

Nº 77

Série

Eixos do Desenvolvimento Brasileiro

Comunicados do Ipea

**Sustentabilidade Ambiental no Brasil:
biodiversidade, economia e
bem-estar humano**

Energia

15 de fevereiro de 2011

Governo Federal
Secretaria de Assuntos Estratégicos da
Presidência da República
Ministro Wellington Moreira Franco

Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Marcio Pochmann

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Fernando Ferreira

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais

Mário Lisboa Theodoro

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia

José Celso Pereira Cardoso Júnior

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

João Sicsú

Diretora de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Liana Maria da Frota Carleial

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura

Marcio Wohlers de Almeida

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

Jorge Abrahão de Castro

Chefe de Gabinete

Pérsio Marco Antonio Davison

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação

Daniel Castro

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

Ouidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

Comunicados do Ipea

Os *Comunicados do Ipea* têm por objetivo antecipar estudos e pesquisas mais amplas conduzidas pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, com uma comunicação sintética e objetiva e sem a pretensão de encerrar o debate sobre os temas que aborda, mas motivá-lo. Em geral, são sucedidos por notas técnicas, textos para discussão, livros e demais publicações.

Os *Comunicados* são elaborados pela assessoria técnica da Presidência do Instituto e por técnicos de planejamento e pesquisa de todas as diretorias do Ipea. Desde 2007, mais de cem técnicos participaram da produção e divulgação de tais documentos, sob os mais variados temas. A partir do número 40, eles deixam de ser *Comunicados da Presidência* e passam a se chamar *Comunicados do Ipea*. A nova denominação sintetiza todo o processo produtivo desses estudos e sua institucionalização em todas as diretorias e áreas técnicas do Ipea.

Este Comunicado faz parte de um conjunto amplo de estudos sobre o que tem sido chamado, dentro da instituição, de *Eixos do Desenvolvimento Brasileiro*: Inserção internacional soberana; Macroeconomia para o desenvolvimento; Fortalecimento do Estado, das instituições e da democracia; Infraestrutura econômica, social e urbana; Estrutura tecnoprodutiva integrada e regionalmente articulada; Proteção social, garantia de direitos e geração de oportunidades; e Sustentabilidade ambiental.

Esta série de Comunicados sobre Sustentabilidade ambiental nasceu de um grande projeto denominado *Perspectivas do Desenvolvimento Brasileiro*, que busca servir como plataforma de sistematização e reflexão sobre os desafios e as oportunidades do desenvolvimento nacional, de forma a fornecer ao Brasil o conhecimento crítico necessário à tomada de posição frente aos desafios da contemporaneidade mundial.

Os documentos sobre os eixos do desenvolvimento brasileiro trazem um diagnóstico de cada campo temático, com uma análise das transformações dos setores específicos e de suas consequências para o País; a identificação das interfaces das políticas públicas com as questões diagnosticadas; e a apresentação das perspectivas que o setor deve enfrentar nos próximos anos, indicando diretrizes para (re) organizar a orientação e a ação governamental federal.

A coleção *Perspectivas do Desenvolvimento Brasileiro* é formada por 10 livros, que somam 15 volumes. Estiveram envolvidas no esforço de produção dos livros cerca de 230 pessoas, 113 do próprio Ipea e outras pertencentes a mais de 50 diferentes instituições, entre universidades, centros de pesquisa e órgãos de governo, entre outras.

O livro no qual o presente Comunicado se insere é intitulado *Sustentabilidade Ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano*. Em 2010, o Ipea divulgou uma série de Comunicados com base no livro *Infraestrutura econômica no Brasil: diagnósticos e perspectivas para 2025*.

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NO BRASIL: BIODIVERSIDADE, ECONOMIA E BEM-ESTAR HUMANO*

1 INTRODUÇÃO

A definição do tipo de energia utilizada em um dado país ou região é decorrente da necessidade de se atender à demanda doméstica e de aumentar o nível de inserção no mercado econômico internacional. As políticas públicas, ao apoiarem a produção de bens, o desenvolvimento regional, o atendimento das famílias, os cuidados ambientais; e ao estimularem a geração de energia da fonte A ou B, são vetores importantes no desenho do modelo energético. Nesse sentido o Brasil tem sido exemplo mundial no uso de energias renováveis ao manter, desde os anos 1970 até 2009, matriz energética que oscila entre 61% (1971) e 41% (2002) originada de fontes renováveis.

Além desse fato, que outros componentes da geração e consumo de energia são também relevantes para a área socioambiental e para o desenvolvimento do país?

Por ser uma atividade naturalmente impactante, o setor energético é responsável por quase 10% de todo o consumo final de energia no país (BRASIL, 2009c) e também responde por cerca de 16% das emissões nacionais de gases de efeito estufa (GEE), considerando-se toda geração, segundo dados do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) (BRASIL, 2004). Porém, o impacto maior, para o modelo atual da matriz, encontra-se no consumo de combustíveis fósseis, que são os maiores emissores de GEEs e de uma série de poluentes atmosféricos.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME) (BRASIL, 2009a, 2009d), o consumo médio por habitante, no Brasil, de 1,34 tonelada equivalente de petróleo (tep)/habitante por ano, é ainda baixo comparado aos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), de 4,69 tep/habitante, e também inferior à média mundial, que foi de 1,78 tep/habitante, em 2008. Porém, mesmo com a busca por maior eficiência energética, o atendimento a todos os setores da sociedade, em cenário de crescimento médio do produto interno bruto (PIB) implicará aumento de 105 milhões de tep no país, saindo de 251 milhões de tep (BRASIL, 2009a) para 35 milhões de tep em 2030 (BRASIL, 2007b).

Essa média de consumo por habitante tem maior relevância quando é confrontada com o tipo de energia utilizada e o tipo de desenvolvimento industrial que se configura em um dado país ou região. Por isso, outra forma de analisar a questão, abordada neste texto, é a eficiência energética por setor de produção e de consumo, enfoque que incorpora preocupações ambientais e mercadológicas no plano internacional. Também são abordadas, neste trabalho, a forma como os estudos de planejamento energético tratam a questão dos impactos ambientais na geração e no consumo de energia. Para isso, são referenciais os estudos e os planos do governo federal para a área energética como o Balanço Energético Nacional (BEN), o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2008-2017 e o Plano Nacional de Energia (PNE) 2030.

Como se nota nas seções seguintes, o Brasil tem potencial para efetivar um modelo energético ainda menos intenso em emissões GEEs e de poluentes atmosféricos – NO-, CO, SO-, entre outros –, com ganhos econômicos. Nessa perspectiva, o texto se desenvolve tendo como premissa que a disponibilização e o consumo de energia, pautados por maior cuidado ambiental, poderão ocorrer a partir de ações coordenadas, compreendendo responsabilidades dos setores público e privado. Também é premissa que tal coordenação ocorrerá somente a partir do Estado, e não por conta do livre mercado.

O objetivo do texto é discutir os principais desafios de médio prazo relacionados ao tema meio ambiente e energia, no Brasil, especialmente nas relações com as políticas públicas do setor energético. No caso da oferta, atenta-se para a evolução e as perspectivas da Oferta Interna de Energia (OIE) e as suas interações com problemas ambientais. No que se refere ao consumo, aborda-se o desenvolvimento e o perfil dos principais setores consumidores, que são o industrial – e seus subsectores –, o residencial e o de transportes.

Duas perguntas guiam o trabalho: como o Estado tem induzido ou direcionado ações para romper a tradição de oferta e consumo ineficiente de energia nos principais setores demandantes? Que oportunidades de integração há na gestão da matriz energética com a gestão ambiental, no Brasil?

No mesmo contexto dessas perguntas, pode-se observar que o desafio de viabilizar empreendimentos com responsabilidade socioambiental depende de mecanismos de internalização de custos ambientais na produção. Necessariamente, isso implica olhar para a cadeia de produção e para os impactos dos insumos, inclusive da energia, nos preços finais dos produtos.

Para abordar essas questões, o texto está dividido em três partes: a primeira, nos tópicos 2 e 3, abordam-se formas de disponibilização e de consumo de energia no Brasil; a seguir, nos tópicos 4 e 5, são abordados aspectos operacionais da disponibilização e gestão da energia, a exemplo de investimentos, questões socioeconômicas e licenciamento; por fim, na terceira parte, são discutidos aspectos relativos a pesquisa e à eficiência energética.

*Este comunicado contou com a participação de Gesmar Rosa dos Santos, Antenor Lopes de Jesus Filho, Gustavo Luedemann e Albino Rodrigues Alvarez.

2 OFERTA DE ENERGIA NO BRASIL

2.1 Perfil energético sob a ótica das questões ambientais

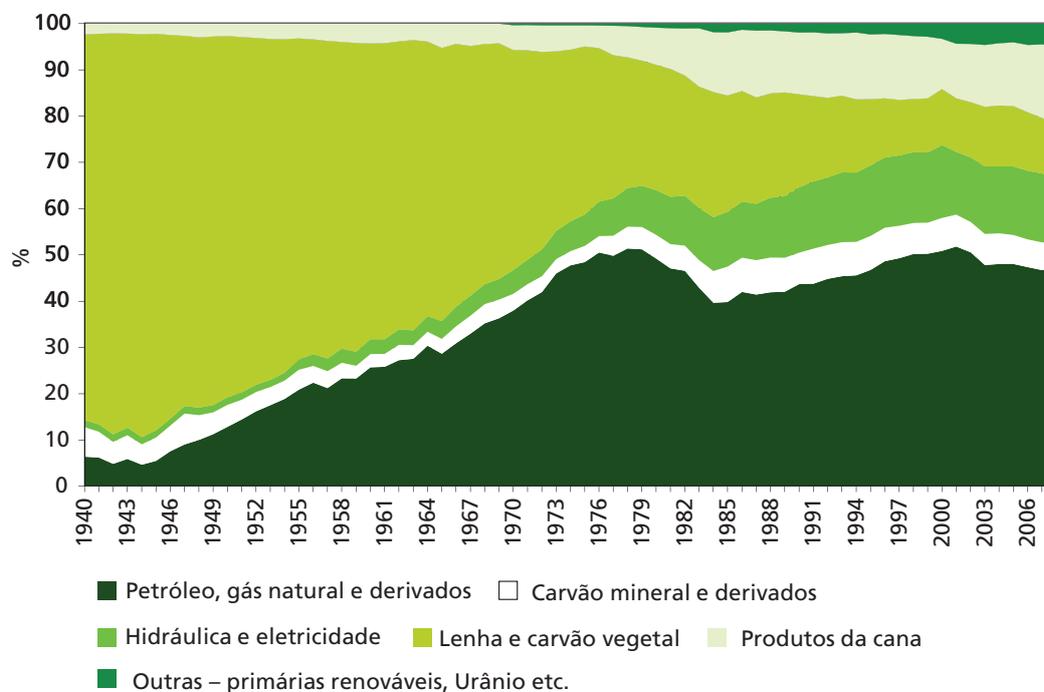
As projeções da Agência Internacional de Energia (International Energy Agency – IEA) apontam que a demanda global de energia passará de 12 bilhões de tep, em 2007, para 17,3 bilhões de tep em 2030, permanecendo-se o cenário atual de políticas de energia, sem metas de redução das fontes fósseis (IEA, 2009). Essa demanda seria atendida pelo aumento da oferta de fontes emissoras de GEE – petróleo, gás e carvão mineral –, cuja participação na matriz mundial de energia passaria dos atuais 77,8% para 80,6% da matriz mundial, em 2030 (IEA, 2009).

A previsão da agência para energias renováveis para 2030 é de 14,2% da produção total, sem acordos de redução obrigatória das fontes de origem fóssil. Em uma perspectiva de controle das emissões de GEEs, toma-se como referencial a estabilização da concentração de CO₂ atmosférico em 450 ppm, a base energética renovável passaria para 33% da oferta mundial de energia, em 2030 (IEA, 2009).

O Brasil, ao buscar o padrão de desenvolvimento econômico dos países industrializados, desenvolve também um padrão de produção e de consumo de energia no qual há uma relação direta entre o crescimento econômico – medido pelo PIB – e a expansão do consumo de energia.¹ As projeções de consumo e oferta de energia para 2030, elaboradas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do MME (BRASIL, 2007b), apontam continuidade do perfil da matriz energética brasileira, com maior grau de dependência de combustíveis fósseis. A matriz passou de altamente dependente de lenha e carvão vegetal para altamente dependente do petróleo, a partir da década de 1940, quando se alavancou a industrialização do país.

A figura 1 ilustra a evolução da OIE no Brasil. Nota-se que, entre os componentes, o carvão mineral e os seus derivados mantêm um padrão de oferta pequeno, em torno de 5% a 8%, sendo residual a categoria agrupada em “outras fontes” – urânio, biodiesel, eólica, solar, resíduos. A oscilação maior na oferta ocorreu na participação de hidrelétricas e produtos da cana-de-açúcar – etanol e bagaço – que juntamente com o carvão vegetal e a lenha formam a categoria renováveis e somaram 45,9% da OIE, em 2008 (BRASIL, 2009c).

GRÁFICO 1
Oferta interna de energia – Brasil, 1940-2008



Fonte: Brasil (2009c).

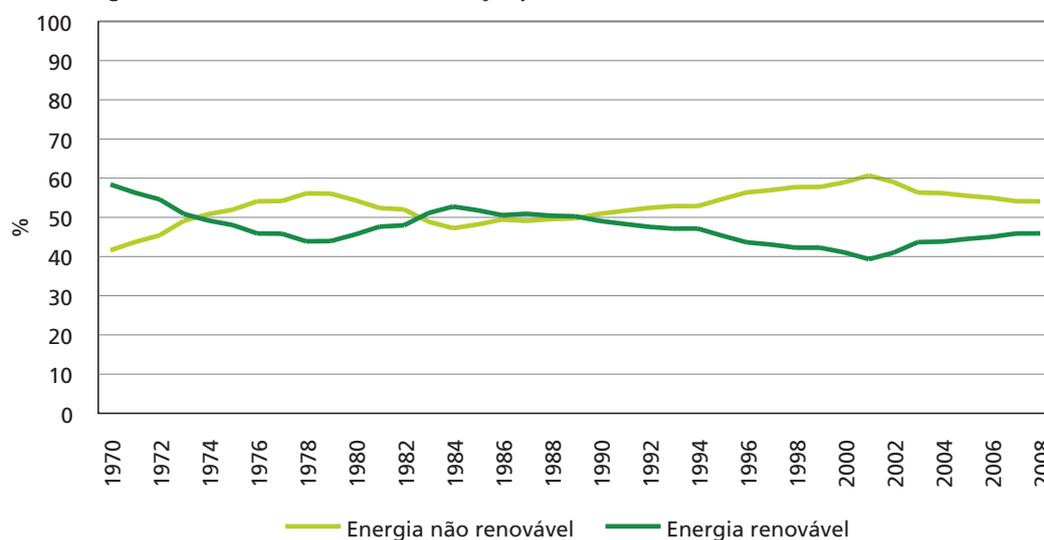
1. As unidades de energia aqui utilizadas são: tonelada equivalente de petróleo (tep) e o kwh ou Mwh, cuja equivalência é: 1 tep = 11,63 x 10³ kWh = 11,63 MWh.

Esse perfil da OIE destaca o Brasil no cenário mundial com a matriz energética de menor grau de emissão GEE entre os países industrializados. Conforme mostra o gráfico 1, no período entre 1940 e 1972 houve, de um lado, a vantagem da redução do consumo de lenha e de carvão vegetal (cuja fonte principal foi o desmatamento) e, de outro lado, a desvantagem do aumento do diesel e do óleo combustível. Esse perfil se altera após 1970, quando a participação do etanol, a continuidade da redução da lenha e do carvão vegetal e o aumento da hidreletricidade foram os fatores determinantes.

O gráfico 2 apresenta a oscilação entre os percentuais de energia renovável – somada com a nuclear – e de fontes fósseis, desde 1970. Os pontos de alta das fontes de energia fósseis correspondem a preços baixos do petróleo no mercado internacional, bem como aos momentos de baixa da produção de energias renováveis – essencialmente o álcool. Destaca-se também a mudança advinda com os carros *flex*, a partir de 2003, que possibilitou o aumento da geração de energia elétrica com o bagaço da cana-de-açúcar. O biodiesel tem, ainda, participação bastante residual, não atingindo 1% da OIE.0

GRÁFICO 2

Energia renovável e não renovável – variação percentual no total da OIE – 1970-2008



Fonte: Brasil (2009c).

Há de se observar, porém, o que levou à estimativa da EPE a apontar aumento das fontes energéticas fósseis na OIE até 2030 (BRASIL, 2007b), embora a parcela de energias renováveis no Brasil (45,9%, em 2008) seja bastante superior à média global, de 12,9% (BRASIL 2009c). Os dados da tabela 1 mostram que continuará forte a dependência do petróleo na matriz, até 2030. Cabe observar a alteração do perfil das projeções da OIE, comparando-se o padrão atual com 2030. Nesta data, no cenário de crescimento intermediário (B2, ou Pedalinho), por exemplo, a projeção do PIB 2030 é de R\$ 4,3 bilhões, com intensidade energética estável. O box 1 apresenta os referenciais utilizados na elaboração das estimativas.

TABELA 1

Participação de fontes na oferta interna de energia em diferentes cenários

(Em %)

Agrupamento energético ¹	PNE 2004	BEN 2008	Projeções para 2030 (% da oferta total)			
			Na crista da onda	Surfando a marola	Pedalinho	Náufrago
Gás natural	5,3	9,3	8,5	8,0	7,9	7,9
Carvão mineral e derivados ²	7,1	6,0	8,1	7,0	7,8	8,4
Lenha e carvão vegetal	13,7	12,0	5,7	6,2	7,3	7,9
Etanol	4,0	3,7	6,8	6,6	7,3	4,9
Derivados de petróleo ³	34,4	37,4	32,2	33,8	31,9	32,3

(continua)

(continuação)

Agrupamento energético ¹	PNE 2004	BEN 2008	Projeções para 2030 (% da oferta total)			
			Na crista da onda	Surfando a marola	Pedalinho	Náufrago
Hidráulica e eletricidade	18,4	14,9	22,5	22,0	22,7	23,5
Combustíveis residuais ⁴	17,1	13,7	16,2	16,4	15,1	15,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fontes: Brasil (2007a, 2009c).

Elaboração própria.

Notas: ¹ Não se considera o consumo do setor energético.² Inclui: carvão vapor, carvão metalúrgico, gás de coqueria e coque de carvão mineral.³ Inclui: óleo diesel, gasolina, GLP e querosene.⁴ Inclui: resíduos agroflorestais (produção de celulose), óleo combustível e demais combustíveis residuais, utilização do bagaço de cana-de-açúcar.

BOX 1

Cenários das projeções de energia para o Brasil

No PNE 2030 as projeções feitas pelo MME/EPE partem dos seguintes cenários: *i*) demográfico – total de residentes de 238.554.700 em 2030 – e de domicílios – 88% da população em centros urbanos e total de 81.837.400 residências; *ii*) econômicos nacionais – inclui cenários econômicos e de oferta de energias no âmbito internacional, questões ambientais e regulação de mercados; *iii*) mercado de energia elétrica; *iv*) consumo final de energia; e *v*) demanda de energia primária. Também compõem os estudos incertezas ambientais, socioeconômicas, políticas e institucionais.

Os cenários considerados em nível mundial foram resumidos em três condições: *i*) amplamente positivo sob todas as incertezas e parâmetros/indicadores – PIB global de 3,8% a.a., Brasil 5,1%; *ii*) realista ou de grau médio de indicadores – PIB global de 3% a.a., Brasil 4,1% ou 3,2%; e *iii*) e o cenário que se pode afirmar de conservador – ou pessimista –, com PIB global e Brasil de 2,2% a.a. A cenarização é de 2007 (BRASIL, 2007b).

Assim, os cenários desenhados pela EPE podem ser resumidos em: “Na Crista da Onda” descreve perspectiva global e local excelentes, com demanda de 294 terawatts hora (TWh) de demanda energética; “Surfando a Marola”, representa boas condições e necessidade de 255 TWh de energia; “Pedalinho” é um cenário apenas regular, com demanda de 225 TWh; e “Náufrago” é condição de estagnação econômica, com demanda de 189 TWh. A base dos cálculos é a demanda adotada como 100 TWh, em 2005, não incluindo o consumo do setor energético.

Cabe observar que um cenário de projeções como o B2 (pedalinho), no qual a *intensidade elétrica* aumentaria muito, ou seja, de 193,6 kWh/mil reais, no PIB de 2005, para 230,3 kWh/mil reais em relação ao PIB de 2030 (BRASIL, 2007b, p. 214), é mais provável do que os cenários mais otimistas em termos da qualidade ambiental da matriz energética total. Para 2030 foi estimado *consumo final de energia* em torno de 1,49 mil tep/hab, contra 0,89 mil tep/hab em 2005 (BRASIL, 2007b, p. 206). Nessa situação, e sempre para o cenário B2, a demanda energética total – e também a OIE – seria de 356.285 mil tep, ante 161.779 mil tep em 2005. A OIE, em 2008, foi de 252.596 mil tep (BRASIL, 2009a).

As novas hidrelétricas e outras fontes renováveis, como a eólica e a geração termelétrica com o bagaço da cana, são os elementos que indicam a possibilidade de se manter o patamar atual de fontes renováveis na área de geração elétrica, no conjunto da OIE (gráficos 1 e 2). O detalhamento da matriz elétrica é feita na seção seguinte deste capítulo.

Ao analisarem as projeções, especialistas consideram os cenários da EPE/MME otimistas demais, conforme observam Goldemberg e Lucon (2007), no que se refere à relação energia/meio ambiente. A crítica dos autores se baseia no crescimento do PIB, que tem sido menor do que as previsões, ao passo que a matriz tem se tornado mais poluente do que o previsto pela EPE. Os autores destacam a incoerência no aumento do número e da capacidade de geração por meio de usinas térmicas. De fato, entre 2004 e 2009, houve aumento da capacidade de emissão de CO₂ em função das novas usinas termelétricas movidas a óleo combustível que foram licitadas. Porém, a oferta de energia, nessa modalidade, ainda está abaixo do previsto para o período 2004-2010 pelas previsões do PNE 2030, devendo-se, então, efetivar a previsão do aumento das hidrelétricas.

A descoberta do petróleo na camada pré-sal não altera as condições de projeção em termos do consumo final dos combustíveis, em um cenário de continuidade das políticas de incentivo às energias renováveis. Isso porque as estimativas, mesmo antes do pré-sal, são de aumento do uso das energias de origem fóssil.

Esse cenário permite supor que, em condições socioeconômicas estáveis, o petróleo do pré-sal, ou de outros campos, não substituiria as fontes renováveis, no Brasil, exceto por deliberação em contrário que possam desincentivar as renováveis, o que parece pouco provável, pois setores como do etanol e do biodiesel se fortalecem a cada ano.

Por outro lado, os efeitos ambientais, na etapa de produção, serão potencialmente ampliados no ambiente marinho e nas áreas de refino e sistemas de transportes, dada uma nova escala de produção. Estudos sobre esses aspectos, mais as tecnologias de produção, formas de redução da GEE na geração, entre outros, estão ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Um problema ambiental já levantado é que os novos campos têm maior poder de emissão de GEE do que os poços em operação, não sendo ainda economicamente viável um padrão de produção que não aumente sensivelmente as emissões atmosféricas. Essa questão deve ser avaliada no contexto do setor de *commodities* minerais destinada ao mercado externo, de forma que os custos totais da internalização dos danos ambientais não sejam repassados para a sociedade e sim para a atividade geradora dos danos. Sem essa condicionante, o país estará apenas subsidiando a sustentabilidade da sua produção energética e de *commodities* para beneficiários externos ao país.

Essa mesma diretiva deveria ser aplicada, também, no caso dos biocombustíveis, sendo importante observar que as vantagens deles seriam ainda maiores frente aos combustíveis de origem fóssil, se pautados pela sustentabilidade socioambiental de modo inquestionável. É nesse sentido que o presente texto destaca os biocombustíveis como um importante elemento da oferta de energia no Brasil, no contexto da transição da matriz.

BOX 2

Emissão de gases de efeito estufa e o setor energético

No Brasil, o conjunto geração e disponibilização de energia ocupa a segunda posição da emissão de GEE, com 23%, o que se deve, essencialmente, ao setor de transportes, maior demandante de energia. Fica atrás apenas das mudanças de usos do solo (que inclui emissões nas barragens) somada com a agropecuária que, devido às queimadas, somam 75% das emissões, segundo dados do inventário de emissões, elaborado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2004).

O MCT considerou apenas os gases e as famílias de gases de efeito estufa regulados pelo Protocolo de Quioto: dióxido de carbono (CO₂), gás metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs). Portanto, no montante emitido de 1.481.259 Gg de CO₂ eq, não foram incluídos os gases de efeito estufa indireto, como sulfetos, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono, (BRASIL, 2004). O segundo inventário encontra-se em finalização, devendo observar a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC).

2.2 Matriz de geração elétrica no Brasil

De uma forma geral matriz elétrica pode ser definida como sendo um conjunto de fontes distintas que ofertam internamente energia, ou mais precisamente ser definida como sendo a oferta interna discriminada quanto às fontes e setores de consumo. Ela pode ser entendida como um instrumento técnico que permite a um país acompanhar os resultados das políticas e estratégias setoriais implantadas, e traduz de forma bastante fiel as respostas do mercado e da sociedade às opções encontradas.

Com base neste instrumento, pode-se reajustar o processo de planejamento do setor por meio, por exemplo, dos parâmetros de oferta e demanda, de forma que a matriz energética expresse os interesses da coletividade e reflita as políticas e estratégias setoriais em andamento.

Também, como instrumento técnico, o acompanhamento da evolução das fontes de energia presentes na matriz elétrica pode certamente subsidiar a tomada de decisões no setor. Nesse aspecto, os países que evoluem com sua matriz para recursos energéticos de custo e de impacto ambiental baixos obtêm seguramente importantes vantagens comparativas. Paradoxalmente, com o desenvolvimento econômico e social há uma expressiva demanda de energia e com isso a necessidade de um alto grau de segurança e de sustentabilidade energéticas, muitas vezes gerando desagradáveis impactos ambientais (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007).

No caso da matriz elétrica brasileira no que diz respeito à participação das diversas fontes na geração de energia, as usinas hidrelétricas são de longe as majoritárias entre os empreendimentos em operação. Atualmente, a capacidade instalada de geração elétrica em território brasileiro é de 109.245,6 megawatt (MW) de potência, sendo a fonte hídrica a maior contribuidora, seguida dos empreendimentos à base térmica. Não menos importante, um total de 8.170 MW de potência é injetado no sistema elétrico brasileiro, oriunda da importação de países, como o Paraguai (5.650,0 MW), a Argentina (2.250,0 MW), a Venezuela (200 MW) e o Uruguai (70 MW) (ANEEL, 2010).

A tabela 2 mostra a participação das principais fontes de geração utilizadas no cenário energético do setor elétrico brasileiro, destacando os empreendimentos que estão operando, assim como aqueles que estão em construção ou foram concedidos – licitação – ou autorizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Observar que a potência apresentada em MW mostra o perfil da capacidade instalada do parque gerador nacional e não a energia produzida ou consumida por hora.

TABELA 2

Participação dos diferentes recursos energéticos na geração de energia elétrica
(Potência em MW)

Tipos – usinas	Em operação		Em construção ¹		Total parcial
	Número de usinas	Potência (%)	Número de usinas	Potência (%)	Potência (%)
Hidrelétricas ²	852	79.182,3 (72,5)	311	15.336,7 (40,8)	94.519,0 (64,4)
Térmicas	1.341	27.262,0 (25,0)	216	18.820,5 (50,0)	46.082,5 (31,4)
Combustíveis fósseis	948	19.302,0 (17,7)	122	14.599,7 (38,8)	33.901,7 (23,1)
Biomassa	368	6.989,6 (6,4)	81	3.654,4 (9,7)	10.644,0 (7,2)
Outros ³	25	970,4 (0,9)	13	566,4 (1,5)	1.536,8 (1,0)
Termonucleares	02	2.007,0 (1,8)	01	1.350,0 (3,6)	3.357,0 (2,3)
Eólicas	45	794,3 (0,7)	41	2.096,3 (5,6)	2.890,6 (2,0)
Total	2.240	109.245,6 (100)	569	37.603,5 (100,0)	146.849,1 (100)

Fonte: Aneel, atualizado até 16 de junho de 2010.

Elaboração própria.

Notas: ¹ Incluídos os empreendimentos licitados e autorizados que ainda não iniciaram a construção.

² Incluindo as pequenas centrais hidroelétricas (PCHs) e as mini-micros hidrelétricas (até 1 MW). Também estão contabilizadas as grandes usinas hidrelétricas de Energia (UHEs) como: Estreito (TO) e (MA) (1.087 MW), Santo Antônio (RO) (3.150 MW), Jirau (RO) (3.300 MW) e Santa Isabel (TO) e (PA) (1.087 MW), não sendo incluída a UHE de Belo Monte (PA).

³ Gás de processo, efluente gasoso, gás siderúrgico, óleo ultraviscoso, gás de refinaria e enxofre.

De acordo com a tabela 2, na primeira grande coluna é mostrado o conjunto de usinas *Em operação*, ou seja, aquelas que já estão gerando energia, seja para o serviço público, autoprodução – uso exclusivo –, seja para a produção independente. Já na segunda coluna denominada *Em construção* está disposto o contingente de usinas que estão sendo construídas, bem como aquelas que foram recentemente licitadas ou autorizadas pelo órgão regulador, mas que ainda não iniciaram sua construção.

No caso das usinas hidrelétricas atualmente existem 852 usinas em operação, perfazendo um total de 79.182,3 MW de capacidade instalada, o que representa 72,5% do parque gerador de energia elétrica em território brasileiro. Por sua vez, na coluna *Em construção* existem 311 usinas hidrelétricas que agregarão à matriz elétrica cerca de 15.000 MW, resultando em 94.519 MW de capacidade instalada, ou seja, a participação futura da fonte hídrica diminuirá para 64,4%.

Já a fonte térmica possui um total de 1.341 usinas em operação com cerca de 27.000 MW, representando um quarto da matriz elétrica brasileira. Por seu turno, o acréscimo por conta das usinas em construção na quantidade de 216 resultará em 46.082,5 MW de capacidade instalada. Com isso, futuramente a participação das usinas térmicas na matriz saltará de 25% para 31,4%. Conforme distribuição das fontes térmicas presentes na tabela este crescimento ocorre principalmente em razão do aumento de usinas térmicas à base de combustíveis fósseis e biomassa, ou seja, as usinas térmicas à base de biomassa saltarão de

6,4 para 7,2%, enquanto as derivadas de combustíveis fósseis passarão de 17,7 para 23,1%. Observa-se que a magnitude do crescimento relativo junto ao parque gerador futuro para combustíveis fósseis foi de 5,4% enquanto que para fontes à base de biomassa de 0,8%, ou seja, uma diferença de mais de cinco vezes. Portanto, a perda de espaço da fonte hídrica na matriz elétrica é por conta das usinas térmicas, porém se verifica que uma quantidade significativa usa como combustível fontes renováveis, como bagaço de cana, madeira, carvão vegetal etc.

Por outro lado, do ponto de vista da sustentabilidade ambiental, virtuosamente a participação de fontes eólicas nos últimos anos tem ganhado espaço junto à matriz elétrica, saindo de 45 usinas em operação, com aproximadamente 794,3 MW de potência para mais de 2.000 MW de capacidade com o acréscimo de mais 41 usinas. Ou seja, há um salto de 0,7% de usinas eólicas para 2,1% a sua participação no parque gerador. Ressalta-se que esse crescente aumento demonstra que o custo não está sendo proibitivo na implantação destes empreendimentos (CAVALIERO; DA SILVA, 2005). Também, em certa medida, é resultado dos incentivos regulatórios proporcionados a este tipo de fonte, e impulsionado por conta dos últimos leilões de energia promovidos pelo MME, objetivando o planejamento energético federal.

Na contramão do bom desenvolvimento da fonte eólica a participação da fonte solar na matriz elétrica brasileira é bastante desprezível, não chegando a 0,1%. Certamente o custo é o principal impeditivo para o alastramento deste tipo de tecnologia. Devido ao incipiente estágio de desenvolvimento e sua produção em escala não industrial, ele não é atrativo de um ponto de vista estritamente econômico (CAVALIERO; DA SILVA, 2005).

Entretanto, se a forma tradicional de avaliação de energia considerar os custos ambientais das fontes convencionais e a vantagem das fontes alternativas renováveis ao meio ambiente, certamente esse quadro seria modificado. Porém deve-se pontuar o fato de que as ações em termos de políticas públicas nesse sentido também são diminutas, não alterando o cenário.

A geração de energia elétrica proveniente de fonte nuclear, no caso as usinas term nucleares, apresentam duas unidades em operação totalizando atualmente cerca de 2.000 MW de potência instalada, ou seja, 1,8% da matriz elétrica nacional. Para os próximos anos haverá o ingresso de mais uma unidade com 1.350 MW de potência, totalizando 3.357 MW de potência e resultará em uma participação no parque gerador na ordem de 2,3%.

Entre os vários motivos para a baixa participação desta fonte uma de bastante relevância é o fato de competir à União a exploração dos serviços e instalações nucleares de qualquer natureza e o exercício do monopólio estatal sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento e o reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados. Por ser constitucionalmente de competência exclusiva do governo federal o acesso por particulares a implantação desta fonte é proibida e, portanto o desenvolvimento dela fica a cargo da vontade estatal.

Do ponto de vista ambiental, as atividades nucleares no país são submetidas a um amplo e detalhado processo de licenciamento junto ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), e do ponto de vista nuclear, junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Essas duas instituições avaliam os eventuais impactos que aquelas atividades exercem sobre o trabalhador, a população e o meio ambiente, permitindo as mesmas emitirem ou não as licenças e autorizações necessárias ao seu funcionamento. Para isso, estabelecem condicionantes e exigências a serem cumpridas pelo responsável de modo a minimizar os impactos negativos dela decorrentes (EPE, 2006).

No intuito de verificar de forma pormenorizada a contribuição na tabela 1 dos diferentes tipos de combustíveis presentes para cada uma das fontes térmicas apresenta-se a tabela 3.

TABELA 3
Contribuições dos diferentes tipos de combustíveis em empreendimentos à base térmica
(Potência em MW)

Tipo – combustíveis	Em operação		Em construção ¹		Total parcial
	Número de usinas	Potência (%)	Número de usinas	Potência (%)	Potência (%)
Fósseis					
Óleo Ultraviscoso	1	131,0 (0,5)	–	–	131,0 (0,3)
Gás natural	94	11.055,6 (40,6)	29	2.501,7 (13,3)	13.557,3 (29,4)
Óleo diesel	808	3.903,4 (14,3)	52	394,4 (2,1)	4.297,8 (9,3)
Gás de refinaria	8	305,0 (1,1)	–	–	305,0 (0,7)
Óleo Combustível	28	2.313,0 (8,5)	30	5.948,6 (31,6)	8.261,6 (17,9)
Carvão mineral	9	1.594,0 (5,8)	11	5.755,0 (30,6)	7.349,0 (15,9)
Total (fósseis) 948		19.302,0 (70,8)	122	14.599,7 (77,6)	33.901,7 (73,6)
Biomassa					
Licor negro	14	1.240,7 (4,6)	1	0,4 (0,0)	1.241,1 (2,7)
Resíduos de madeira	35	302,6 (1,1)	11	108,6 (0,6)	411,2 (0,9)
Biogás	9	44,6 (0,2)	5	30,2 (0,2)	74,8 (0,2)
Cana-de-açúcar	300	5.344,9 (19,6)	56	3.371,5 (17,9)	8.716,4 (18,9)
Carvão vegetal	3	25,2 (0,1)	1	2,0 (0,0)	27,2 (0,1)
Casca de arroz	7	31,4 (0,1)	3	17,8 (0,1)	49,2 (0,1)
Capim elefante			4	123,9 (0,7)	123,9 (0,3)
Total (biomassa) 368		6.989,4 (25,6)	81	3.654,4 (19,4)	10.643,8 (23,1)
Outros					
Gás de alto forno	12	285,8 (1,0)	10	57,9 (0,3)	343,7 (0,7)
Gás de processo	5	138,4(0,5)	3	508,5 (2,7)	646,9 (1,4)
Efluente gasoso	2	211,3 (0,8)	–	–	211,3 (0,5)
Gás siderúrgico	1	278,2 (1,0)	–	–	278,2 (0,6)
Enxofre	5	56,6 (0,2)	–	–	56,6 (0,1)
Total (outros) 25		970,3 (3,6)	13	566,4 (3,0)	1.536,8 (3,3)
Total final	1.341	27.261,7 (100)	216	18.820,5 (100)	46.082,2 (100)

Fonte: BIG/Aneel, atualizado até 16 de junho de 2010.

Elaboração própria.

Nota: ¹ Incluídos os empreendimentos licitados e autorizados que ainda não iniciaram a construção.

Conforme a tabela 3, os empreendimentos à base de biomassa majoritariamente utilizam-se de bagaço de cana-de-açúcar. Observa-se que estas usinas representam 19,6% dos empreendimentos em operação, seguido pela fonte à base de licor negro com 4,6%. No entanto, percebe-se um pequeno aumento para usinas que utilizam resíduos de madeira, provavelmente por conta do crescente interesse das empresas madeireiras que cada vez mais vem utilizando seus resíduos para a geração de energia (NASCIMENTO; DUTRA, NUMAZAWA, 2006). Por outro lado, a baixa participação da fonte biogás demonstra que o setor ainda necessita de políticas públicas incentivadoras ao uso deste recurso energético.

A presença do recurso energético capim elefante já se apresenta como uma realidade na futura matriz elétrica, ultrapassando em termos de capacidade instalada individual recursos como biogás, carvão vegetal e casca de arroz. Por ser semelhante à cana-de-açúcar e por possuir várias vantagens, como maior produtividade de massa seca/ha/ano, menor extensão de áreas para uma dada produção, menor ciclo produtivo – duas a quatro colheitas por ano –, possibilidade de mecanização e acima de tudo ser um energético renovável, recentemente tem despertado o interesse no campo da energia. Conforme pesquisas, enquanto o eucalipto, muito utilizado para produzir carvão vegetal, fornece em média 7,5 toneladas (t) de biomassa seca/ha/ano, e até 20t nas melhores condições, o capim alcança de 30 a 40t (EMBRAPA, 2006).

No caso dos combustíveis fósseis, conforme a tabela 3, em termos de empreendimentos em operação, o gás natural é o majoritário com 40,6% da participação na matriz elétrica, seguido pelo óleo diesel com 14,3%. O terceiro posto fica com o óleo combustível com 8,5% de participação. A participação do carvão mineral é registrada em quarto lugar com 5,8%.

Por outro lado, advertidamente, por conta da inserção futura de novas usinas, o parque gerador utilizador de combustíveis fósseis mostra-se com outro perfil, ou seja, o gás natural ainda continua tendo a maior participação na matriz elétrica, mas diminui sua participação de 40,6 para 29,4%. Em contrapartida, o óleo diesel que antes ocupava a segunda posição cai para a quarta posição com 9,3% de contribuição, cedendo posições às seguintes fontes fósseis: óleo combustível, que passa de 8,5 para 17,9% de participação, e carvão mineral que passa de 5,8 para 15,9%. Em razão principalmente destes dois recursos energéticos a fonte térmica no parque gerador nacional alcançará 73,6% de contribuição. Assim, conforme a tabela 2 a participação da fonte biomassa na matriz elétrica perderá seu espaço passando de 25,6 para 23,1% devido ao crescimento dos empreendimentos à base de combustíveis fósseis. Importa observar que devido aos últimos leilões de energia realizados, muito desse contingente de energia será utilizado principalmente como energia de reserva, o que significa que nem todos eles produzirão energia continuamente.

Parte da resposta pelo interesse na utilização de fontes de origem fóssil, principalmente como a do carvão mineral para a geração de energia é destacada pelos adeptos por possuírem relativa abundância de reservas e distribuição geográfica e seu baixo custo no mercado quando comparado a outros tipos de combustíveis. Na outra ponta, os problemas decorrentes do uso são muitos e deveriam ser considerados no planejamento energético, como por exemplo, os impactos socioambientais decorrentes da extração do mineral que afeta principalmente os recursos hídricos, o solo, o relevo das áreas circunvizinhas, bem como a população estabelecida sobre uma determinada jazida (EPE, 2006).

Sabe-se que na fase inicial, a abertura dos poços de acessos ao trabalho nas lavras de carvão mineral, feita no próprio corpo do minério e o uso de máquinas e equipamentos, provoca a emissão de óxidos de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono, entre outros poluentes da atmosfera. No processo de drenagem das minas, as águas sulfurosas são lançadas no ambiente externo, provocando a redução do PH no local da drenagem. A atividade gera ainda diversos rejeitos sólidos, altamente poluentes, que muitas vezes são lançados de forma direta nos cursos de água. A posterior separação do carvão coqueificável de outras frações de menor qualidade é outro exemplo de dano ao meio ambiente, pois tais rejeitos cobrem muitos hectares de solo cultivável. No aspecto da mão de obra responsável pela lavra é de reconhecimento comum as diversas doenças respiratórias causadas aos trabalhadores das minas (EPE, 2006).

Com base em tudo isso, as fontes alternativas de energia renováveis constituem uma importante opção complementar ao atendimento do crescimento das necessidades, tendo vantagens ambientais como a redução potencial dos gases responsáveis pelo efeito estufa na atmosfera, especialmente o gás carbônico. Ou seja, embora controverso, os combustíveis fósseis exercem uma grande influência humana no clima. A relação entre as mudanças climáticas e a energia é uma parte do grande desafio para o desenvolvimento sustentável (QUADRELLI; PETERSON, 2007). Este fato, em associação com o crescimento intensivo do mercado de eletricidade e a dificuldade em encontrar suas necessidades satisfatoriamente, tem motivado a geração de energia descentralizada, o que favorece fontes, como a solar, a eólica e a biomassa (CAVALIERO; DA SILVA, 2005).

Outro aspecto pouco discutido na utilização das fontes térmicas é a questão da eficiência energética dos equipamentos usados nas usinas. Avanços precisam ser feitos de modo a melhorar a eficiência da conversão dos combustíveis, a redução dos impactos ambientais, principalmente no que tange a emissão de gases poluentes. Alguns exemplos nesse sentido seriam: *i*) a melhora na eficiência das máquinas – geradores, turbinas etc.; *ii*) o uso de tecnologias modernas – combustão com leito fluidizado circulante-pressurizados, ciclo combinado de gaseificação integrada etc.; *iii*) a instalação de filtros eficientes ou precipitadores eletro-táticos; e *iv*) o reaproveitamento dos resíduos produzidos – cinzas, etc.

É discutido também o fato de que o esgotamento dos potenciais mais atraentes nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste do país em que se localizam os grandes centros de carga, sinalizam para a exploração dos potenciais existentes na região amazônica, em que se estima um potencial remanescente de cerca de 108 GW, ou seja, 41% do potencial existente no país, transformando o Norte do país na resposta para a fronteira energética. Porém, devido esta região ser caracterizada pela existência de diversas áreas protegidas pela legislação, tais como unidades de conservação (UC) – 16% da área – e terras indígenas – 25% da área –, esta apresenta diferentes níveis de restrição a implantação de empreendimento hidrelétrico e a passagem dos sistemas de transmissão associados (EPE, 2006). Do ponto de vista ecossistêmico é discutido o fato da diminuição da produtividade na pesca e na agricultura, e a alteração dos fatores geomórficos presentes no ambiente fluvial – depósito de sedimentos, propriedades da água etc. (QUADRELLI; PETERSON, 2007). Desse modo, nos estudos de longo prazo, esses condicionantes devem ser levados em conta, na comparação entre as diversas fontes para geração e na definição dos corredores de transmissão.

Com relação à transmissão, observa-se que o crescimento da demanda de energia elétrica e a localização das fontes de geração relativamente afastada do centro de consumo acarretam a necessidade da elevação dos níveis de tensão de transmissão, bem como o aumento da quantidade de linhas de transmissão e de subestação para possibilitar a necessária capacidade de transporte.

Ou seja, devido à grande concentração de população, atividades industriais e serviços, as regiões metropolitanas demandam fornecimento de energia em grande quantidade e os impactos da chegada de linhas de transmissão em áreas urbanas vão desde o deslocamento de pessoas até as questões relacionadas ao impacto visual, alteração e restrição do uso do solo, riscos de descargas elétricas, níveis de campos eletromagnéticos, entre outros. A concentração das linhas de transmissão em determinadas áreas do país pode gerar pressões sobre os biomas que essas linhas atravessam. Por outro lado, sendo um ponto positivo, as usinas hidrelétricas localizam-se nas diversas bacias hidrográficas do território nacional e sua interligação por meio de uma extensa rede de transmissão no Sistema Interligado Nacional (SIN) possibilita a otimização da produção de energia em virtude da diversidade hidrológica existente entre essas bacias.

Contudo, há que se considerar que essa operação integrada no SIN, por conta das complementaridades sazonais entre as regiões, no conjunto das hidrelétricas depende do fluxo da água e de sua variabilidade em diferentes épocas do ano. Portanto, a disponibilidade e a confiabilidade no uso dessa fonte energética são funções das condições climáticas, as quais podem variar dependendo das condições climáticas globais. Assim, o planejamento energético em longo prazo no Brasil deve examinar os possíveis impactos das mudanças globais junto as fontes de energia renovável (LUCENA, 2009).

2.3 Fontes alternativas na transição da matriz energética: os biocombustíveis etanol e biodiesel

Nos próximos 20 anos, o destaque brasileiro na oferta de energias renováveis continuará sendo os biocombustíveis etanol e biodiesel, se conforme observa nas projeções. Já para 2017 as estimativas indicam produção de cerca de 60 bilhões de litros de etanol (BRASIL, 2009d), com aumento proporcional na geração de energia elétrica com o bagaço da cana-de-açúcar. Quanto ao biodiesel, ao se considerar a capacidade industrial, há possibilidades de se alcançar até 11 bilhões de litros, também para 2017, a depender de matéria-prima e da regulação do mercado.

A agroenergia tem a vantagem de ser a fonte de energia com maior potencial de expansão no curto prazo. Se forem resolvidas as questões socioambientais que a envolvem, a atividade será a vitrine da matriz brasileira, se tratando de geração energética renovável, com geração de renda, inserção social e com baixa emissão de GEE.

Com a proibição do cultivo da cana-de-açúcar nos biomas Pantanal e Amazônia no Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) da cana (BRASIL, 2009e), a ser ainda aprovado no Congresso Nacional, a preocupação central quanto aos impactos na produção volta-se, principalmente, para os biomas mais afetados por monoculturas no país, que são o Cerrado, a Mata Atlântica e o Pampa, nos quais se situa a quase totalidade da produção do biodiesel e do etanol. A estimativa de maior demanda por terra para os biocombustíveis

aponta 15 milhões de hectares (ha), para 2022, somando-se a cana-de-açúcar para o etanol e a soja para o biodiesel, além de outros cultivos em desenvolvimento.

A entrada de novas matérias-primas substituiria a soja, em menor intensidade de terra – casos do dendê, na região Norte; da macaúba, na região Centro-Oeste; entre outros possíveis. É esperado, com isso, maior geração de emprego e menor dano ambiental, principalmente em relação à demanda por água e aos impactos à biodiversidade. Porém há, pelo menos, uma grande incoerência no ZEE da cana: caso a produção de biodiesel se concretize na Amazônia, será necessário importar etanol – de outra região – ou metanol – do exterior – para o processo industrial – transesterificação. Essa questão deverá suscitar debates.

Mesmo não havendo consenso sobre a quantificação dos ganhos sociais das atividades rurais ligadas à agroindústria sucroalcooleira e do biodiesel, os ganhos ambientais, na etapa de consumo, são muito relevantes. Por exemplo, para o âmbito comercial e industrial e para o meio urbano, esses ganhos são reais com relação a: redução de CO₂ e de poluentes atmosféricos; melhorias no diesel consumido no país; criação de empregos na cadeia industrial; aumento do lucro das indústrias de óleos vegetais; aumento da capacidade tecnológica com P&D. Essas vantagens devem ser combinadas com o alcance de eficiência energética, conforme discutido na seção 7.

A tabela 4 apresenta a projeção do consumo de combustíveis líquidos nos diversos setores, até 2030. Observa-se, além do aumento do consumo, a predominância dos combustíveis líquidos no setor de transportes, que é o maior demandante dos biocombustíveis.

TABELA 4
Projeção da demanda de combustíveis líquidos por setor
(Em 103 tep)

Setor/ano	2004	2010	2015	2020	2025	2030
Setor industrial	5.542	5.776	6.756	8.004	9.863	11.196
Setor comercial	528	523	624	737	1.021	1.225
Setor público	637	635	759	901	1.277	1.556
Setor de transportes	49.953	53.454	62.984	77.340	108.118	132.635
Setor agropecuário	4.767	5.033	6.521	8.652	12.251	15.000
Setor residencial	5.841	5.880	6.270	8.268	10.508	11.406
Total	67.268	71.301	83.914	103.902	143.038	173.018

Fonte: Brasil (2007c, p. 16).

A defesa que se faz dos biocombustíveis, em todos os foros do debate atual, não ignora que algum impacto é por eles gerado, principalmente no que se refere aos conflitos localizados por terra – embora não haja dúvida da disponibilidade –, água e melhoria das condições de trabalho na etapa agrícola. Uma forma de se reduzir problemas ambientais na etapa de produção dos biocombustíveis seria o desenvolvimento conjunto de metas, medidas preventivas e compensatórias dos danos do passado, bem como a criação de mecanismos auxiliares de gestão socioambiental de toda a cadeia.

Há de se ressaltar que o setor empresarial incorpora, cada vez mais, a compreensão de que, sem zerar déficits ambientais e sociais, a expansão de mercados não se consolida no novo paradigma mundial de geração e consumo de energia aliados aos cuidados ambientais. A resistência ainda existente contra as melhorias deve-se à tradicional visão de curto prazo, o que não é favorável à conquista de novos mercados.

Para os setores governamentais, a compreensão de que somente as medidas de comando e controle não bastam, da mesma forma que são frágeis e apenas mercadológicos os instrumentos puros de mercado, baseados apenas em renúncia fiscal, estímulos aos mecanismos do tipo ISO 14000 e outros incentivos semelhantes, conforme relata Gama (2002). Há necessidade, contudo, de favorecer aqueles empreendimentos que obedecem a legislação ambiental e cumprem os direitos sociais e econômicos, por evitarem danos, por internalizarem custos ambientais e por facilitarem a maior aceitação dos biocombustíveis.

Por outro lado, o desafio econômico maior que se coloca aos biocombustíveis continua o de ser competitivo frente aos derivados de petróleo, dado que a simples extração e externalização de custos da energia de origem fóssil a coloca em vantagem nesse aspecto, levando a custos de produção e preço final mais baixos. Porém, o barateamento de produtos intensivos em recursos naturais somente tem respaldo pelo imediatismo da oferta de bens em condições não sustentáveis, o que não pode ser repetido para o etanol e o biodiesel. Uma vez solucionadas as fragilidades ambientais, há de se desenvolverem mecanismos capazes de remunerar o esforço da produção sustentável, desde a agricultura e toda a cadeia, situação em que se justificam, inclusive, subsídios e renúncia fiscal. Seria natural que parte do custo fosse arcado com recursos oriundos da cadeia geradora de energéticos de origem fóssil.

Ao se adotar uma visão de longo prazo, a diminuição dos danos ambientais deve ser um estímulo ao desenvolvimento sustentável, justificadora de medidas de incentivo dos governos federal e estaduais. Por outro lado, há de se discutir formas de recompensar o esforço adicional da efetivação dos biocombustíveis em três outros aspectos relevantes para as políticas públicas:

1. Aumento e melhoria das estruturas de gestão e fiscalização ambiental, frente às novas demandas, com redimensionamento de estruturas e instituições nas regiões impactadas.
2. Retorno do debate sobre políticas compensadoras dos municípios produtores rurais, de alimentos e de biocombustíveis, à semelhança dos *royalties* do petróleo.
3. Criação e desenvolvimento de foro de debate envolvendo o governo, a sociedade organizada, os agricultores e as indústrias, para discutir ações na área de meio ambiente e energia.

Essas e outras medidas devem levar em consideração a necessidade de maior atenção e cuidados com as atividades econômicas de grande contribuição para a sustentabilidade socioambiental, mas que não são competitivas frente aos usos mais facilitados de recursos energéticos de estoque, como é o caso das fontes de origem fóssil. Ou seja, há de se diferenciar as condições de produção e de oferta para que seja facilitada e não dificultada a substituição do petróleo pelos biocombustíveis consumidos internamente. Ao mesmo tempo, observada a necessidade de produção com esforço social e de políticas públicas dos biocombustíveis deve-se dar prioridade para o abastecimento do mercado interno.

2.4 Resíduos sólidos e efluentes: oportunidades de produção de energia descentralizada

Entre as fontes alternativas de energia que ainda carecem de políticas de incentivos no Brasil, se encontra o uso energético de resíduos sólidos e efluentes. O uso destes rejeitos para fins energéticos pode ser um importante fator na solução de problemas ambientais causados por resíduos – como poluição do solo, das águas e emissão de gases de efeito estufa – com custos que podem vir a ser negativos (OLIVEIRA; ROSA, 2003).

No Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), apesar de estar prevista a compra da eletricidade a partir do biogás de aterro sanitário, rico em CH₄, nenhum projeto foi apresentado. Comentários de alguns *stakeholders* indicam que o índice de nacionalização exigido pelo Proinfa é muito alto, sendo proibitivo neste setor. Outras fontes citam o “preço *premium*”, oferecido na primeira fase do Proinfa para a energia gerada por gás de aterro, como não sendo suficientemente atrativo (COSTA, 2006) e os documentos de concepção de projeto (DCPs) – Projeto Gramacho de Gás de Aterro.² A exigência de que os créditos de carbono gerados em projetos com o financiamento do Proinfa sejam atribuídos à Centrais Elétricas Brasileiras S.A (Eletrobras) (Decretos nº 5.025/2004 e nº 5.886/2006) certamente pesou na decisão dos empreendedores do setor.

O Projeto de Aproveitamento do Biogás de Aterro Sanitário (NovaGerar) foi pioneiro em aproveitar recursos advindos das negociações no âmbito da convenção quadro de mudanças climáticas para viabilizar o uso de biogás de aterro como fonte energética. Seu projeto previa receber 14.073.000 reduções certificadas

2. Os DCPs (PDDs em inglês) de projetos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL ou CDM, em inglês), previsto no Protocolo de Quioto, estão disponíveis em: <<http://cdm.unfccc.int>>. Os projetos brasileiros têm suas versões em português disponíveis em: <<http://www.mct.gov.br/clima>>.

de emissões (RCE) de gás carbônico equivalentes (RCEs)³ em 21 anos ao gerar, de forma líquida, 654.000 MWh de energia elétrica neste período. Seguiram projetos maiores, como o Projeto Bandeirantes de Gás de Aterro e Geração de Energia (capacidade instalada de 22 MW), com previsão de receber 7.500.000 RCEs em sete anos e o Projeto Gramacho de Gás de Aterro, previsto para gerar 5.966.573 RCEs, também nos sete primeiros anos do projeto.

Como no Brasil o aproveitamento de gás de aterro sanitário era praticamente inexistente até as discussões no âmbito do Protocolo de Quioto, ele não entra no que se chama de “linha de base”, ou seja, por não ter existido anteriormente, entende-se que ocorre devido ao incentivo dos créditos de carbono. Desta maneira, considera-se que a atividade é adicional ao que ocorreria na ausência do protocolo, sendo elegível para receber RCEs. Isto pode ocorrer mesmo quando o fluxo de caixa do projeto é muito atrativo. Ainda assim, no Brasil, o aproveitamento de biogás é responsável por apenas pouco mais de 2% da capacidade instalada de geração de energia (3517MW) entre projetos no âmbito do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), o mecanismo de flexibilização previsto no Protocolo de Quioto (BRASIL, 2009f).

Projetos de recuperação de gás de aterro e de geração de energia por combustão de resíduos devem estar atrelados a uma política de destinação otimizada de resíduos sólidos. Se considerado o balanço energético de uma gestão de resíduos que englobe coleta seletiva, reuso e reciclagem de materiais e captação de gás de aterro para fins energéticos, ela é fortemente positiva, pois soma a economia de energia advinda da produção de bens a partir de matéria-prima intermediária – em vez da extração *de novo* – com a geração de energia propriamente dita. Um estudo recente (OLIVEIRA; ROSA, 2003) demonstra um saldo financeiro positivo em um cenário de boa gestão de resíduos sólidos no Brasil. O Relatório Nacional de Acompanhamento dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (BRASIL, 2007e) cita que o potencial de geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos varia entre 1 e 3 GW, que pode incluir a conservação decorrente da reciclagem e atingir a faixa de 2 a 4 GW.

Pode-se gerar energia a partir de resíduos sólidos tanto do gás de aterro, a partir da decomposição anaeróbica dos resíduos, como pela combustão direta dos resíduos. No entanto, na combustão, para se ter níveis aceitáveis de emissões de furanos, dioxinas e cinzas –conforme tecnologia descrita em Bilitewski, Hårdtler e Marek (2000) –, é necessário um investimento financeiro que, em regra, não compensa a diferença de geração de energia, mesmo contabilizando as emissões evitadas de GEE (DIJKGRAAF; VOLLEBERGH, 2004, 2008). Na Alemanha, por exemplo, o alto investimento em instalações adequadas para a combustão de lixo com geração de energia forçou o país a importar resíduos sólidos da Itália para compensar o custo afundado e fornecer a energia contabilizada quando a geração de resíduos não atendeu as previsões (OBSERVER, 2008).

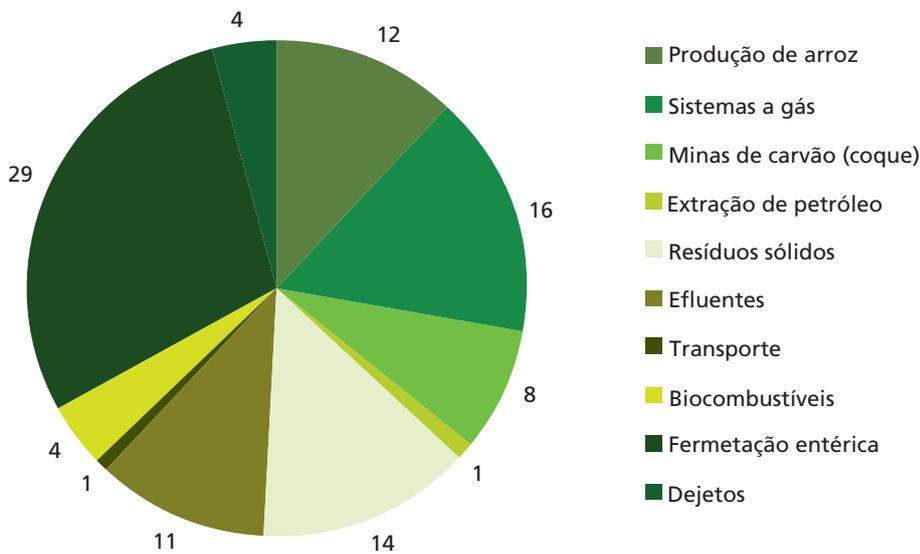
O biogás para aproveitamento energético pode ser proveniente não somente de captura de biogás de aterros sanitários – resíduos sólidos –, mas também de vários tipos de rejeitos, como efluentes urbanos – esgoto –, dejetos de animais e/ou vegetais em biodigestores, vinhoto ou ainda da indústria de celulose. Pode ser utilizado na sua forma bruta (*raw*), gerando energia por “queimadores” (*flairs*) ou em substituição ao gás de cozinha, ou pode ser melhorado mediante tecnologia específica (enriquecendo o gás resultante de cerca de 55% CH₄, para 92% CH₄) para substituir o gás natural em veículos ou na indústria. No gráfico 3 podem ser vistas as fontes de metano de origem antrópica.

Outra fonte energética derivada de resíduos é o reaproveitamento de óleo de cozinha para produção de biodiesel, como já ocorre no Brasil, a exemplo do Programa de Reaproveitamento de Óleos Vegetais do Rio de Janeiro (Prove), iniciativa conjunta da secretaria de meio ambiente do Rio de Janeiro, da refinaria de manguinhos, da incubadora tecnológica de cooperativas populares (ITCP/Coppe/UFRJ), da Federação das Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis (Febracom), do Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) e da Rede Independente de Catadores de Materiais Recicláveis do Estado Rio de Janeiro (Ricamare).⁴

3. Uma RCE equivale a uma tonelada de CO₂ deixados de emitir ou ao equivalente da somatória dos GEEs convertidos para CO_{2ge}, seguindo a tabela fornecida pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>, e pode ser comercializada no mercado de carbono, sendo, em última análise, de interesse dos países que devem cumprir cotas de redução de emissão desses gases.

4. Disponível em: <http://www.itcp.coppe.ufrj.br/projetos_bio.php>.

GRÁFICO 3
Emissões de metano, principal molécula energética do biogás, por origem antrópica
(Em %)

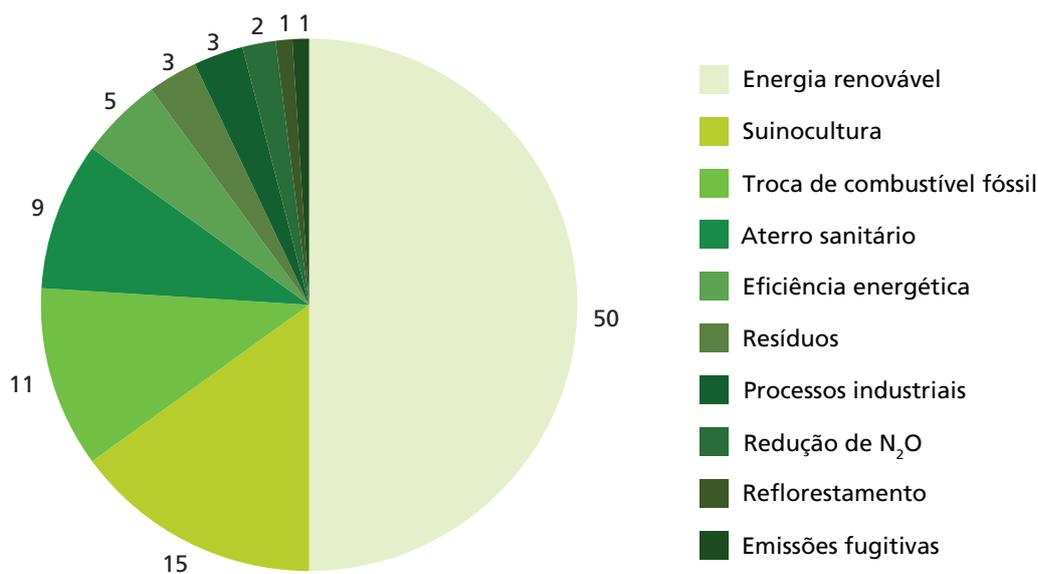


Total de 7 Gt de CO₂eq ou 16% das emissões de gases de efeito estufa

Fonte: EPE (2006).

A participação da geração de energia por uso de resíduos sólidos ou efluentes no Brasil ainda é muito tímida, não chegando a ser explicitada no BEN (EPE, 2009). Na Comunidade Europeia, os governos garantem preços *premium* semelhantes aos pagos por energia eólica à energia gerada por biogás (EWEA, 2009) e a produção de eletricidade – 19,9 MWh – corresponde a 24% da eletricidade produzida entre as diversas fontes de biomassa (OBSERV'ER, 2008). O biogás proveniente de aterros, na Europa, corresponde a 49% do biogás, seguido por biodigestores na agricultura – 36% – e efluentes – 15%. O potencial de biogás neste continente pode chegar ao suprimento de um terço da demanda por gás.

GRÁFICO 4
Número de projetos de MDL por escopo setorial no Brasil
(Em %)



Fonte: Brasil (2009f).

Na China o uso do metano proveniente da decomposição anaeróbica de efluentes ou dejetos humanos, animais e vegetais não é novidade. Com uma população rural, ou vivendo em pequenas vilas superior a 840 milhões de habitantes e sem nenhum gerenciamento centralizado de rejeitos, o governo resolveu, já desde a década de 1970, implantar um programa de “biogás para todos” (ABRAHAM; RAMACHANDRAN; RAMALINGAM, 2007). Desde 1970 o governo chinês investe em biodigestores para uma ou poucas residências para processar principalmente dejetos humanos e animais com outros rejeitos orgânicos. Atualmente são cerca de 5 milhões de biodigestores domésticos instalados (ABRAHAM; RAMACHANDRAN; RAMALINGAM, 2007).

A produção mundial de metano gerado no tratamento de efluentes industriais sob condições anaeróbicas varia entre 26 e 40 teragrama (Tg)/ano (VIEIRA; SILVA, 2006). Entretanto, com a falta de subvenções para o aproveitamento energético do biogás, no Brasil, quando se toma providências para evitar a emissão de metano dos efluentes industriais, normalmente se utiliza dos créditos de carbono apenas para queimar o metano ou se promover a decomposição aeróbica das águas residuais (podemos citar projetos no âmbito do MDL, como “Evitação de Metano no Tratamento de Efluentes da Irani” e “Avelino Bragagnolo – Tratamento de Efluentes usando Sistema Aeróbio”). Por outro lado, iniciativas como a instalação de sistema de aproveitamento de biogás para produção de energia elétrica na estação de tratamento de esgoto (ETE) de Atuba Sul em Curitiba ao custo de R\$ 1,2 milhão – dados da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar)⁵ – mostra que o setor de saneamento começa a investir nesta fonte de energia, emprego e renda. Ações como a da organização não governamental (ONG) O Instituto Ambiental (OIA)⁶ também mostram uma mudança de consciência sobre o tema, esta ONG constrói biodigestores domiciliares, com a finalidade de se utilizar o biogás para cozinhar, para a população nos arredores de Petrópolis, no estado do Rio de Janeiro.

Em um contexto internacional, é preciso que se tenha em mente que as RCEs, os chamados créditos de carbono, são um incentivo importante que deve ser aproveitado neste momento em que as negociações sobre clima possibilitem que haja recursos advindos dos países desenvolvidos para países em desenvolvimento adotarem métodos e tecnologias que reduzam emissões nas atividades econômicas, especialmente na geração de energia. Políticas de incentivo, como houve na primeira fase do Proinfra, devem ser melhoradas para contemplar de maneira mais eficaz o aproveitamento energético de resíduos, de forma a viabilizar o aproveitamento energético de resíduos – não apenas em termos financeiros, já que estas fontes são rentáveis em certos casos, mas como incentivo para uma mudança de paradigma. Em um futuro próximo, o aproveitamento energético de fontes como resíduo podem vir a se tornar uma obrigação, sem qualquer subvenção externa.

É necessário, também, que as leis que incentivem esta geração de energia não criem a obrigação do aproveitamento energético de resíduos, dado que, para ser elegível a receber RCEs, a atividade que mitigue emissões de GEEs deve ser de caráter voluntário. Caso este quesito não seja observado, corre-se o risco de se criar mais leis que não saiam do papel por não dar condições aos administrados de as cumprirem e que desperdicem a oportunidade ora existente de se obter recursos externos para se vencer a barreira da inércia para o início da era em que resíduos serão vistos como fonte energética também no Brasil.

3 PERFIL DOS GRANDES CONSUMIDORES DE ENERGIA

O Brasil segue a rota dos países de economia mais desenvolvida no que se refere a aumentar e, em seguida, reduzir o consumo de energia, por categoria de consumo. Isso pode ser observado quando se utiliza uma unidade de produto gerado na produção como base de comparação ao longo dos anos – por exemplo, base *per capita*, por motor, por unidade produzida, por carro etc. A exceção à redução por unidade é o setor residencial, que é crescente na proporção do aumento da capacidade de consumo, da inclusão aos sistemas de fornecimento de energia, entre outros fatores. Essa caracterização é válida para os setores de transportes,

5. Disponível em: <http://www.sanepar.com.br/sanepar/calandrakbx/calandra.nsf/0/7EF0F90AFBCE9258832575F4004E3470?OpenDocument&pub=T&proj=InternetSanepar&gen=GDOC_Noticias>. Acesso em: 23 out. 2009.

6. Disponível em: <<http://www.oia.org.br>>. Acesso em: 23 out. 2009.

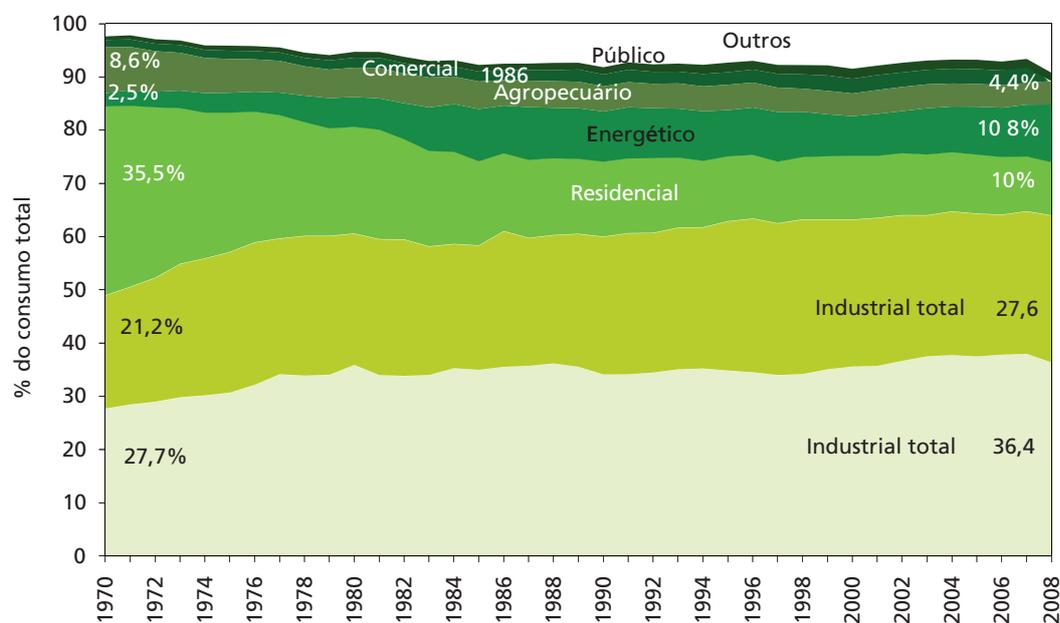
de parte da indústria e de serviços e agricultura, conforme aponta os indicadores da European Environment Agency (EEA, 2008) e do Conselho Mundial de Energia (WEC, 2008), destacado nessa seção.

Da mesma forma que o padrão dos países mais industrializados, também no Brasil o consumo total é crescente, devido ao crescimento da riqueza e à manutenção de um padrão de atividades econômicas intensivas em energia. De forma bastante sintética, o padrão de consumo de energia, no Brasil, visto da perspectiva ambiental, caracteriza-se por:

1. Acompanhar a demanda de uma economia industrial em crescimento econômico da forma tradicional no Ocidente – acumulação de capital no espaço urbano-industrial e com o direcionamento do consumo para os bens industriais de alta intensidade energética.
2. Espacializar a demanda em função de antigos e novos polos de desenvolvimento econômico e em função da universalização do acesso à energia elétrica.
3. Ter alta demanda por energias renováveis em dois contextos: *i*) enfrentar a oscilação de preços e quantidade do petróleo; e *ii*) enfrentar o desafio da substituição de fontes de energia de estoque (fósseis) por fontes de fluxo (renováveis).
4. Centralizar o consumo na indústria e nos transportes, com baixa cogeração e com indicadores de eficiência energética em padrões abaixo da média OCDE.

O gráfico 5 mostra o perfil dos grandes grupos consumidores, evidenciando que a parcela residencial é a única que diminuiu proporcionalmente a seu peso, diante do aumento da demanda total. Essa redução percentual ocorre em função do aumento da demanda industrial e de transportes, seguindo a característica de consumo energético padrão nos países industrializados.⁷ No gráfico 5 nota-se o grande aumento na parcela de consumo do próprio setor energético. Mais uma vez evidencia-se a importância das interações de gestão integrada em energia e meio ambiente.

GRÁFICO 5
Perfil do consumo energético no Brasil – principais setores



Fonte: Brasil (2009c).

7. Quando se observam os dados isolados da quantidade de energia consumida nos lares, nota-se que ocorre um aumento gradual no total do consumo residencial e também na média *per capita*. Esse desejado aumento ocorre por causa da inclusão de novos consumidores, do aumento de aparelhos eletrodomésticos e outros.

3.1 Consumo residencial

O consumo residencial apresenta participação percentual no total a taxas anuais reduzidas, em todos os continentes em relação, por exemplo, ao setor industrial. Porém, o consumo *per capita* e o residencial têm aumentado em todos os continentes. O padrão de consumo *per capita*, na América Latina, Ásia e África encontra-se na ordem de 1/18, 1/24 e 1/30, respectivamente, em relação aos países da América do Norte, cujo consumo é próximo de 500 kWh/*per capita* (WEC, 2008, p. 30).

No Brasil, o aumento do consumo residencial total acompanha a inserção de famílias na faixa de consumo mínimo, com a expansão da eletrificação rural, bem como o maior acesso aos eletrodomésticos, em todas as classes de renda. Como se evidencia neste texto, as políticas de redução de consumo e aumento da eficiência energética têm sido direcionadas para este setor.

3.2 Setor de transportes

O setor de transportes, segundo maior demandante de energia total no Brasil, representa em torno de 75% do consumo de combustíveis líquidos, devendo continuar assim até 2030, com pequena oscilação (BRASIL, 2007b). O transporte rodoviário responde por 92% do consumo energético de todo o setor, fruto da escolha por um modal de transportes que praticamente ignorou, por décadas, o potencial fluvial para o transporte de cargas em combinação com as ferrovias. Esse perfil se repete no meio urbano, em que a má qualidade do transporte coletivo cede espaço para o aumento de automóveis.

Aspecto positivo, no transporte rodoviário, é o fato de o perfil do consumo dos automóveis por quilômetro rodado seguir um padrão mundial, saindo de uma média de 11 km/litro, na década de 1970, para 15 km/litro em 2005, nos carros pequenos. Aliado ao avanço tecnológico, a crescente restrição da legislação ambiental, principalmente nos países europeus, é um fator que reduz a emissão de GEE e dos poluentes no setor de transporte, por unidade de consumo, mas o montante continua aumentando, pelo efeito da escala.

Por não haver uniformidade no desenvolvimento econômico e nas condições de se disponibilizar energia, há dois grupos bem definidos de países em relação às medidas de redução das emissões de GEE e poluentes, na área de transportes. Em países como o Brasil há melhorias nas unidades de consumo devido aos combustíveis renováveis – etanol principalmente –, enquanto o bloco OCDE utiliza maior grau de tecnologia de motores e equipamentos, combinado com especificações legais mais rígidas para reduzir as emissões dos derivados do petróleo e para o alcance da eficiência dos veículos.

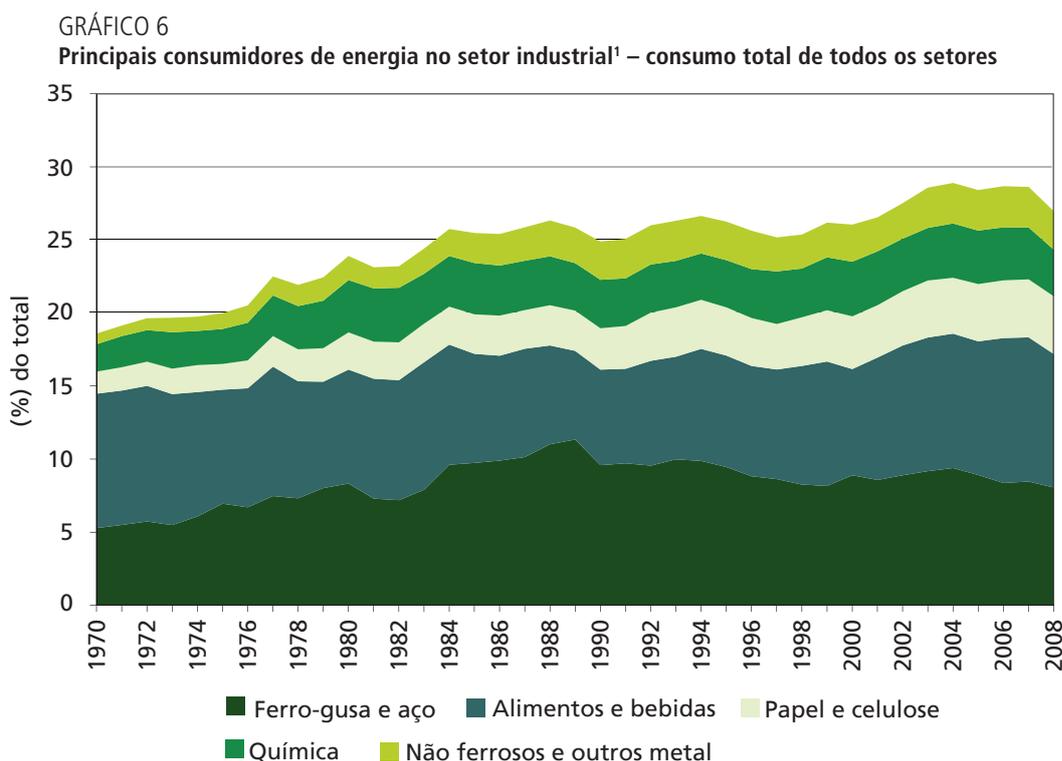
No Brasil, a queda no consumo da gasolina e o aumento no consumo do etanol deverão continuar, segundo as perspectivas do mercado e previsões do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), União da Indústria de Cana-de-açúcar (Unica) e EPE (BRASIL, 2007b). A produção deverá passar dos 25 bilhões de litros consumidos em 2009, para 60 bilhões, em 2017 (BRASIL, 2009b), volume esse que se soma à possibilidade de exportar até 15 bilhões de litros/ano, em 2017. Nessa condição seriam necessários mais 8 milhões de hectares de terra para o plantio da cana-de-açúcar, somente para o mercado do etanol, considerando o rendimento médio atual – 80t por hectare de cana-de-açúcar.

No caso do setor de transportes, o impacto ao meio ambiente passará a ser maior na produção da energia – petróleo e biocombustíveis –, enquanto os benefícios aumentarão na etapa de consumo final. Com a menor emissão de CO₂, para o caso da substituição da gasolina pelo etanol e do diesel pelo biodiesel, a necessidade de maiores cuidados ambientais passa a ser, então, com a fase de produção dos combustíveis, ao contrário do que foi até os anos 1990. Necessariamente há de se utilizar indicadores de impactos mais precisos para cada combustível e em toda a cadeia correspondente, dado que apenas a utilização de biocombustíveis não pode ser um incentivo ao abandono do transporte multimodal de cargas e de passageiros.

3.3 Setor industrial

A economia brasileira tem componentes extremamente dependentes da utilização intensiva de energia para a produção de bens, com destaque para os setores de extração mineral e de indústrias de transformação ligadas a *commodities* em geral. O gráfico 6 mostra o consumo energético dos cinco principais setores consumidores de energia na indústria – 82,7% do total demandado pelo setor.

Além do perfil mostrado no gráfico 6, há um histórico de perdas na OIE que chega a 10% do total produzido, o que indica necessidade de se atentar para as ações de conservação, inclusive para que tal percentual não extrapole valores insustentáveis. Para o setor elétrico, a discussão sobre o aumento da potência ofertada nas hidrelétricas tem sido secundária nas projeções de oferta, mas pode ser preponderante em um futuro breve, pois é opção significativa.



Pelo grande consumo energético e pelo alto grau de impactos ambientais causados pelos grandes consumidores do setor industrial (gráfico 6), torna-se evidente a necessidade de ações visando a eficiência energética e de ações conjuntas da indústria e dos governos para o alcance de menor grau de emissão de GEE e de poluentes. No tópico sobre eficiência energética essa questão é retomada com maiores detalhes sobre o setor industrial.

Há de se observar, porém, que os programas de eficiência energética são apenas uma ponta das médias de conservação de energia no contexto de uma situação mais complexa que passa pela definição de que atividades industriais devem ser incentivadas prioritariamente no país. É fácil verificar que toda economia de energia do setor residencial, por exemplo, ou de indústrias de maior valor agregado no país seria insignificante diante do aumento de 40% em setores como ferro gusa e aço, situação provável para a próxima década. Definições como essas devem ser direcionadoras de soluções das ações economicamente mais vantajosas e com menores impactos ambientais. A adoção de energias renováveis deve atingir também esses setores, da mesma forma que a cogeração sustentável de energia, a exemplo das florestas energéticas para produção do carvão vegetal.

3.4 Setor agropecuário

O consumo energético no setor agropecuário deverá passar de 7% para 9% da demanda final de energia, entre 2004 e 2030 (BRASIL, 2007b), sendo que o óleo diesel, a gasolina, o álcool e o querosene respondem por 95,7% desse consumo na agropecuária, devendo assim se manter até 2030, com pequena oscilação. O uso de fertilizantes, cuja origem e produção demandam energia fóssil e têm alto poder de emissões não é incluído no cálculo do consumo adicional energético do setor. Tal perfil sinaliza que o padrão de emissões também se manterá, a menos que se opte pelo consumo de energia proveniente de fontes alternativas e por diferentes formas de transporte, inclusive considerando usos e tecnologias regionais.

De todo modo, o balanço energético do setor agropecuário, quando comparado a outros setores, é altamente positivo, pelo fato de ofertar energia renovável em patamar muito superior ao que consome. Este balanço tende a ser ainda mais positivo, com o aumento da produção e com a possibilidade de que o setor consuma a própria energia gerada – diesel, álcool, palhas e lenha. Resolver os problemas causados ao meio ambiente, reduzir a externalização dos impactos e enfrentar os conflitos por terra e água são os desafios centrais que podem motivar a integração dos setores governamentais de agricultura e de energia.

Ao não tratar a questão de produção e consumo de energias renováveis de forma integrada no âmbito do governo central, significa assumir as desigualdades intersetoriais nessa atividade essencial. E mais, significa externalizar do campo econômico mais intensivo em capital, o da energia, para o menos intensivo, o da agricultura. Da mesma forma, as dificuldades em cumprir (pelo lado da agricultura) e em fazer cumprir (pelo lado do planejamento e do monitoramento ambiental) as restrições de impactos inerentes a qualquer sistema de transformação de bens naturais, não podem ser apenas externalizados intrasetores.

É preciso que os paradigmas da gestão socioeconômica e ambiental sejam adotados de forma coordenada pelo Estado e que os beneficiários (agentes econômicos do meio urbano-industrial) da energia limpa vinda da agricultura também arquem com a contrapartida necessária para a viabilização econômica e ambiental das fontes alternativas.

4 PREVISÃO DE INVESTIMENTOS EM ENERGIA NO BRASIL: 2008-2017

O montante de recursos previstos para o setor de geração de energia é um indicador importante para o tema meio ambiente e energia. Para se ter uma noção da dimensão do setor de energia no Brasil, cabe observar a estimativa de EPE (2009) da necessidade de R\$ 767 bilhões de investimentos, entre 2008 e 2017, distribuídos conforme a tabela 5. Incluem-se nos investimentos a construção e modernização de parques de refino de petróleo, outros investimentos na área de petróleo e gás, biocombustíveis líquidos (etanol e biodiesel) e energia elétrica de todas as fontes.

TABELA 5
Previsão de investimentos em energia
(Em R\$ bilhões)¹

	Investimentos estimados em energia – Brasil, 2008-2017	%	
Energia elétrica – 23,5% (R\$ 181 bilhões)	Geração de 54 mil MW	142	18,5
	Transmissão (36 mil km novos)	39	5,1
Petróleo e gás natural – 69,9% (R\$ 536 bilhões)	Exploração e pesquisa de petróleo e gás natural	333	42,4
	Oferta de derivados de petróleo	182	23,8
	Oferta de gás natural	21	2,7
Biocombustíveis líquidos – 6,5% (R\$ 50 bilhões)	Etanol usinas de produção	40	5,2
	Etanol infraestrutura dutoviária	9	1,2
	Biodiesel – usinas de produção	1	0,2
Total	767	100	

Fonte: Brasil (2009e).

Nota: ¹ Condição dos cálculos da EPE: taxa de crescimento do PIB foi considerada no nível de 5% a.a. ao longo do decênio, com exceção de uma queda para 4% de crescimento em 2009. Acréscimo de 15,5 milhões de habitantes no país, que teria 204,1 milhões de habitantes em 2017.

Esses R\$ 767 bilhões previstos até 2017 significam o maior aporte de recursos para desenvolvimento de um só setor da economia. Segundo Brasil (2007b), o parque de geração de energia elétrica, em 2017, terá aproximadamente 155 mil MW de potência instalada, sendo 80% de fontes renováveis, no que serão aplicados os R\$ 142 bilhões apresentados no quadro. É razoável imaginar que tal montante de recursos contenha uma parcela destinada à gestão ambiental, ou que o consumo decorrente do investimento contemple os impactos causados, na proporção de cada fonte. Essa condição iria inibir, por exemplo, as usinas térmicas a carvão e óleo combustível e estimular outras fontes de geração de energia elétrica.

Da mesma forma, pode-se supor no âmbito do financiamento de pesquisas e desenvolvimento tecnológico na área de energia e meio ambiente, que os recursos não sejam oriundos somente dos fundos setoriais tradicionais – como o fundo Energia do MCT –, mas daqueles setores também proporcionalmente impactantes, como desestímulo e como medida de internalização de parte dos custos. Assim, a geração térmica de base fóssil teria de contribuir mais do que a hidrelétrica para os fundos setoriais do MCT, por exemplo, o que não ocorre até o momento.⁸

Para que as políticas e investimentos sejam direcionadoras da sustentabilidade socioambiental são essenciais ações do Estado, dado que, a exemplo do que ocorre com o biodiesel, apenas a suposta racionalidade do mercado, com base na sua capacidade de oferta e nas medidas indutoras – normas de autorização e regulamentação, estímulos à produção, abertura de crédito público e isenções tributárias – não são suficientes para direcionar o setor para a oferta de energia renovável com sustentabilidade socioambiental.

O grande montante de investimentos, combinado com a capacidade institucional, configuram oportunidade ímpar de se adotar padrões de excelência em projetos, obras, licenciamentos ambientais, eficiência energética, P&D, avanço tecnológico, incentivos à energia renovável e gestão integrada energia/meio ambiente. Tal possibilidade de integração poderia constar dos instrumentos de planejamento energético, com metas periódicas de alcance da excelência da sustentabilidade ambiental, o que não existe no PDE 2017 ou no PNE 2030.

A atuação a priori dos problemas reduziria a necessidade de medidas apenas corretivas, que se tornam necessárias pela ausência de coordenação central, estratégica e integrada de órgãos das áreas de energia e meio ambiente, nos três níveis federativos e pela natural visão da lucratividade no curto prazo que domina o mercado. Um referencial guia para a atuação a priori seria a adoção de um conjunto de metas e ações permanentes, não apenas em grupos de trabalho eventuais que caracterizam os estudos e ações intrasetoriais.

Ao tornar os dois setores um modelo de integração para os demais, a economia do país, ligada a essa área, teria também mais condições de se mostrar sustentável em todos os mercados, atendendo a uma demanda cada vez mais exigente por produtos e processos comprovadamente sustentáveis. O cenário contrário pode ser a perda de mercados externos e internos, devido ao aumento da pressão das redes de varejo e dos consumidores.

Com essa perspectiva de avanços na gestão, uma postura governamental de direcionar a geração de energia para contribuir com o desenvolvimento sustentável pode ser, por exemplo, a de vincular um percentual de recursos destinados para o financiamento de projetos de energia com a criação de áreas de proteção integral e a manutenção de corredores ecológicos, para além do que já existe na previsão de certos empreendimentos. Um zoneamento e medidas de usos da terra na área de biocombustíveis, por exemplo, poderia também prever o consorciamento de cultivos de alimentos com matérias-primas para etanol e biodiesel. A mudança de paradigma necessária é que parte dos recursos capazes de efetivar as medidas seja originada do planejamento energético, dado que este se encontra na causa dos problemas e dos conflitos nessa área. Não considerar que esse fato significa a continuidade da externalização de custos e danos de um setor econômico para outro e para o conjunto da sociedade.

8. A destinação de recursos financeiros para fundos de P&D tecnológico conforme as diversas leis não obrigam o aporte de recursos por parte das geradoras termelétricas que operam com combustíveis fósseis, mas são obrigatórios para a hidreletricidade.

Cabe lembrar que as medidas aqui sugeridas somente teriam sentido se aplicadas para a geração de energia como um todo, incluindo-se as fontes fósseis. Isso seria uma extensão das exigências de cuidados, da mesma forma que a lei exige compensações para as atividades de grande impacto na água e no solo, cuja motivação é o conjunto de impactos na produção, como é o caso das hidrelétricas. Como o impacto maior causado pelas fontes energéticas fósseis é no consumo, a necessidade de compensação deve ter por base justamente essa etapa impactante.

5 ENERGIA E SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

5.1 A dimensão e possibilidades das cadeias de biocombustíveis

No Brasil o setor energético gera um grande número de empregos qualificados, por desenvolver uma extensa cadeia de fornecedores e também grandes volumes de divisas para os cofres públicos. Por outro lado, permanece o difícil desafio de dar respostas às diretrizes de uso sustentável de recursos econômicos e ambientais, no sentido de disponibilizar energia para o desenvolvimento com melhorias econômicas e sociais na etapa de geração das novas energias.

A proposta original dos biocombustíveis propôs enfrentar essa situação. Para o governo federal, a geração total de empregos, na agroenergia, seria próxima de 3 milhões em 2030. Isso implica demanda de 15 milhões de ha de terra, sendo atualmente próximo de 1,2 milhão de empregos (SOUSA; MACEDO, 2009) e área de 7 milhões de ha, para a cana-de-açúcar destinada ao etanol e ao açúcar. Seria evitada emissão de 186×10^5 t de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ em 2030, contra 50t evitadas em 2005 (BRASIL, 2007c, p. 90). Para atingir aumento de 150% no volume produzido de etanol (63 bilhões de litros em 2017) há necessidade de investimentos em torno de R\$ 60 bilhões, segundo Brasil (2007c).

Adotando-se a metodologia de Sousa e Macedo (2009), que estimam a criação de 117 mil postos de trabalho a mais para cada parcela de 15% de substituição da gasolina pelo etanol, os 150% de aumento da produção do etanol (de 25 bilhões de litros em 2008, para 63 bilhões, em 2017) resultaria em 1,17 milhão de novos empregos. Mesmo sabendo da dificuldade de acerto para tais estimativas, no longo prazo, a comparação com a cadeia do petróleo é inevitável: segundo a Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras) (2009), serão gerados em torno de 270 mil empregos diretos até 2013 – com estimativa de mais – e 700 mil indiretos.

Considerando a necessidade de investimentos de R\$ 536 bilhões até 2017, para o setor de petróleo, tem-se a dimensão do quanto os biocombustíveis empregam mais. Porém, por ofertar essencialmente *commodities* (etanol, açúcar, farelo de soja, óleo vegetal ou biodiesel) e também por empregar mão de obra de baixa qualificação – a exemplo dos milhares de cortadores de cana temporários, com vínculos precários –, a comparação deve ser mais cuidadosa. Adicionalmente, deve-se reconhecer a dinâmica consolidada da cadeia de petróleo.

Para o biodiesel foi estimado pela EPE, no horizonte 2030, a redução de 24×10^5 t de CO_2 em substituição a parcela do diesel, demandando área total de 7,2 milhões de ha, se mantido o predomínio da soja, mas com maior participação de outras oleaginosas (BRASIL, 2007b; 2007c); o investimento seria da ordem de R\$ 15 bilhões. Dados que já foram aplicados mais de R\$ 7 bilhões, desde 2006, obtendo-se apenas uma resposta tímida no número de postos diretos criados – em torno de 38 mil, segundo o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). A previsão de inserção social, feita no Plano Nacional de Agroenergia (PNA), de um milhão de postos de trabalho, sendo 275 mil diretos ficou, portanto, muito distante. Tais projeções não serão alcançadas, caso não se redirecionem políticas, estratégicas e metas mais ousadas.

Nessa perspectiva de 2030 pode-se estimar, para o biodiesel, algo em torno de 235 mil empregos diretos – inalcançáveis sem políticas direcionadoras do Estado. Os resultados de 2008 foram de 38 mil postos diretos com a substituição de 4% do diesel pelo biodiesel. Esses dados não incluem a agricultura familiar, na

forma prevista no Plano Nacional de Agroenergia, nem aqueles gerados na cadeia do farelo da soja.⁹ Atenção especial deve ser dada a cada etapa da cadeia de produção de oleaginosas, identificando-se as partes menos desenvolvidas em função das metas de inserção social e não apenas de maior volume produzido.

5.2 Impactos e licenciamento ambiental na geração de energia

Desde 1981, com a edição da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938), o Brasil aprimora o conjunto dos 13 instrumentos de gestão ambiental. Um dos mais importantes é o licenciamento ambiental, que incorpora o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu correspondente relatório (EIA-Rima). Uma das atividades que mais se destacam questões relativas a licenciamentos é a geração de energia, principalmente as grandes usinas hidrelétricas. Este fato tem sido apontado como um dos motivos do aumento das termelétricas e das emissões de GEEs.

O dimensionamento dos impactos ambientais e a adoção de formas de reduzi-los são aspectos polêmicos nas obras de disponibilização de energia, como também em outras atividades produtivas. A metodologia de diagnóstico Pressão, Estado, Impacto e Resposta (Peir), adotada no projeto Global Environmental Outlook (GEO) Brasil, é o referencial central para os estudos, sendo adaptada nos relatórios de impactos ambientais.

No caso da cadeia do petróleo e demais fontes de estoque, há um consenso sobre os impactos negativos provocados ao longo da cadeia de produção e consumo. No caso dos biocombustíveis, são ressaltadas mais as vantagens, uma vez que são imediatas e inegáveis. A impactação nos biomas terrestres, por utilizar mais terra e água e por gerar mais conflitos que a produção do petróleo nas plataformas oceânicas deve ser referencial nas análises sobre os indicadores da sustentabilidade da agroenergia, projeto a projeto, o que não vai inviabilizá-los. A adoção de cuidados adicionais deverá ser fator positivo para a comercialização, conforme ressaltado anteriormente.

Quanto ao *licenciamento ambiental para hidrelétricas*, a EPE estimou que a emissão de GEE, devido às postergações nos licenciamentos, que vêm desde 2005, passarão de 39 milhões de toneladas de CO₂ equivalentes (Mt.CO₂eq) para 75 milhões, incluídas as térmicas movidas a carvão mineral, cana-de-açúcar e óleo combustível, em 2017 (BRASIL, 2009d). Os atrasos superiores a seis meses para o licenciamento alcançam 65% dos projetos de hidrelétricas (BRASIL, 2009a; 2009c). Parece correto o entendimento da EPE, de que,

Nos projetos indicativos e em processo de licenciamento caberá ao MME/EPE, as seguintes ações:

- realizar gestões junto ao MMA para estabelecer as condições básicas para a realização dos estudos e ações socioambientais para a inserção regional do empreendimento, segundo os princípios do desenvolvimento sustentável;
- realizar gestões junto ao órgão ambiental competente para a definição dos termos de referência para a elaboração dos estudos, bem como, dos procedimentos e prazos referentes ao processo de licenciamento;
- realizar gestões junto aos órgãos governamentais e não governamentais, em âmbito regional, e representantes das comunidades e outros grupos de interesse regionais, para prestar informações sobre o empreendimento e ouvir suas expectativas e aspirações, criando meios e instrumentos permanentes de comunicação e participação (BRASIL, 2009d, p. 383).

Considerando que todos os projetos na área de geração de energia são de médio ou longo prazo, e diante dos desencontros de interesses no licenciamento ambiental de hidrelétricas, é necessário revisar os critérios e indicadores utilizados para as previsões do PDE e do PNE 2030. Pode-se, inclusive, estender as comparações entre processos similares, no Brasil e em outros países, para a adoção de medidas alternativas

9. O quantitativo de empregos gerados com o biodiesel parte das estimativas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Mapa e do MDA, de 45 mil empregos na agricultura familiar para cada 1% de biodiesel produzido com oleaginosas provenientes desse setor. Admite-se, para o cálculo, que a agricultura familiar forneça, até 2030, o equivalente a 5% do biodiesel produzido. Assim, seriam, 235 mil empregos diretos, no máximo, o que já seria uma grande vantagem em relação aos investimentos muito maiores e com menos emprego, no caso do petróleo.

não somente quanto aos prazos, mas, também, quanto às questões falhas encontradas pelo Ibama e pelo Ministério Público nos EIA. Nota-se ainda, um descompasso entre a apropriação da informação de que o licenciamento pode levar 40 meses e o fato de não se conseguir trabalhar com tal prazo, conhecido a priori, se ele é necessário. Pode também ser relevante a revisão das formas de quantificar e divulgar as falhas, a má qualidade de estudos e projetos e os atrasos devidos a necessidade de melhorias dos processos, inclusive as de responsabilidade dos proponentes.

Para o caso do petróleo, a EPE considera baixo o grau de incerteza na produção em função de licenciamentos futuros. Foi estimado em 14 a 24 meses o prazo necessário para a licença de instalação de um poço de petróleo, a depender da sensibilidade ambiental da área (BRASIL, 2007d). Neste caso, não são apresentados problemas que impliquem diferenças de produção significativas atribuídas aos atrasos no licenciamento.

Outro fator de destaque quanto à geração de energia e impactos no meio ambiente se refere à construção de gasodutos, oleodutos e alcooldutos, que atualmente somam 15,5 mil km. Pelos dados do PDE 2008-2017 (BRASIL, 2009d), a extensão de gasodutos atuais, somados aos projetos até 2017 totaliza 10 mil km, situados principalmente na região Sudeste e no bioma Mata Atlântica, com 67% do total. O Cerrado e a Caatinga somam 20%. Não são considerados os dutos do possível acordo Brasil-Venezuela e outros em estudo. O transporte de petróleo e derivados conta com aproximadamente 7,5 mil km, na zona litorânea, principalmente. A previsão de alcooldutos, ligando a região Centro-Oeste ao Sudeste, para fins de exportação, pode chegar a 5 mil km, compreendendo trechos no Cerrado e Mata Atlântica.

Quanto ao licenciamento dos biocombustíveis, a exigência de EIA-Rima para o licenciamento de atividades agrícolas destinadas ou não à produção de biocombustíveis se aplica somente para áreas de relevante interesse ecológico (Arie) ou acima de 1 mil ha, conforme as Resoluções Conama nº 1/1986 e nº 11/1986. A construção de usinas também exige EIA-Rima, tanto para o etanol quanto para plantas industriais interligadas com a produção de óleos vegetais. Aguarda-se a regulamentação de obrigatoriedade do instrumento EIA-Rima para grandes produções – tamanho e condições a definir – de biodiesel em plantas isoladas. De forma pioneira, leis estaduais iniciaram o aprimoramento do processo de licenciamento e instrumentos de controle, incluindo usinas e propriedades rurais no setor de etanol e biodiesel. Nesse setor, a autorização para instalação e operação não tem sido problema do lado dos demandantes, haja vista a capacidade autorizada a instalar e a operar. Para o biodiesel, em março de 2010, havia autorizações para produção de 400 milhões de litros/mês, frente à demanda mandatória de apenas 170 milhões de litros/mês (ANP, 2010).

Pesquisas junto aos demandantes dos licenciamentos – em todas as atividades – poderiam indicar as necessidades de melhorias nos procedimentos dos órgãos. Os supostos atrasos nos licenciamentos parecem indicar a falta de diálogo e de planejamento de médio prazo. Não há evidências da necessidade de alteração na regulamentação dos licenciamentos, como também não se questiona que os estudos e ritos são necessários. Por outro lado é negativo o fato de que o licenciamento tornou-se, na área de energia, pouco mais que um procedimento que lista uma série de pendências, embora com todo cuidado técnico, que devem ser satisfeitas para a autorização do empreendimento; o instrumento não exerce, de fato, a função prevista na Constituição Federal e na Lei nº 6.938/1981, de avaliar a viabilidade ou não dos empreendimentos, podendo desautorizá-los. As obras são dadas como certas, salvo raríssimas exceções.

Nesse sentido, seria importante a criação e a manutenção de um foro de debates sobre planejamento e gestão de políticas e ações envolvendo energia e meio ambiente, que não tenha o intuito de substituir outros espaços de discussão ou de deliberação existentes. Interessa congregar ideias em torno de um tema específico, no contexto da gestão socioeconômica dos recursos naturais. São reais as condições de se efetivar a sustentabilidade em energia e meio ambiente, especialmente pela abundância de recursos financeiros que podem ser alocados, conforme mostrado anteriormente.

6 PESQUISA ENERGÉTICA COM PERSPECTIVAS DE LONGO PRAZO: ENERGIA NUCLEAR

Os estudos e, em certa medida, a expansão da energia nuclear sofreram uma desaceleração, desde o fim dos anos 1980, devidos, principalmente, ao baixo custo dos derivados do petróleo e a acidentes,

como os de Chernobil. Nesta seção, interessa levantar a questão da energia nuclear como um tema de estudos relevante no âmbito tecnológico e estratégico para o país, no contexto da pesquisa e desenvolvimento.

O Brasil é detentor de grandes reservas de urânio, fonte da energia para geração de eletricidade. O país tem estudos e projetos de desenvolvimento nessa área, mas pode dar um passo adiante, de modo a tornar-se um grande ator no cenário mundial. Tendo em vista as perspectivas incertas no longo prazo, a P&D aplica-se a toda forma de geração, segurança e consumo de energia. Porém, não se observam preocupações nesse sentido, quando se analisa, por exemplo, as pesquisas apoiadas pelo Fundo Setorial de Energia, do Ministério de Ciências e Tecnologia (MCT). Entre 632 projetos contratados junto ao fundo (R\$ 366 milhões, a valores nominais), apenas 14 (R\$ 17 milhões) foram relacionados à área de energia nuclear, incluindo-se técnicas de monitoramento, educação, desenvolvimento do combustível, segurança e outros.

Deuch e Moniz (2006) observam que a importância da energia nuclear reside, para citar apenas os conhecimentos atuais, em dois fatos centrais: *i*) perspectiva de escala e longo prazo; e *ii*) trata-se de tecnologia de ponta ligada a vários usos. O primeiro ponto destaca que a energia nuclear é a única fonte não fóssil complementar, em grande escala, da hidreletricidade e que tem perspectiva de longo prazo. Todas as outras alternativas, mesmo a dos biocombustíveis da atual geração, são consideradas de transição e teriam limite máximo de 12% da oferta mundial de energia no médio prazo (SOCOLOW; PACALA, 2006; IEA, 2009). Mesmo o Brasil sendo uma exceção mundial a pesquisa energética tem função também estratégica e de abertura de fronteiras tecnológicas.

O segundo aspecto a destacar é que a P&D deve orientar-se pelas linhas de ponta tecnológicas capazes de responder a um conjunto mais amplo de temas estudados; nesse aspecto, a temática nuclear deve ser incentivada pelo conjunto das áreas que abrange, desde o combustível termonuclear até os usos na medicina. Dado que o país tem condições de desenvolver pesquisas e atividades econômicas nesse tema, pode-se reduzir o risco de ser um eterno importador de bens advindos de fornecedores externos.

A falta de incentivos à P&D, ou a sua ocorrência sem um desenho discutido amplamente, conferem ao tema nuclear uma obscuridade que não se justifica. Especificamente quanto ao uso energético, o país tem potencial de ser não apenas exportador de matéria-prima, mas também de projetos, equipamentos e tecnologias. Para isso, deve-se abrir o debate com o meio acadêmico e a sociedade civil, para que o marco legal do setor seja levado adiante. Questões como a segurança ambiental e dos trabalhadores, desde a mina até o enriquecimento também devem ser abordadas de forma clara com a sociedade.

7 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

7.1 Contexto internacional e Brasil

Goldemberg e Lucon consideram que “A eficiência energética é, sem dúvida, a maneira mais efetiva de, ao mesmo tempo, reduzir os custos e os impactos ambientais locais e globais” (2007, p. 18). Para os autores, a conservação diminui a necessidade de subsídios governamentais e permitem o prolongamento do prazo dos investimentos em novas fontes.

Nesse sentido, há trajetórias tecnológicas de emissões de GEE e de poluentes que merecem especial atenção das políticas de eficiência energética. Do ponto de vista ambiental, os setores econômicos para os quais devem direcionar-se as ações de eficiência energética são aqueles causadores de maior impacto direto no meio ambiente e aqueles de menor ineficiência energética – neste caso, os impactos são indiretos por demandarem mais energia para os mesmos processos. O box 3 destaca as definições de eficiência e intensidade energética.

BOX 3
Eficiência energética

Eficiência energética significa o alcance e a continuidade de uma redução na quantidade de energia utilizada para se obter um mesmo serviço ou nível de atividade. Em termos econômicos é toda mudança que resulta em decréscimo na quantidade de energia utilizada para produzir uma unidade da atividade econômica (WEC, 2008 p. 9). A eficiência energética "é associada com eficiência econômica e inclui tecnologia, comportamento e mudanças na economia". (WEC, 2008, p.9).

A eficiência energética tem dois indicadores mais usados: intensidade energética – quantidade de energia dividida por indicador de renda, geralmente o PIB ou PIB *per capita*, ou valor agregado, ou mesmo quantidade produzida – e consumo por unidade e tipo – por exemplo, veículos ou motores.

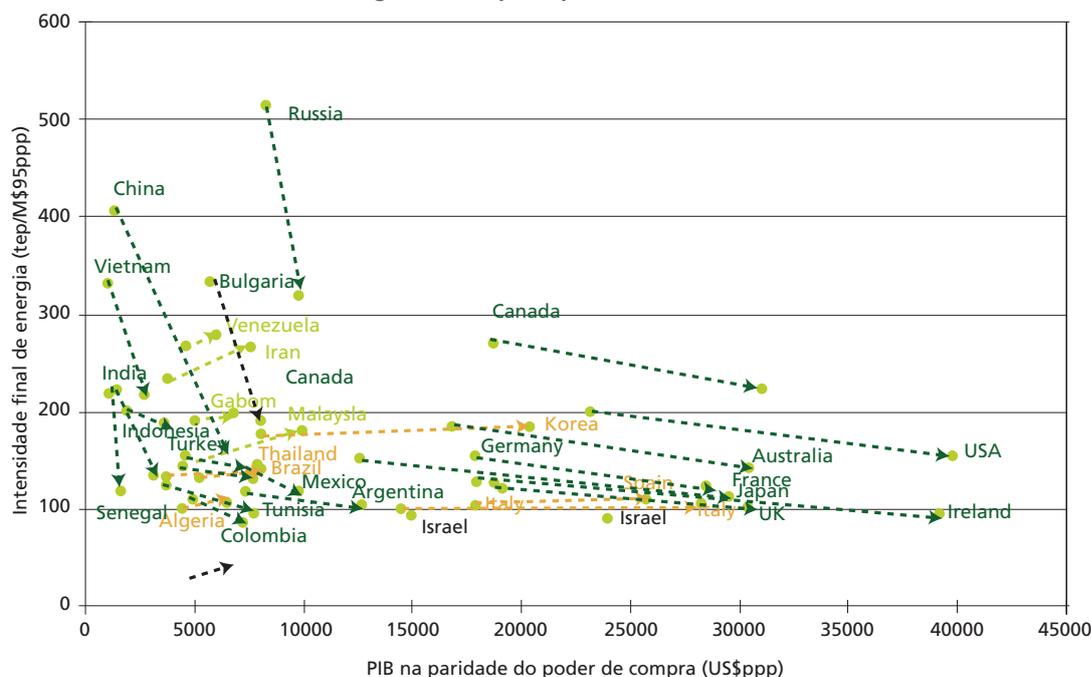
As comparações de eficiência energética podem ser feitas entre setores da atividade econômica, entre tipos de atividade industrial, entre rotas tecnológicas, entre outras formas. A comparação entre nações deve ser feita considerando-se os diferentes tipos de economias, regiões, estágios de desenvolvimento econômico, por meio da paridade entre o poder de compra de cada um.

O indicador de intensidade energética será tanto melhor quanto menos energia for necessária para se elevar o PIB *per capita*, observada a paridade do poder de compra (ppp). É ideal a situação em que a setas tenham inclinação negativa (para baixo e para a direita no gráfico 7) como ocorre no Canadá, na Irlanda e nos Estados Unidos, por exemplo. Isso significa maior PIB a um mesmo nível de energia.

Observa-se que o Brasil teve uma ligeira inclinação positiva entre os valores de 1990 e 2006, significando que a eficiência energética, medida por esse critério, reduziu-se, da mesma forma que ocorreu com Itália, Espanha, Coreia do Sul e Tailândia, países comparáveis à situação brasileira.

Os indicadores de consumo e de eficiência energética, no Brasil, não apontam tendência de modificação da trajetória mostrada no gráfico 7, que compara a intensidade energética de diversos países. Situações particulares como a da China, da Índia, de Senegal, do Vietnã, em que a inclinação é forte, mais com baixa elevação do PIB, indicam mudanças com muita inclusão da população, a baixos valores monetários e com baixo incremento no consumo *per capita* de energia – isso ocorre onde há uma grande parcela da população com renda muito baixa. Situações como a da Rússia e da Bulgária indicam mudanças drásticas na economia e crises no período de análise.

GRÁFICO 7
Tendência da intensidade energética e PIB *per capita* – 1990-2006



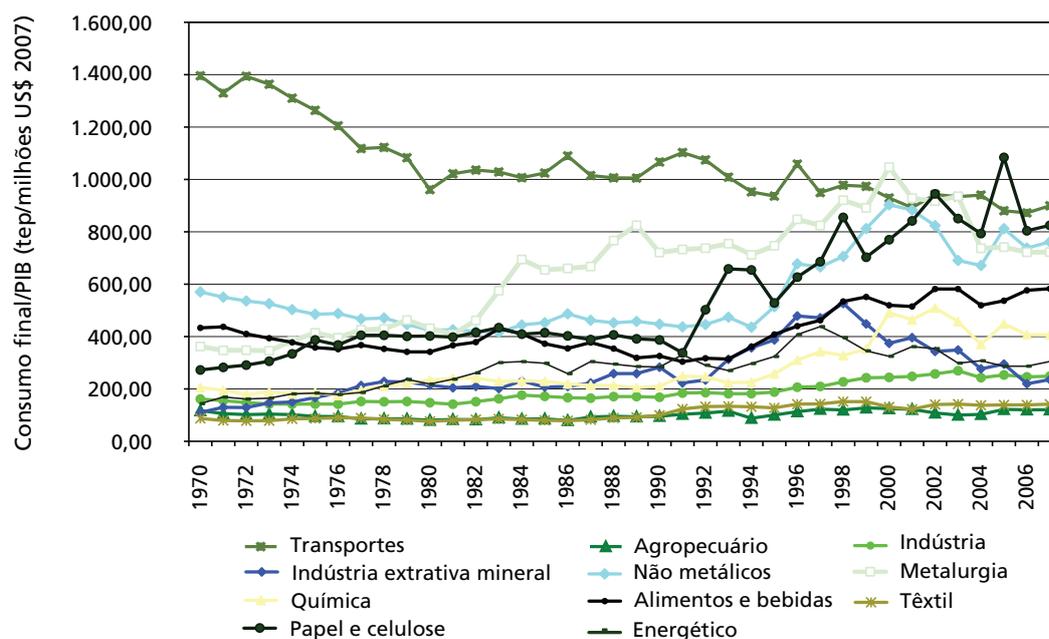
Fonte: WEC (2008, p. 23).

O Conselho Mundial de Energia (WCE) considera que tem melhorado a relação energia/PIB no bloco OCDE e na maioria dos países e regiões (gráfico 7), com decréscimo de 1,6% ao ano, entre 1990 e 2006. Na avaliação do Conselho, o Brasil aparece entre os países que têm baixa produtividade, com eficiência energética mediana (160) e PIB *per capita* baixo – inferior a US\$15 mil/ano –, sem grandes mudanças no período entre 1990 e 2006.

As simulações da EPE/MME, para o caso do Brasil, apresentam oscilações da intensidade energética, até 2030, conforme os diversos cenários anteriormente mencionados. No caso em que o crescimento da economia seria mediano (pedalinho ou B2) a tendência é permanecer o padrão atual. Os setores industrial e de transportes são os principais demandantes de políticas de eficiência energética. Para este último, do ponto de vista ambiental, outro efeito positivo será a melhoria da qualidade do diesel – redução de poluentes, a exemplo do enxofre, que passará de mais de 500 ppm para 50 ppm.

Para o setor industrial, a busca pela eficiência energética é mais complexa e ainda mais necessária, inclusive, pelas vantagens econômicas para o próprio setor. O gráfico 8 ilustra a evolução da intensidade energética por setor, no Brasil, com destaque para as atividades industriais que gastaram mais energia para gerar a mesma renda (aumento da intensidade). Os setores que não aparecem no gráfico não tiveram oscilação relevante na intensidade energética, desde 1970, seja com ganhos ou perda (BRASIL, 2009c).

GRÁFICO 8
Evolução da intensidade energética no Brasil, principais setores – 1970-2006

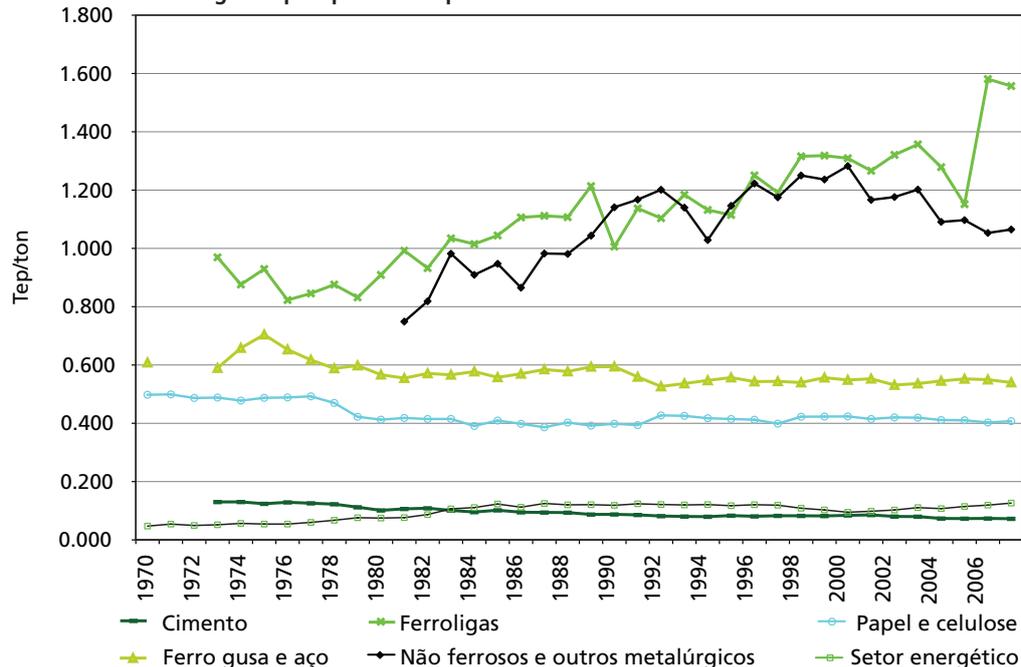


Fonte: Brasil (2009c).

A partir de 1998, alguns setores apresentaram melhora no indicador intensidade (gráfico 8), em parte devido ao aumento dos preços das *commodities*. Quando se analisa a intensidade energética em função da quantidade produzida nota-se que os setores de ferro ligas e de não ferrosos e outros metalúrgicos foram os que demandaram mais energia por tonelada produzida (gráfico 9). Além dos problemas enfrentados pelo mercado de *commodities* há, também, o efeito dos equipamentos obsoletos, conforme destacado adiante, na seção 7.2.

GRÁFICO 9

Consumo energético por quantidade produzida

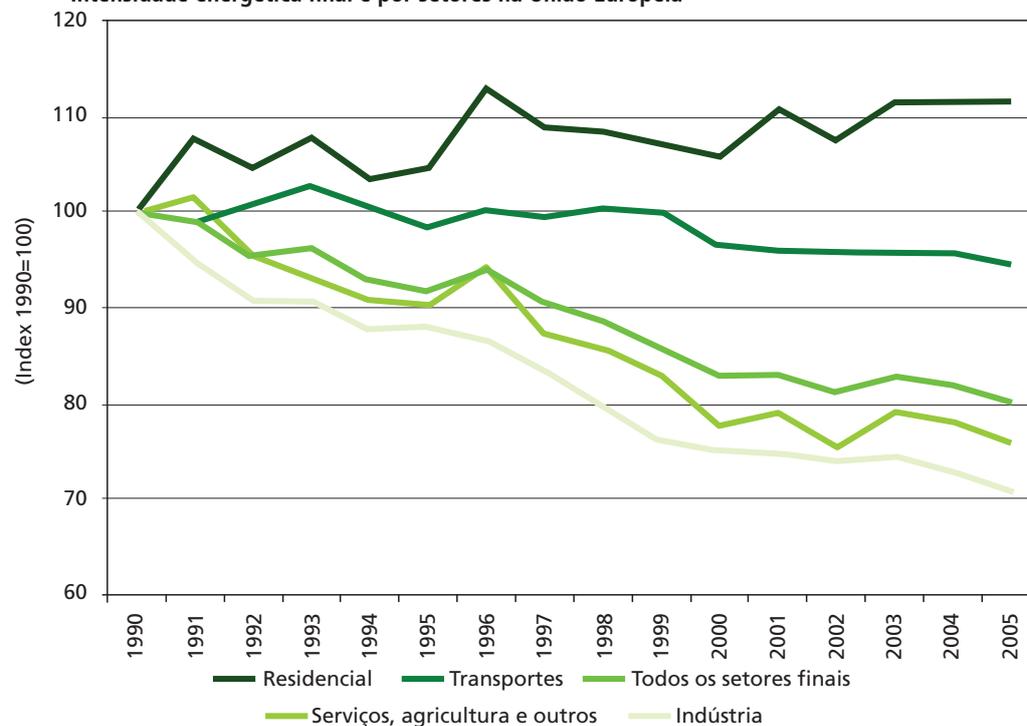


Fonte: Brasil (2009c).

O gráfico 10 ilustra o comportamento da intensidade energética nos países da União Europeia (UE). A comparação indica que o alcance de padrões de eficiência, no Brasil, resguardadas as diferenças e as deficiências desse indicador, são muito grandes. Deve-se atentar que a comparação entre os setores é mais complexa e não tem relação direta, sendo importante, porém, o sinal invertido entre o Brasil e os países europeus.

GRÁFICO 10

Intensidade energética final e por setores na União Europeia



Fonte: WEC (2008).

Pode-se notar nas trajetórias (gráficos 8 e 9), que apenas o setor de transportes vem melhorando sensivelmente a sua intensidade energética, desde 1970. Os demais setores, principalmente o industrial, mostram que há muito a ser feito. Dessa forma, o foco das campanhas e dos programas de eficiência energética deve direcionar-se para estes setores cuja intensidade energética é crescente, sem ignorar as ações positivas das outras atividades.

7.2 Políticas de eficiência energética: redirecionamento do foco

O Brasil promove, desde 1986, o estímulo à eficiência energética com ações como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PEB) e o Programa de Eficiência das Concessionárias de Energia Elétrica (PEE), direcionado às concessionárias de distribuição de energia elétrica, em obediência à Lei nº 9.991/2000. O destaque tem sido a disponibilização de equipamentos poupadores de energia, o que é incentivado, com sucesso, por programas como o Procel e o PEE.

O PEE é a ação que aporta o maior volume de recursos (R\$ 1,14 bilhão, na soma de todas as concessionárias, de janeiro de 2008 até março de 2010), ainda busca consolidação, pois os dados disponibilizados pela Aneel mostram que 80,5% dos recursos se destinam, basicamente, a duas categorias de economia de energia: substituição de equipamentos em residências de baixa renda – predomínio de eletrodomésticos – e no setor público – administração e empresas de energia. Do total de 447 projetos relacionados pela Aneel, no âmbito do PEE, essa primeira categoria contou com 63,3% dos recursos (R\$ 722,3 milhões); a segunda, com 17,2% dos recursos (R\$ 196,2 milhões). Por outro lado, o setor industrial teve apenas 3,1% (R\$ 36,15 milhões).

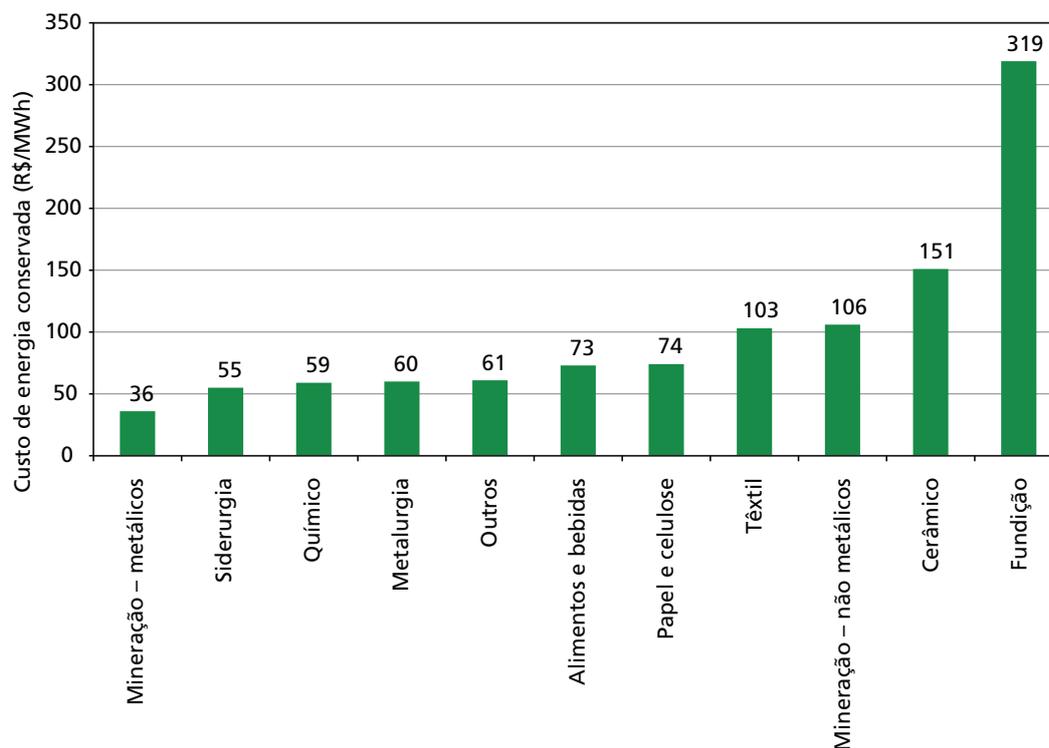
Em 2001 foi editada a Lei nº 10.295/2001, que confere ao Estado poder de estabelecer índices mínimos de eficiência – ou máximos de consumo – aos equipamentos produzidos ou comercializados no país. Apesar de o quadro regulatório ter bases que permitem a eficiência energética, são ainda insuficientes as medidas efetivas, no entendimento de Brasil (2007d). A conclusão deve-se, essencialmente, aos poucos efeitos constatados nas indústrias.

Estudo em parceria da Eletrobras com a CNI avaliou 217 projetos de eficiência energética na indústria, em 13 diferentes setores. O estudo confirmou as projeções divulgadas pela EPE (BRASIL, 2007d) quanto às vantagens econômicas de se investir na conservação da energia e apontou números: quando se adota a conservação, em lugar da simples adição de energia nova no processo industrial, a economia pode chegar a 43% do custo de adição de 1kWh (ELETROBRAS; CNI, 2009). O gráfico 11 mostra os valores poupados em cada um dos 13 setores pesquisados.

O estudo Eletrobras/CNI está em consonância com o que apontou o PNE 2030 (BRASIL, 2007d) quanto à diferença financeira entre a geração de energia. Segundo o PNE, atendendo-se aos padrões ambientais e também a um programa de conservação, tornam-se mais baratos os programas de eficiência. O Plano mostra que a economia para o país, com a instalação de novas fontes, seria na faixa de US\$ 8,4 bilhões, ou US\$ 1,32 mil US\$/kW, para uma capacidade adicional de 6400 MW (BRASIL, 2007d).

GRÁFICO 11

Comparação de custos da economia de energia por setor e o custo da energia nova pela média dos setores



Fonte: Eletrobras/CNI (2009).

O maior problema apontado pela pesquisa foi a existência de equipamentos obsoletos na área dos processos térmicos (caldeiras e outros), os quais são, também, altamente emissores de GEE e de poluentes. Por isso, as políticas oficiais de eficiência energética, voltadas para a energia elétrica, não alcançam a indústria. Há necessidade de se promoverem mais pesquisas e desenvolvimento que apontem caminhos para melhorias permanentes, além da substituição dos equipamentos. Uma das maneiras de se viabilizarem as mudanças é o aumento do diálogo com a indústria, no sentido de difundir as vantagens da conservação da energia; outra medida é a combinação de ações de indução à mudança, por meio de incentivos temporários à indústria, para viabilização financeira da modernização de seus equipamentos.

Por outro lado, nos projetos apoiados pelo BNDES, seria desejável a adoção de indicadores de eficiência a serem alcançados pelos tomadores de recursos. Inicialmente, esses indicadores seriam orientadores de ações em prol da eficiência energética. Em um segundo momento, o Banco pode avaliar a vinculação de condições vantajosas de concessão de recursos a metas de alcance de eficiência no uso da energia. Da mesma forma, tais medidas podem ser adotadas para a adoção de maiores cuidados com o meio ambiente.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este texto apresentou um breve cenário atual e no médio prazo envolvendo o tema energia e meio ambiente no Brasil, com destaque para as interações entre políticas públicas, a geração e o consumo de energia. Procurou-se evidenciar que, muito mais do que um sacrifício para a economia nacional, a sustentabilidade ambiental deve ser vista como uma oportunidade para o desenvolvimento socioeconômico. Este raciocínio segue a tendência mundial, talvez irreversível, de uso de energias alternativas com responsabilidade social e ambiental, na perspectiva da gestão integrada dos recursos naturais.

Com essa abordagem o texto procurou identificar, no perfil da matriz energética brasileira, as perspectivas e os principais desafios da gestão socioambiental na geração e no consumo. Os desafios e oportunidades

destacados, tendo em vista a integração e a coordenação de esforços nas áreas de energia e meio ambiente, de forma bastante resumida, bem como sugestões adicionais, são os seguintes:

- As projeções de geração de energia apontam redução, ainda que pequena, no percentual de participação das fontes renováveis na matriz energética, com oscilações entre mais e menos fontes renováveis.
- O aumento da produção e consumo dos biocombustíveis implica ganhos ambientais e socioeconômicos, mas aumenta os impactos e conflitos na etapa da produção, necessitando redimensionamento da área de gestão ambiental.
- A previsão de recursos para a área de geração de energia, inclusive em atividades com grande impacto ambiental, não tem vinculação com a área de meio ambiente, nos documentos de planejamento energético, o que seria um aspecto desejável.
- O financiamento da pesquisa em energia e meio ambiente deve ser incentivado, com alterações e melhor distribuição dos recursos para P&D, inclusive no que se refere à área nuclear.
- O financiamento de P&D deve contar com recursos oriundos da produção de eletricidade a partir de fontes de origem fóssil, em maior proporção que a atual.
- Há necessidade de se reduzir a intensidade energética, principalmente nos grandes consumidores da indústria, devendo-se direcionar o foco das políticas nesse sentido.
- A coordenação e integração de ações na área de energia e meio ambiente dever ser conduzida por estruturas perenes e não apenas pontuais e esporádicas.
- É desejável que a elaboração de relatórios de diagnósticos de emissão de GEE e poluentes, pela matriz energética e outros setores, seja feita com maior frequência.
- O incentivo e o financiamento de atividades econômicas intensivas em energia deve considerar conta indicadores da área de energia e meio ambiente.
- É necessário debater alternativas de compensação financeira – para municípios, ou para a agricultura e para o espaço rural – para atividades de produção de energia renovável e de alimentos, à semelhança dos *royalties* do petróleo ou da geração hidrelétrica.

Além desses aspectos pontuais, o desafio que permanece central em políticas públicas de energia é o de aliar as ações tradicionais do Estado para o curto prazo com as premissas de longo prazo, fato inerente também às questões ambientais. Este artigo levanta a questão da necessidade de se reformularem as medidas para o alcance de estágio superior na integração entre meio ambiente e energia. Tal integração pressupõe fortalecimento dos órgãos ambientais e dos sistemas colegiados de consulta e deliberação, medidas essas ao alcance das ações de governos, inclusive pela condição favorável de ganho de novos mercados.

Para além desses aspectos, o desejável é que o país defina a plataforma de geração de energia a partir do tipo de desenvolvimento social e econômico que se deseja; fazer o contrário, ou seja, partir da disponibilidade de energia para desenvolver a economia parece contra indicado, especialmente quando se trata de exportação de *commodities* ou mercadorias de baixo valor agregado e com alto gasto de energia.

A adoção e divulgação sistemática de indicadores da relação energia e meio ambiente, inclusive por setor produtivo, seria útil também para orientar e induzir projetos do setor privado, bem como para que o financiamento público os utilizasse cada vez mais como base orientadora da destinação de recursos. Dado que o Banco estatal BNDES é responsável pela maior parte (mais de 80%) do financiamento dos projetos do setor energético, uma maior coordenação de esforços e o direcionamento para a sustentabilidade devem compor a diretriz principal nesse sentido.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, E. R.; RAMACHANDRAN, S.; RAMALINGAM, V. Biogas: Can it be an important source of energy? **Environmental Science and Pollution Research**, v. 14, p. 67-71, 2007.

A ENERGIA do futuro: como combater o aquecimento global sem prejudicar a economia. **Scientific American Brasil**, São Paulo, Duetto Editorial, ano 5, n. 53, p. 21-95, 2006, 100p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de Informações de Geração (BIG)**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>. Acesso em: jun. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Boletim mensal do biodiesel**, mar. 2010. 9p. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocomustiveis>>. Acesso em: 28 abr. 2009.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO (BNDES). **Desembolso ao Programa Biodiesel**. Planilha resumida enviada por comunicação Diset – Ipea/BNDES, mar. 2010. 1p. Sem dados de publicação.

_____. **Desembolso do sistema BNDES para o setor sucroalcooleiro, 1990-2009**. Planilha resumida enviada por comunicação Diset – Ipea/BNDES, mar. 2010. 1p. Sem dados de publicação.

BILITEWSKI, B.; HÄRDITTE, G.; MAREK, K. **Abfallwirtschaft – Handbuch für Praxis und Lehre**. 3. ed. Springer, 2000.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). **Comunicação nacional inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança no clima**. Brasília, 2004.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). **Plano Nacional de Agroenergia**. Brasília, 2005.

_____. Ministério de Minas e Energia (MME)/Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Plano Nacional de Energia 2030**. Caderno 1: análise retrospectiva. Brasília, 2007a. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 6 ago. 2009.

_____. Ministério de Minas e Energia (MME)/Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Plano Nacional de Energia 2030**. Caderno 2: projeções. Brasília, 2007b. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 6 ago. 2009.

_____. Ministério de Minas e Energia (MME)/Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Plano Nacional de Energia 2030**. Caderno 10: combustíveis líquidos. Brasília, 2007c. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 6 ago 2009.

_____. Ministério de Minas e Energia (MME)/Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Plano Nacional de Energia 2030**. Caderno 11: eficiência energética. Brasília, 2007d. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 6 ago. 2009.

_____. Presidência da República. **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: Relatório Nacional de Acompanhamento**. Brasília, 2007e.

_____. Ministério de Minas e Energia (MME). **Resenha Energética Brasileira – versão preliminar**, abr. 2009, 22 p. Brasília: 2009a. Disponível em: <<http://mme.gov.br/ben>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

_____. Ministério de Minas e Energia (MME). **Boletim mensal dos combustíveis renováveis**, Brasília, DCR, n. 17, maio 2009b.

_____. Ministério de Minas e Energia (MME). **Balanco Energético Nacional**. Brasília, 2009c.

_____. Ministério de Minas e Energia (MME)/Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Estudo do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2008-2017**. Rio de Janeiro: EPE, 2009d. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 6 ago. 2009.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA)/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar**: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. Brasília, 2009e.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa**: informações gerais e valores preliminares. Brasília, 2009f.

CAVALIERO, C. K. N.; DA SILVA, E. P. Electricity generation: regulatory mechanisms to incentive renewable alternative energy sources in Brazil. **Energy Policy**, Amsterdã, Elsevier n. 33, 2005.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S/A (ELETROBRAS); CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Eficiência energética na indústria**: o que foi feito no Brasil, oportunidades de redução de custos e experiência internacional. Brasília: Eletrobras, 2009.

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY (CIA). **World Factbook, 2009**. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library>>. Acesso em: 8 ago. 2009.

COSTA, C. V. **Políticas de promoção de fontes novas e renováveis para geração de energia elétrica**: lições da experiência europeia para o caso brasileiro. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Coppe, Rio de Janeiro, 2006.

DEUCH, J. M.; MONIZ, E. J. Opção nuclear. **Scientific American Brasil**. A energia do futuro: como combater o aquecimento global sem prejudicar a economia, São Paulo, Duetto Editorial, ano 5, n. 53, p. 46-51, 2006, 100 p.

DIJKGRAAF, E.; VOLLEBERGH, H. R. J. Burn or bury? A social cost comparison of final waste disposal methods. **Ecological Economics**, v. 50, p. 233-247, 2004.

_____. Response to Letter to the Editor. **Ecological Economics**, v. 66, p. 557-558, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Embrapa Agrobiologia. **Energia limpa** – Capim elefante pode substituir o carvão mineral. 2006. Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/imprensa/pautas/pauta_campim_elefante.html>. Acesso em: maio 2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **A questão socioambiental no planejamento da expansão da oferta de energia elétrica**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **Investimentos em energia atingirão R\$ 767 bilhões nos próximos 10 anos**. Informe à imprensa PDE 2008-2117. Brasília, 2009.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **EN2**: Final Energy Consumption Intensity, 2008. Disponível em: <http://themes.eea.europa.eu/Sectors_and_activities/energy/indicators>. Acesso em: 2 Mar. 2010.

EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION (EWEA). **Annual Report**. Brussels, 2009.

GAMA, H. F. L. N. Ecocapitalismo e neoliberalismo: a corrida empresarial pelo ouro verde ISO 14001. *In*: DUARTE, L. M. G.; THEODORO, S. H. **Dilemas do Cerrado**: entre o ecologicamente (in)correto e o socialmente (in)justo. Rio de Janeiro: Garamond, 2002, p. 107-137.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia e meio ambiente no Brasil**. São Paulo: Estudos Avançados, Edusp, v. 21, n. 59, 2007, p. 7-20.

GRUPO DE ECONOMIA DA ENERGIA. **Projeto Matriz Brasileira de Combustíveis**. Instituto de Economia da UFRJ/Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Rio de Janeiro: IE/UFRJ, 2006. 170p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key World Energy Statistics**. OECD/IEA, 2009. Disponível em: <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/key_stats_2009.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2010.

IPEA. BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL: ETANOL E BIODIESEL. **COMUNICADO** n. 53, MAIO 2010. Brasília, 2010. 57p.

LUCENA, A. F. P. *et al.* The vulnerability of renewable energy to climate change in Brazil. **Energy Policy**, n. 37, 2009.

MANYARI, W. V.; CARVALHO JR., O. A. Environmental considerations in energy planning for the Amazon region: Downstream effects of dams. **Energy Policy**, n. 35, 2007.

NASCIMENTO, S. M.; DUTRA, R. I. J. P.; NUMAZAWA, S. Resíduos de indústria madeireira: caracterização, conseqüências sobre o meio ambiente e opções de uso. **Holos Environment**, Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, v. 6, n. 1, 2006.

OBSERVATOIRE DES ENERGIES RENOUVELABLES (OBSERV'ER). **8th Eurobserv'er Report: the state of renewable energies in Europe**. Bruxelas: Epel Industrie Graphique, 2008.

OLIVEIRA L. B.; ROSA L. P. Brazilian waste potential: energy, environmental, social and economic benefits. **Energy Policy**, n. 31, p. 1481-1491, 2003.

PETRÓLEO BRASILEIRO S/A. (Petrobras). **Plano de Negócios 2009-2013**. Brasília, 2009.

QUADRELLI, R.; PETERSON, S. The energy-climate challenge: Recent trends in CO2 emissions from fuel combustion. **Energy Policy**, v. 35, 2007.

SOCOLOW, R. H.; PACALA, S. W. Um plano para manter o carbono sob controle. *In*: **Scientific American Brasil**. A energia do futuro: como combater o aquecimento global sem prejudicar a economia, São Paulo, Duetto Editorial, ano 5, n. 53, p. 30-37, 2006, 100 p.

SOUSA, E. L.; MACEDO, I. C. **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. São Paulo: Unica, 2009.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira. **Novos Estudos**, n. 79, nov. 2007.

VIEIRA, S. M. M.; SILVA J. W. **Emissões de metano no tratamento e na disposição de resíduos**. Ministério da Ciência e tecnologia (MCT) e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Brasília, 2006.

WORLD ENERGY COUNCIL (WEC). **Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation** World Energy Council 2008. London: WEC, 2008. Disponível em: <<http://www.worldenergy.org/publications/1721.asp>>. Acesso em: 17 Nov. 2009.

**Ipea – Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada**

**Secretaria de Assuntos Estratégicos da
Presidência da República**

