Tais balanços se estruturam de tal forma que se discrimina a energia como sendo a Energia Primária igual às Perdas na Transformação mais a Energia Final. Ao usuário interessa somente a energia final, isto é, aquela que caracteriza o serviço energético demandado nos diferentes setores: iluminação, transporte, aquecimento, refrigeração, comunicação. Essa energia provém de uma ampla gama de fontes e processos, nos quais há uma série de conversões, sempre com perdas. Processos mais eficientes desperdiçam menos energia, ou seja, conservam melhor a energia que proveio da natureza. As fontes primárias são os produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como os combustíveis fósseis (petróleo, gás natural, carvão mineral), o minério de urânio, a biomassa (lenha, resíduos orgânicos e outros), os aproveitamentos hidráulicos (energia potencial dos reservatórios e cinética dos cursos d'água), as fontes eólicas e solares. Nos fósseis e na biomassa a energia apresenta-se sob a forma química, o que permite utilizar o poder calorífico superior desses produtos como unidades de conversão de massa para energia. A energia nuclear depende das ligações internas dos átomos de seus elementos. As outras formas de energia primária são tratadas levando em conta sua capacidade de gerar energia motriz, calor e eletricidade. O petróleo, o carvão e em alguns casos o gás natural e a biomassa passam por processos em centros de transformação (refinarias, coqueiras, usinas de álcool e biodiesel, usinas hidro ou termelétricas e outros) que os convertem em formas mais adequadas de energia para diferentes usos. Estas formas são classificadas como energia secundária, que pode ser a eletricidade, o calor de processo e os combustíveis derivados (como a gasolina, o óleo diesel, o querosene, o gás liquefeito de petróleo e o etanol). Uma fonte secundária pode ser convertida em outra, caso do óleo diesel de petróleo queimado numa usina termelétrica para produzir vapor que gera eletricidade em uma turbina. A energia final inclui a fração da energia primária de uso direto (lenha para cocção, gás natural em aquecedores) e a secundária. Essa é a energia disponível ao usuário, que pode ser comercial ou não (caso da lenha catada, e de outros combustíveis utilizados de forma tradicional). A avaliação de um sistema energético necessita de indicadores coerentes (sob bases comuns de unidades de conversão), consistentes (passíveis de análises temporais) e com um nível suficiente de desagregação (territorial, por combustível, por processo e por setor de utilização). Quando cobrem todo o universo (espacial, temporal e por energético), os estudos são chamados de topdown (de cima para baixo). À medida em que aumenta a desagregação (como por setor, tipologia de processo, grau e categoria de utilização), o levantamento de informações para balanços e cenários é chamado de bottom-up – ou de baixo para cima Silva et al, 2010). O ideal seria uma perfeita convergência entre as abordagens, mas isso muito raramente ocorre.

<sup>iii</sup> As emissões de poluentes atmosféricos atingem principalmente os grandes centros urbanos e alguns polos industriais, devendo seus impactos ser avaliadas em função das comunidades e biomas mais afetados. Em termos de relevância, com as tecnologias atuais os principais poluentes emitidos em processos energéticos são os particulados e os precursores do ozônio troposférico. No Brasil, o monitoramento da qualidade do ar é realizado no Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia e Distrito Federal (SEMA-PR 2013, IAP 2013, CETESB 2013a, INEA 2013, FEAM 2013, INEMA 2013, CETREL 2013 e IBRAM 2013). Balizam as análises de impacto de cada empreendimento os padrões de qualidade do ar. No Brasil, estes são estabelecidos por resoluções do CONAMA; o Estado de São Paulo adotou padrões um pouco mais restritivos, contudo ainda não atingindo as metas preconizadas pela Organização Mundial da Saúde. (CETESB, 2013b). Índices de qualidade do ar podem ser agregados, tornando a mensagem mais acessível à população, classificando a qualidade do ar sob aspectos qualitativos (boa, regular, inadequada, má, péssima e crítica). Algumas regiões encontram-se saturadas de poluentes, de forma fática ou legal. No segundo caso, medidas restritivas à instalação e operação de indústrias, termelétricas e outros processos de grande porte podem ser aplicadas. Como sistemas de controle final (fim-de-tubo) podem ser eficazes em fontes concentradas (indústrias, termelétricas) mas não em fontes difusas (veículos, geradores e outros), o primeiro requisito fundamental para reduzir as emissões é o uso de combustíveis com menos contaminantes, como os biocombustíveis e a hidreletricidade. Já os impactos sobre os múltiplos usos de água são bastante específicos e conseqüentemente mais difíceis de se quantificar. Algumas atividades consomem muita água (bioenergia) ou afetam os regimes hídricos (hidroeletricidade) e contaminam o ambiente efetiva ou potencialmente (mineração, acidentes). A energia eólica consome e contamina muito pouco. As termelétricas podem adotar tecnologias de baixo consumo de água se houver necessidade (IIASA 2012, Macknick et al, 2012, Lucon et al, sd). Análises locais de impactos ambientais são feitas através de Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA-RIMAs). De uma forma mais macro, no planejamento energético (EPE 2012) a análise socioambiental se diferencia conforme a tipologia e região. Para as usinas hidrelétricas, compreende avaliações processuais (prazos para a entrada em operação) e socioambientais (através da parametrização de potenciais impactos e benefícios). As outras fontes renováveis (PCH, centrais eólicas e UTE a biomassa) são analisadas pelo aspecto socioambiental da expansão. Na transmissão de energia elétrica, as principais áreas de interesse socioambiental que poderão ser afetadas pelas linhas planejadas. A expansão termelétrica (inclusive emissões) e análise socioambiental da expansão da malha de gasodutos é incorporada na análise integrada dos planos energéticos. Para petróleo e gás natural planejada, é avaliada a sensibilidade ambiental na região da exploração e os potenciais benefícios socioeconômicos resultantes dos investimentos planejados. Para os biocombustíveis líquidos foi realizada a caracterização da produção e a análise socioambiental da expansão do etanol e do biodiesel.

<sup>iv</sup> Devido à progressão geométrica, um ou dois pontos percentuais no PIB têm um grande efeito na projeção da demanda e das emissões. Pequenas alterações nessas premissas causam consideráveis impactos nas projeções de demanda de energia e conseqüente emissões, que se propagam ao longo do horizonte. O Fundo Monetário Internacional, em seu mais recente World Economic Outlook, prevê para o Brasil um crescimento entre 3,0 % e 4,2% a.a. em 2013-2018 (IMF 2013). A Economist Intelligence Unit estima entre 3,0% e 3,4% o crescimento do PIB brasileiro entre 2013 e 2017, refletindo os efeitos da crise financeira global (EIU 2013). Em contraposição, os Planos Decenais de Expansão de Energia – PDE baseiam-se em cenários macroeconômicos que para os horizontes 2007-2021 admitem que o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro siga trajetórias de crescimento com valores próximas a 5% ao ano (EPE 2006, 2007, 2009, 2011, 2013). As estimativas variam entre 2,0% a.a. e 6,0% a.a., porém desde 2009 os valores projetados para 2017-2021 se concentram perto dos 5%. Essa mesma premissa norteia a aplicação da Política Nacional sobre Mudanças Climáticas – PNMC: a meta brasileira de

redução de emissões (entre 36,1% e 38,9%) é relativa, sobre uma linha de tendência de 5% a.a. no crescimento para a maior parte dos setores: energia, atividades industriais, tratamento de resíduos e agropecuária. (Brasil 2010). Como as reduções de emissão comprometidas pelo país para 2020 se baseiam em uma linha de tendência futura, quanto mais inflada for essa tendência mais fácil será atingir a meta relativa sem qualquer interferência nas atividades econômicas, como se criando um a espécie de ar quente (Andi 2013). Se o Brasil de fato crescer 3% ao ano ao invés de 5%, em 10 anos o crescimento acumulado será de 34,4% ao invés de 62,9%. Sem nenhuma ação adicional, a redução de dois pontos percentuais no PIB já abateriam 28,5% dos 38,9% sobre a linha de tendência previamente estipulada. Se o cálculo fosse sobre uma meta absoluta, isto é, considerando as emissões do primeiro ano-base como 100%, os cálculos seriam bem diferentes. A meta de redução relativa de 38,9% sobre uma projeção de 162,9% ajustada para o termo inicial (ano-base) representada, na realidade, reduções absolutas de menos de 0,5%.

<sup>v</sup> Os chamados benchmarks permitem calibrar os potenciais patamares de redução de consumo energético e de mitigação de emissões de carbono. Valores de “melhores práticas globais” (best available technology – BAT) representam os processos mais eficientes em termos energéticos que são utilizados em escala comercial em pelo menos um país. Um gráfico típico de adoção de melhor prática (ou benchmark) considera a eficiência da unidade (planta industrial geralmente) como função do volume total de produção de todas as unidades (plantas) similares, ou ainda como uma função do número total de unidades que operam naquele dado nível de eficiência, ou em piores.

<sup>vi</sup> Ajuste a partir de 1,9% em 2011-2021, conforme EPE (2012)

<sup>vii</sup> Conforme desempenho dos países da Tabela 2

<sup>viii</sup> Ajuste a partir de 4% em 2005-2021, conforme EPE (2012)

<sup>ix</sup> Conforme desempenho dos países da Tabela 2

<sup>x</sup> ou 396 em 2011 (EPE 2012)

<sup>xi</sup> Ajuste a partir de 4% em 2005-2021, conforme EPE (2012)

<sup>xii</sup> Consistentes com cenário 2oC da IEA (2012), em relação às emissões do ano 2010. Na pior das hipóteses, aumentar as emissões em no máximo 45%, estabilizando em seguida, conforme cenário 4oC da Figura 2

<sup>xiii</sup> Ajuste a partir de 4% em 2005-2021, conforme EPE (2012)

<sup>xiv</sup> Ajuste a partir de 4% em 2005-2021, conforme EPE (2012)

<sup>xv</sup> Valor mais conservador das melhores práticas atuais e das metas da IEA para o Brasil em 2050 (Tabela 4)

<sup>xvi</sup> ajuste a partir de 4% em 2005-2021, conforme EPE (2012)

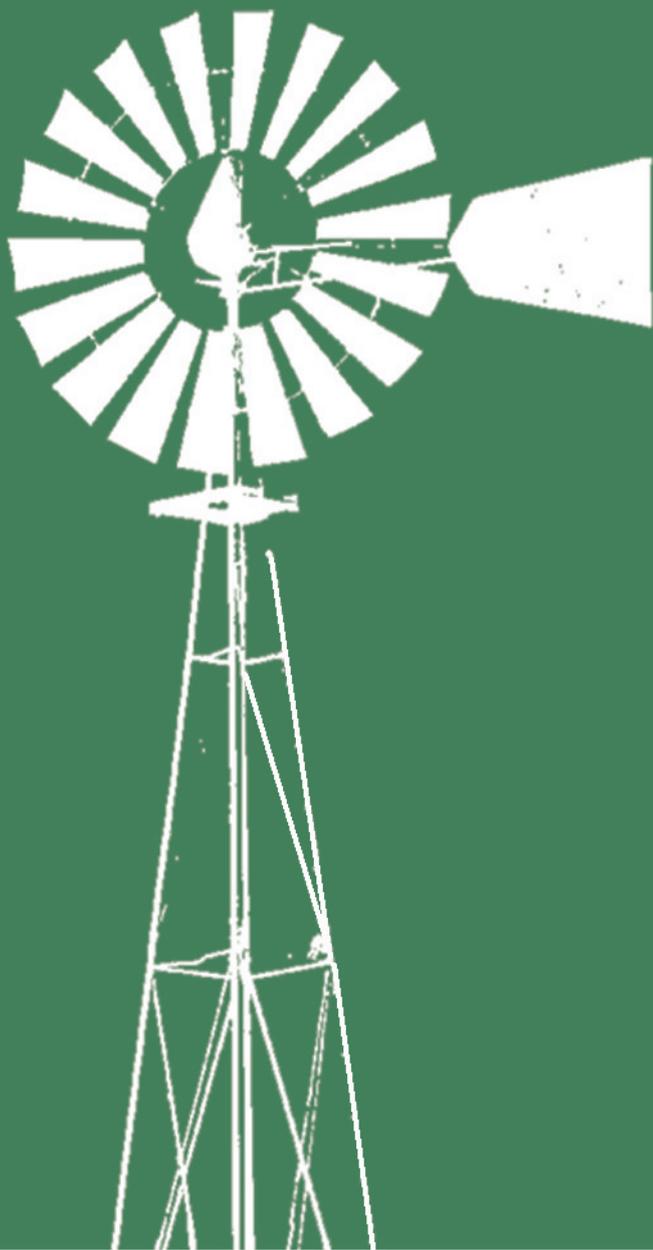
<sup>xvii</sup> Valor mais conservador das melhores práticas atuais e das metas da IEA para o Brasil em 2050 (Tabela 4)

<sup>xviii</sup> Ajuste a partir de 4% em 2005-2021, conforme EPE (2012)

<sup>xix</sup> Valor mais conservador das melhores práticas atuais e das metas da IEA para o Brasil em 2050 (Tabela 4)

<sup>xx</sup> Conforme Tabela 4

<sup>xxi</sup> Conforme categorias da Tabela 4



**AmBev**

**JSL**  
Entender para Atender

  
**Light**

