

# A ASCENSÃO DA CHINA E AS OPORTUNIDADES PARA O BRASIL NO SETOR DE ENERGIA E DE TRANSPORTES

Amaro Olimpio Pereira Junior\*

## RESUMO

O artigo debate oportunidades de cooperação entre Brasil e China para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, a partir do diagnóstico das potencialidades e desafios enfrentados por cada país nos setores de energia e transportes. Toma-se por hipótese a necessidade cada vez mais premente de as economias emergentes adotarem padrões de desenvolvimento menos intensivos em dispêndio energético. São identificadas algumas áreas em que Brasil e China possuem diferenciais tecnológicos que poderiam ser explorados numa parceria bilateral, a exemplo da construção de hidrelétricas e da produção em massa de veículos automotores híbridos.

**Palavras-chave:** desenvolvimento sustentável; Curva Kuznets Ambiental; infraestrutura; cooperação bilateral.

## THE RISE OF CHINA AND OPPORTUNITIES FOR BRAZIL IN THE ENERGY AND TRANSPORT SECTORS

### ABSTRACT

The study discusses opportunities for cooperation between Brazil and China for the development of sustainable technologies, drawing from the diagnosis of the strengths and challenges faced by each country in energy and transport sectors. The hypothesis is the increasingly urgent need for emerging economies to adopt development standards less intensive in energy expenditure. It identifies some areas in which Brazil and China have technological advantages that could be exploited in a bilateral partnership, such as the construction of dams and mass production of hybrid automobiles.

**Keywords:** sustainable development; Carbon Kuznets Curve; infrastructure; bilateral cooperation.

JEL: Q01; P48; F55

Boletim de Economia e Política Internacional, 15: 105-123 [2013]

---

\* Professor do Programa de Planejamento Energético da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPE /COPPE/UFRJ). Pesquisador visitante no Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) do Ipea. *E-mail:* <amaro@ppe.ufrj.br>. O autor agradece a Márcia Ricetta pela contribuição à pesquisa.

## 1 INTRODUÇÃO

A China apresentou na última década (2000-2010) um impressionante ritmo de crescimento econômico, cuja média superou o patamar de 10% ao ano (a.a.), segundo dados do Banco Mundial (2012). O país consolidou-se assim não somente como uma potência regional mas também como um dos principais atores econômicos mundiais. Tal evolução vem demandando expressivos investimentos, com destaque para a área de infraestrutura econômica, por meio da rápida expansão de rodovias, ferrovias, aeroportos e centrais de geração de energia elétrica no país. Um exemplo da enorme mobilização de investimentos da China no período foi a construção da hidrelétrica de Três Gargantas, a maior do mundo, com 18 GW de capacidade, concluída em maio de 2006.

O Brasil, um grande exportador de produtos básicos (com destaque para minério de ferro e soja) e semimanufaturados (a exemplo de produtos metalúrgicos), se beneficiou do desempenho da economia chinesa a ponto de a China ter-se tornado o seu principal parceiro comercial. Mesmo assim, na última década, o crescimento brasileiro foi bem mais modesto, alcançando uma média anual de 3,6% (Banco Mundial, 2012).

Uma possível explicação para a grande diferença no desempenho econômico de Brasil e China é a de que estes dois países se encontrariam em estágios distintos de desenvolvimento. Mais especificamente, a China estaria empreendendo a expansão de sua indústria por meio do aproveitamento de extensos recursos humanos e naturais disponíveis numa economia que até poucas décadas atrás era eminentemente agrícola, a exemplo do que o próprio Brasil fez a partir dos anos 1950. Nesse sentido, o ritmo mais lento de crescimento brasileiro seria explicado por uma maior maturidade de sua economia em relação à chinesa.

Porém, o maciço investimento da China em educação – com ênfase no ensino técnico – tem feito com que este país alcance cada vez mais destaque na produção de bens de alta tecnologia, notadamente em setores como energia e transportes, indicando, desta maneira, que, de fato, o país já superou o Brasil em termos de estágio de desenvolvimento. Não se pode esquecer também que o crescimento da China foi possível devido a uma combinação única de fatores econômicos e institucionais: evolução da produtividade industrial, câmbio desvalorizado em relação ao dólar, inovação, financiamento estatal barato e forte presença do Estado na economia (Corrêa, 2012).

Embora o Brasil possa continuar se beneficiando do crescimento acelerado da China, as estratégias de inserção internacional do país devem buscar identificar oportunidades de comercialização de produtos que viabilizem a participação em etapas de maior valor agregado nas cadeias globais de valor. O objetivo deste trabalho, portanto, é debater algumas destas oportunidades no setor de energia e de transportes, a partir do estudo comparado das experiências recentes da China e do Brasil, destacando as estratégias destes países para desenvolver vantagens competitivas por meio de novas tecnologias que contribuam para o aumento da eficiência energética e a redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE).

O texto se divide em cinco seções, incluindo esta introdução. A segunda seção apresenta alguns elementos da literatura e dos debates nos fóruns multilaterais sobre eficiência energética ao discutir como Brasil e China têm-se mobilizado para atender aos padrões de emissão estabelecidos pelos acordos

internacionais. A terceira e a quarta seções analisam, respectivamente, a matriz energética e o setor de transportes na China e no Brasil, apontando as principais características e estratégias de cada país na busca pela incorporação de práticas sustentáveis em seus modelos de desenvolvimento. Finalmente, o texto conclui apresentando algumas das oportunidades de cooperação e progresso tecnológico mútuo para as economias chinesa e brasileira, a partir da identificação de complementaridades produtivas entre estes países.

## 2 CURVA KUZNETS AMBIENTAL COMO BALIZADORA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NOS PAÍSES EMERGENTES

Os países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) alcançaram o *status* de nações desenvolvidas à custa do consumo excessivo de combustíveis fósseis. Tais economias não modificaram os velhos hábitos até hoje; apenas transferiram suas manufaturas para os países em desenvolvimento, junto com a poluição por elas provocada. Uma vez que a grande maioria dos países emergentes também tem como base energética fontes poluidoras e não renováveis, verifica-se uma convergência de fatores que prejudicam a sustentabilidade no seu padrão de desenvolvimento.

Esta transferência de “chaminés” indica que os países emergentes vão seguir o padrão de crescimento até então adotado pelas nações desenvolvidas e, por consequência, também contribuirão para o aumento da poluição ambiental e dos custos energéticos, exaurindo seus recursos naturais. Dessa maneira, será necessário que esses países adotem o conceito de *leapfrogging*, ou “feito túnel”, para alcançarem um padrão de desenvolvimento econômico que não comprometa o meio ambiente local e global. Este desafio requer mudanças nos contextos socioeconômico e institucional que impliquem o uso mais adequado e racional da energia (por meio da redução e alteração nos padrões de consumo energético), bem como o investimento em energias limpas. Seguindo este movimento, Brasil e China vêm incentivando a produção de energias renováveis em seus territórios frente às necessidades de reduzir suas emissões de GEE.

Pesquisas ressaltam que o consumo de energia crescerá com o desenvolvimento econômico em países emergentes, a exemplo de Brasil e China, uma vez que, com a melhoria na qualidade de vida das famílias, o consumo de bens duráveis e de capital também se elevará. Esse movimento remete à ideia da “teoria da colina energética” em que, após a transição da economia primária para a industrial, um novo equilíbrio é alcançado entre os setores econômicos, porém com uma taxa mais alta de intensidade energética, retrato hoje dos países emergentes em geral. O próximo passo na direção do desenvolvimento sustentável é amadurecer os setores econômicos, reduzindo suas intensidades energéticas e elevando o produto interno bruto (PIB) por meio da inovação tecnológica e da eficiência no emprego dos insumos. Esse período de transição só se finalizará com a consolidação do setor de comércio e serviços no qual a eficiência energética e as energias renováveis já se encontram hoje na pauta das estratégias para o crescimento setorial.

A intensidade energética do Brasil, devido ao seu padrão de desenvolvimento econômico ainda bastante concentrado em fontes renováveis de energia, vem se mantendo baixa, com leve alta em 2010, sobretudo por conta do aumento do consumo das famílias. Já no caso da China, uma economia de uso intensivo de recursos energéticos, o ritmo de crescimento é preocupante: de acordo com o Banco

Mundial (2012), o consumo médio de energia primária do país quase se igualou à média mundial em 2010 em razão do crescimento acelerado do PIB, que se refletiu também em forte expansão das emissões de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono).

Em oposição a políticas intensivas em energia, a eficiência energética constitui, pois, uma estratégia vital para a segurança energética de uma nação, sendo especialmente relevante para os países emergentes hoje. Na China, por exemplo, o setor de manufatura se dedica a práticas de eficiência de energia em seus produtos, uma vez que estas constituem requisitos para ingresso no mercado internacional. Contudo, embora constitua o maior sistema manufatureiro do mundo, a economia chinesa também é movida pelo maior sistema de energia do planeta, o qual é alimentado majoritariamente por carvão e outros combustíveis fósseis (Mathews, 2011). E se tornou dependente do comércio internacional nas duas vias: tanto na exportação de produtos para o Ocidente quanto na importação de combustíveis fósseis, como gás natural e petróleo, comprometendo assim sua segurança energética.

Devido à crescente pressão mundial por redução das emissões de GEE, bem como à busca pela eficiência no uso de recursos no setor de bens e serviços, os países emergentes devem alcançar certificações e etiquetagens seguindo o padrão internacional de eficiência energética (IEA, 2012). Observa-se na tabela 1 que, na China, as certificações são obrigatórias, sendo estabelecidas nos planos quinquenais de planejamento econômico do país. Já no Brasil, os órgãos responsáveis pelo programa de etiquetagem são o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica e o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Procel/Inmetro), para eletricidade e solar térmico e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET), para gás natural e gás liquefeito de petróleo (GLP), que atuam de forma voluntária para o aprimoramento da matriz energética brasileira.

TABELA 1

**Metas e projeções de eficiência energética da China e do Brasil**

China	Brasil
Intersetorial	
Plano de cinco anos (2011-2015): Projeção de redução da intensidade energética para 16% para 2015	Plano Nacional de Eficiência Energética. Projeção de redução no consumo de energia para 10% para 2030
Edificações, eletrodomésticos, equipamentos e iluminação	
Certificação obrigatória para os condomínios residenciais nas grandes cidades	Certificação voluntária local
Etiquetagem obrigatória para novos e grandes edifícios comerciais e residenciais nas metrópoles	Etiquetagem voluntária para edifícios residenciais e comerciais e de serviços
46 produtos em esquema de etiquetagem	13 produtos etiquetados voluntariamente

Fonte: IEA (2012).

Elaboração do autor.

O exemplo do Brasil demonstra a importância de uma base energética renovável hidráulica e de políticas de eficiência energética que perpassem todos os setores da economia, desde bens de consumo a edificações residenciais e comerciais. Contudo, mesmo com um painel favorável de baixo carbono e uma base renovável que possibilita ter etiquetagem voluntária, o país ainda necessita de equilíbrio em outros setores, dando continuidade à ênfase de suas políticas de desenvolvimento econômico e

social. A tabela 2 resume a grandeza desses países emergentes e o crescimento de seus consumidores, bem como a necessidade de energia.

TABELA 2

**Indicadores de desenvolvimento: ano base 2010**

Países	População (milhões habitantes)	PIB (bilhões US\$ ppc) <sup>1</sup>	PIB <i>per capita</i> (US\$ ppc)	Energia importada (% do uso da energia)	Energia gerada (Mtep) <sup>2</sup>	Energia consumida (Mtep)	Emissões de CO <sub>2</sub> (tonelada métrica <i>per capita</i> ) (2009) <sup>3</sup>
China	1.338	10.105	7.552	9	2.208	2.417	5,8
Brasil	195	2.179	11.235	7	246	265	1,9

Fonte: Banco Mundial (2012).

Elaboração do autor.

Notas: <sup>1</sup> Paridade de poder de compra.

<sup>2</sup> A produção de energia refere-se a formas de energia primária – petróleo (óleo cru, líquidos de gás natural e óleo a partir de fontes não convencionais), gás natural, combustíveis sólidos (carvão, lenhite e outros combustíveis derivados) e combustíveis renováveis e resíduos – e eletricidade primária, todos convertidos em milhões de toneladas equivalentes de petróleo.

<sup>3</sup> As emissões de dióxido de carbono são as decorrentes da queima de combustíveis fósseis e da fabricação de cimento. Elas incluem o dióxido de carbono produzido durante o consumo de líquidos, sólidos, gasosos e queima de gás. Centro de Análise de Informação sobre o Dióxido de Carbono – Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, Estados Unidos. Fonte: Catálogo dos Indicadores do Desenvolvimento Mundial.

Uma forma de analisar o desenvolvimento econômico e sustentável dos países é, a partir da ideia da Curva de Kuznets, que relaciona o crescimento econômico e a desigualdade de renda, verificar a relação quantitativa entre emissões *per capita* de alguns poluentes (usualmente emissões em CO<sub>2</sub>) e o ritmo de crescimento do PIB. Müller-Fürstenberger e Wagner (2007) propõem, assim, uma nova curva em formato de U invertido, denominada Curva Kuznets Ambiental – Carbon Kuznets Curve (CKC) –, que reflete a relação entre a atividade econômica (em termos de PIB *per capita*) e as emissões de CO<sub>2</sub> *per capita* dos países. De início, as emissões estão diretamente relacionadas ao crescimento do PIB, mas, após atingirem um pico marcado por determinado nível de renda, passam a declinar com incrementos posteriores de produção, como reflexo do aumento da qualidade ambiental da economia (PIB-CO<sub>2</sub>).

Herzog, Baument e Pershing (2006) analisam as emissões em função de diversos efeitos contribuintes para uma nação em escala econométrica, que pode ser expressa em função da população, renda (PIB<sub>ppc</sub>) e intensidade de emissões por unidade de PIB, conforme a fórmula (1) a seguir.

$$CO_2(\text{emissões}) = \text{população} \times \frac{PIB}{\text{população}} \times \frac{CO_2(\text{emissões})}{PIB} \quad (1)$$

A fórmula (2) ilustra como diferentes fatores econômicos individualmente ou em conjunto podem afetar os níveis de emissões absolutas, sejam eles: população, intensidade energética e intensidade de emissões.

$$\frac{CO_2(\text{emissões})}{PIB} = \frac{Uso da Energia}{PIB} \times \frac{CO_2(\text{emissões})}{Uso da Energia} \quad (2)$$

A intensidade energética engloba a eficiência econômica, a conservação de energia e a estrutura econômica. O *mix* de combustíveis representa a intensidade de carbono dos combustíveis que a economia usa para produzir energia. Unindo as duas fórmulas é possível calcular as emissões de CO<sub>2</sub> como uma função de todos os quatro fatores:

$$CO_2(\text{emissões}) = \text{população} \times \frac{PIB}{\text{população}} \times \frac{\text{Uso da Energia}}{PIB} \times \frac{CO_2(\text{emissões})}{\text{Uso da Energia}} \quad (3)$$

Esta fórmula é conhecida como a identidade *Kaya*, e mostra como diferentes fatores econômicos podem ter impacto sobre a composição e as emissões totais de poluentes. Os autores mostram na tabela 3 como os quatro fatores da fórmula (3) contribuíram para as mudanças nas emissões no período de 1990-2002 para a China e o Brasil, usando a análise de decomposição.

TABELA 3

**Percentual de contribuição para mudanças com CO<sub>2</sub> (1990-2002)**

País	1990-2002 CO <sub>2</sub> Mudanças		Percentual de contribuição para mudanças com CO <sub>2</sub>			
	MtCO <sub>2</sub>	Percentual de Mudança	Renda (PIB/Pop)	População	Intensidade Energética (Energia/PIB)	Mix de Combustíveis (CO <sub>2</sub> /Energia)
China	1.247	49	15	122	96	8
Brasil	125	57	21	17	7	13

Fonte: Herzog, Baument e Pershing (2006).

Elaboração do autor.

Alguns autores (HU *et al.*, 2010) argumentam que a China será forçada a utilizar uma alternativa ao modelo de industrialização que o Ocidente seguiu, pois se encontra atrasada quanto à tecnologia de combustível fóssil convencional e não seria capaz de aprimorá-la para fazer frente às crescentes necessidades de sua imensa população. Contudo, o país pode dar um salto à frente (*leapfrogging*) em relação às tecnologias existentes de energias renováveis e de baixo carbono se implementar estratégias que explorem os ganhos de escala de seu vasto mercado doméstico para alcançar a liderança das chamadas “tecnologias verdes” (Mathews, 2011).

Em novembro de 2009, o Brasil anunciou expressivo compromisso de redução voluntária de emissões de GEE, no qual o país deverá reduzir entre 36,1% e 38,9% seu nível estimado de emissões para 2020 (Pereira Junior, 2012). As ações de redução de uso de poluentes propostas pelo país preveem iniciativas em praticamente todos os setores econômicos, incluindo o uso da terra, agropecuária, energia e siderurgia, além de novos padrões de consumo para bens duráveis e serviços. Em termos absolutos, estima-se uma redução de cerca de 1 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente em 2020.

Para o setor energético brasileiro, a redução de emissões de CO<sub>2</sub> poderá ser de 6,1%, com foco em ações de eficiência energética e expansão da oferta por meio de hidroelétricas, biomassa e energia eólica (Pereira Junior, 2012). O consumo de energia *per capita* projetado para 2030, no entanto, se aproxima do padrão europeu verificado em 2004. Observa-se ainda que o país possui grande disponibilidade de recursos, com um grau relativamente baixo de dependência de importações de energia e níveis satisfatórios de segurança energética (Pereira Junior *et al.*, 2008).

Estas estimativas de redução de emissões foram apresentadas à comunidade internacional na 15 Conferência das Partes (COP15) da United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), realizada em Copenhague, em 2009. Em 29 de dezembro de 2009, foi promulgada a Lei nº 1.287 que criou a Política Nacional sobre Mudança do Clima, tornando mandatória, em seu Artigo 12, as estimativas de redução de emissões já anunciadas, que devem se consubstanciar nas Ações de Mitigação Nacional Apropriadas – Nationally Appropriate Mitigation Actions (Nama) – acordadas na UNFCCC. Da mesma forma, em seu artigo 6º, a lei torna aquele plano um dos instrumentos de implementação da política nacional (Pereira Junior, 2012).

A perspectiva do aumento do PIB com redução dos GEE direciona o Brasil para o caminho do desenvolvimento sustentável, uma vez que suas emissões de CO<sub>2</sub> já se encontram num patamar bem inferior à média mundial e agora têm a tendência a se reduzirem ainda mais. Nesse sentido, a curva CKC/Brasil poderia constituir um modelo para outros países emergentes. No sentido oposto, a CKC/China ainda se encontra com tendência de elevação, principalmente em função do rápido crescimento do país, ensejando, pois, a necessidade de ajustes com políticas públicas mais efetivas de incentivo às energias limpas.

### 3 A MATRIZ ENERGÉTICA E TRANSPORTES NA CHINA

O crescimento acelerado da China exigiu um grande consumo de energia primária, que evoluiu a uma taxa anual de 9% a.a. ao longo da década de 2000. Em 2010, a demanda do país já representava 20% da mundial, de acordo com dados da British Petroleum (BP, 2012). Este período também foi marcado pela aceleração do processo de urbanização do país, que requereu grandes investimentos em infraestrutura.

No que diz respeito à infraestrutura energética, em 2010, a oferta interna de energia foi superior a 2.400 Mtep, um valor maior do que o verificado nos Estados Unidos, que representa 20% da oferta total mundial. Uma vez que a principal fonte de energia chinesa é o carvão, a consequência disso é que haja um grande volume de emissão de GEE na atmosfera contribuindo para seu crescimento econômico. A participação do carvão na matriz energética do país é de 67%, como mostra a tabela 4, um valor muito superior ao verificado no Brasil e mesmo nos Estados Unidos ou na média mundial.

TABELA 4

#### Participação das fontes na matriz energética (2009)

(Em %)

	China	Brasil	Estados Unidos	Mundo
Carvão	67	5	22	27
Petróleo e derivados	17	40	37	33
Gás natural	3	7	25	21
Nuclear	1	1	10	6
Hidráulica e eletricidade	2	15	1	2
Eólica, solar etc.	1	0	1	1
Biomassa e biocombustíveis	9	32	4	10

Fonte: Agência Internacional de Energia (AIE).

O carvão também predomina na geração de energia elétrica, representando 79% da produção do país. O montante total da geração, em 2009, foi superior a 3.700 TeraWatts-hora (TWh), colocando a China como a segunda maior produção mundial, atrás dos Estados Unidos. Dados recentes do BP (2012), entretanto, já mostram que em 2011 a China superou aquele país. Em comparação, em 2009 o total de geração no Brasil não passou de 470 TWh. A tabela 5, a seguir, mostra a participação de diferentes fontes nos referidos países.

TABELA 5

**Participação das fontes na geração de energia elétrica (2009)**

(Em %)

	China	Brasil	Estados Unidos	Mundo
Carvão	79	2	45	40
Óleo	0	3	1	5
Gás natural	1	3	23	21
Nuclear	2	3	20	13
Biomassa	0	5	2	1
Hidráulica	17	84	7	17
Eólica, solar etc.	1	0	2	2
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Importação	0	9	1	3
Exportação	0	0	0	-3

Fonte: AIE.

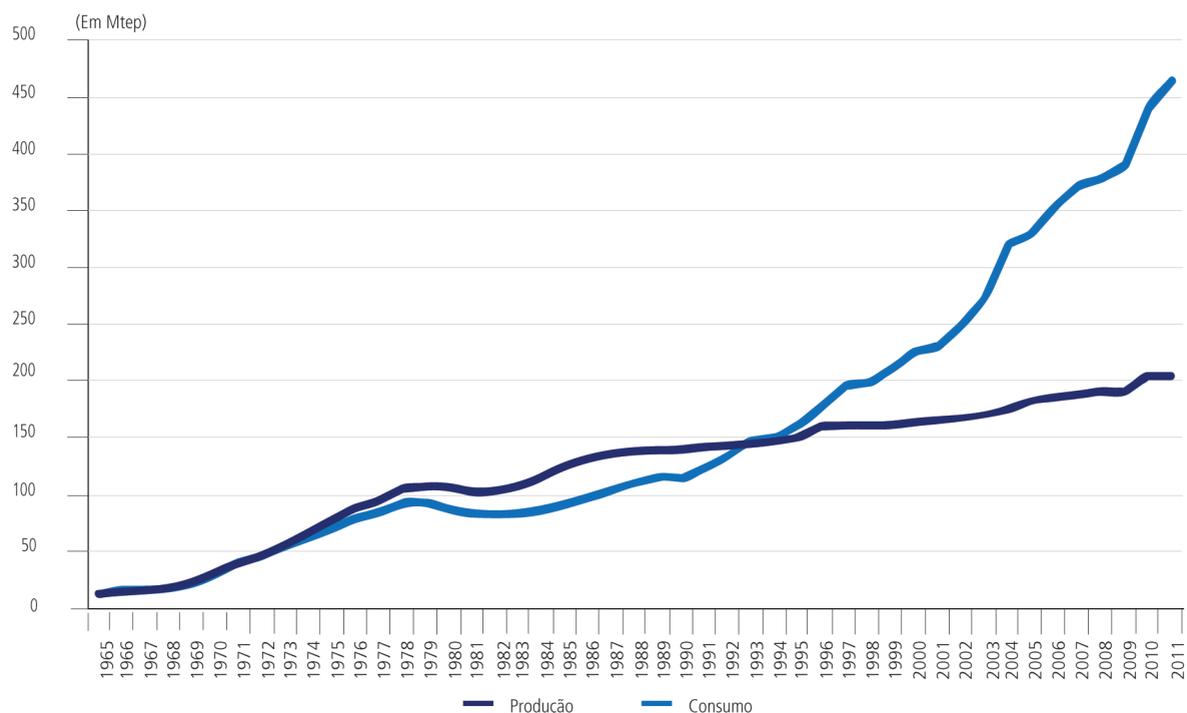
A exemplo do que ocorre no Brasil, a base do transporte de carga e de passageiros na China também é majoritariamente rodoviária, muito embora o 9º Plano Quinquenal do governo chinês previsse massivos investimentos no transporte ferroviário e metroviário (Jabbour, 2004). Esta característica representa um crescente desafio para a segurança energética, em razão de ampliar a dependência chinesa de petróleo. O país era autossuficiente nesta fonte combustível até 1993, graças à descoberta de petróleo, em 1959, em Daqing, na região nordeste do país (Corrêa, 2012). Porém, a oferta não acompanhou o crescimento da demanda provocada pelo processo de crescimento econômico acelerado, como mostra o gráfico 1 a seguir. Atualmente, a importação de petróleo representa 56% da demanda doméstica.

O padrão de desenvolvimento da China implicou, pois, um aumento significativo das emissões de GEE, devido à forte participação de fontes fósseis na sua matriz energética (com destaque para o carvão mineral). Além disso, também criou dificuldades para a segurança energética do país, por conta do aumento da dependência de petróleo. Por estas razões, a China tem adotado recentemente várias medidas de conservação de energia e promoção de fontes renováveis (Yan e Crookes, 2010).

No caso específico de carvão, a estratégia chinesa caminha no sentido do desenvolvimento de tecnologias limpas de carvão – *clean coal technologies* (CCTs), tais como gaseificação, caldeiras de leito fluidizado, caldeiras de pressão supercrítica, além da captura geológica de carbono – *carbon capture and storage* (CCS). A efetividade de tal estratégia parece ser maior que de outras que vêm sendo também implementadas, tais como os investimentos em fontes renováveis (hidráulica, eólica e solar) e energia nuclear, uma vez que o país ainda goza de abundância de carvão mineral, que se reflete no baixo custo deste insumo.

## GRÁFICO 1

## China: produção e consumo de petróleo



Fonte: BP, 2012.

Para viabilizar o aproveitamento da energia das grandes centrais hidrelétricas em construção (com destaque para Três Gargantas, que será a maior usina hidráulica do mundo quando completar a motorização com 18 MW), o governo chinês tem investido em linhas de transmissão de Ultra-Alta Tensão – UAT (1.000 kV). Estas redes de transmissão em elevada voltagem possibilitam a troca segura e confiável de energia entre as regiões do país, além de otimizar o despacho dos recursos energéticos para os principais centros de carga (Proença *et al.*, 2010).

Tais investimentos possibilitaram ainda o domínio tecnológico da cadeia completa do desenvolvimento dos equipamentos de UAT, que hoje são comercializados no exterior com propriedade intelectual chinesa. Assim, fabricantes chineses estão aptos a atuar de forma competitiva em concorrências internacionais de grandes projetos no setor elétrico, liderando e também incentivando mundialmente o desenvolvimento de linhas UAT (Proença *et al.*, 2010). No Brasil, por outro lado, a implantação de linhas UAT tem sido realizada por meio de projetos *turn key*, que implicam um baixo nível de transferência de tecnologia para as empresas nacionais.

Em relação ao petróleo, o governo chinês tem feito vários esforços no sentido de diversificar as fontes de importação do óleo, visto que seus principais fornecedores estão localizados no Oriente Médio e na África, regiões politicamente instáveis. Uma das principais estratégias para essa diversificação é a busca de novos parceiros comerciais na América Latina, onde o Brasil desponta como um alvo prioritário em razão de sua capacidade de produção, a qual se acha em franca expansão após a descoberta das reservas do pré-sal.

No setor de transportes, a China tem investido em tecnologias para melhoria dos motores, na promoção de veículos a diesel e na melhoria das condições das estradas. Adicionalmente, há investimentos na promoção de combustíveis alternativos, tais como etanol e biodiesel, além dos veículos elétricos. Atualmente, o etanol é misturado à gasolina na proporção de 10% (E10) e há planos de promover a mistura do biodiesel no diesel na proporção de 20% (B20). Entretanto, há uma grande preocupação no país em relação a possíveis problemas para a segurança alimentar oriundos do direcionamento de parte da produção agrícola para a produção de energia. Não obstante estes desafios, alguns autores já apostam em uma predominância dos carros elétricos (incluindo os híbridos) no longo prazo no país (Yan e Crookes, 2010).

De uma forma geral, conforme destacam Bambawale e Sovacool (2011), os investimentos no setor de energia na China são planejados para proporcionar a segurança energética do país, a partir da atenção aos seguintes requisitos: *i*) segurança de abastecimento de energia; *ii*) autossuficiência e comercialização; *iii*) impacto sobre mudanças climáticas; *iv*) descentralização; *v*) eficiência energética; *vi*) pesquisa e inovação; e *vii*) geopolítica.

A hipótese de descentralização de energia é vista com pouca importância por parte da sociedade chinesa, segundo uma pesquisa de opinião pública realizada em 2011. Isso se deve em parte às próprias grandes dimensões do país, sendo uma tradição o planejamento centralizado para decisões de políticas energéticas (Bambawale e Sovacool, 2011). Caso essa descentralização fosse incentivada, poderia haver grandes benefícios ao meio ambiente em razão da redução no consumo de carvão e na emissão de GEE. A geração de energia por meio de fontes renováveis (biomassa, eólica e solar), a partir de produtores independentes, não apenas reduziria a dependência em relação aos combustíveis fósseis mas também aprimoraria a segurança energética do país, por meio da diversificação e descentralização de sua base geradora. Contudo, é importante ressaltar que a China ainda não assumiu compromissos formais junto aos fóruns internacionais para limitar suas emissões de GEE, nem tampouco foi introduzido no país um sistema nacional com metas consistentes de redução da poluição (Hoffmann, 2010).

É atribuída significativa importância no país à eficiência energética, especialmente na produção de bens e serviços, não obstante o crescimento econômico tenha sido acompanhado até aqui de um aumento substancial no consumo de energia (carvão, gás natural e óleo). Tal padrão deve se modificar no futuro próximo, a exemplo de outros países emergentes, como o Brasil, uma vez que o desenvolvimento sustentável passa pelo aumento do PIB, com redução de intensidade de energia empregada – ou seja, com aumento da eficiência energética. Porém, uma vez que a base energética do país ainda se acha concentrada em carvão, nem mesmo a crescente eficiência na utilização desse recurso em usinas térmicas supercríticas (SC) e ultracríticas (USC) – por meio das chamadas CCTs – pode fazer com que o país reverta no curto prazo a tendência de aumento na poluição de sua base geradora, de modo que a redução nas emissões de GEE deve ser planejada estrategicamente para a economia chinesa como um todo, cabendo a busca pela eficiência no consumo energético um papel ainda mais fundamental (Hu *et al.*, 2010).

Os esforços da China na redução da intensidade energética de sua economia ao longo dos últimos trinta anos são notórios. Segundo Chen e Xu (2010), os setores da economia chinesa como um todo vêm se tornando mais eficientes, com destaque para o setor de comércio, que, no período de 1991 a 2005,

logrou reduzir de 52,8% para 9,1% sua intensidade energética. Mas ainda assim estão acima da média mundial. Apesar desse esforço, neste mesmo período houve aumento das emissões de carbono *per capita* de 4,03% atingindo 1,05 tonelada de carbono (tC) *per capita* em 2005 (Chen e Xu, 2010).

Bambawale e Sovacool (2011) destacam ainda a estratégia chinesa de direcionar elevados recursos para pesquisas e inovações tecnológicas no campo da eficiência energética e na geração de energias limpas. Esta estratégia configura uma efetiva política de mercado, dado que a China tem um *status* internacional como líder no desenvolvimento de tecnologias renováveis no mundo, além de um potencial que pode reduzir a sua escassez de energia endógena e a dependência de petróleo e gás natural no mercado internacional.

Outra estratégia de reaproveitamento dos recursos disponíveis adotada pelo governo chinês para redução dos GEE são as pesquisas relacionadas a tecnologias de CCS e, em especial, à chamada *integrated gasification combined cycle* (IGCC), iniciativas que fazem parte dos planos quinquenais do país desde 1991 (Hoffmann, 2010). Como resultado desse esforço, a China pode atualmente projetar plantas IGCC baseando-se em tecnologias desenvolvidas no país, tal qual o projeto *GreenGen* de 250 MW<sub>el</sub> (elétrico) utilizando um gaseificador menos poluente. O aperfeiçoamento das técnicas de geração de energia a partir das fontes convencionais do país certamente constitui uma estratégia pertinente que amplia o leque de reduções de GEE. Porém, a matriz energética chinesa continuará dependente de combustível fóssil, de modo que será fundamental o uso das novas energias renováveis como contrapeso no processo de sustentabilidade.

As hipóteses levantadas por Bambawale e Sovacool (2011), analisadas neste trabalho, sugerem que os vetores de mudança na política de segurança energética da China, adotados frente ao rápido crescimento econômico e sua dependência de suplementos em combustível fóssil, poderiam ser reforçados por meio de iniciativas mais consistentes de limitação à emissão de poluentes, bem como de adoção de regras menos restritivas para incentivos ao setor.

Nesse sentido, em 2005, a China promulgou uma nova Lei de Energias Renováveis com suporte à indústria de renováveis, além de uma série de regulações e requerimentos para que seus fornecedores operem na rede de energia elétrica, tais como incentivos financeiros, subsídio à pesquisa e desenvolvimento e taxas preferenciais para projetos com matrizes renováveis (Bambawale e Sovacool, 2011). Exemplo desses incentivos são as tarifas *Feed-In* atreladas à geração de energia eólica e de biomassa, que culminaram em um aumento na capacidade instalada de produção de energia eólica de 25 GW em quatro anos, desde a promulgação da lei até 2009. Contudo, a China não contemplou, nesse novo marco jurídico, a energia solar que também poderia contribuir para a expansão da geração distribuída e, destarte, para melhoria das condições ambientais do país.

Mais recentemente, a China revisou o seu sistema de tarifa fixa nos leilões de energia eólica e estabeleceu um novo patamar de preços que considera as diferenças geográficas do país, além de contemplar também as usinas de geração fotovoltaica (Pereira Junior *et al.*, 2013). Desse modo, buscou-se assegurar a viabilidade econômica dos novos projetos de geração de energia renovável, sobretudo no interior do país.

Dentro do *mix* de energias renováveis chinesas encontra-se ainda o potencial hidrelétrico, com estimativa de geração de 542 GW, sendo que o governo tem como objetivo construir novas usinas que totalizarão 300 GW até 2020 (Yan e Crookes, 2010). A participação de usinas hidrelétricas na matriz energética da China é crescente, tendo alcançado em 2009 a marca de 17% do total de energia gerado no país, embora alguns autores já estimem um percentual superior a 20% (Hoffmann, 2010).

#### 4 A MATRIZ ENERGÉTICA E DE TRANSPORTES NO BRASIL

O Brasil, ao contrário da China, tem sido destaque na mídia internacional pela forte presença de fontes renováveis na sua matriz energética. Como mostrado anteriormente na tabela 4, tais fontes representavam 47% da oferta interna de energia do país em 2009, enquanto a média mundial era de 13%; nos Estados Unidos, 6% e na China, 12%. Grande parte desse percentual é relativo à forte participação dos biocombustíveis, no setor de transportes, e das centrais hidrelétricas, que responderam por 84% da geração de energia elétrica em 2009, conforme apresentado na tabela 5.

Entretanto, o crescimento da demanda por energia vai exigir que o país lance mão de todas as fontes disponíveis para garantir o suprimento para a população. Nesse sentido, em uma perspectiva de longo prazo, vários caminhos podem ser seguidos, de acordo com o interesse da sociedade em melhor aproveitar a grande disponibilidade de recursos no país.

O Brasil pode manter a alta participação das hídricas no setor elétrico, visto que, de todo o seu potencial, apenas 30% é explorado atualmente. Contudo, do potencial remanescente, uma parte importante se localiza na Região Amazônica e no Cerrado, onde a questão ambiental se mostra bastante sensível. Por isso, as novas usinas hidrelétricas do país estão sendo projetadas para minimizar os impactos ambientais, sendo que muitas delas inclusive não possuem reservatório de regularização (ou seja, operam a “fio d’água”), de forma a reduzir a área alagada. Assim, a capacidade de regularização do sistema tende a se reduzir, sendo necessária a ampliação da complementação térmica.

Entre as termelétricas existentes no país, destacam-se as usinas a carvão mineral, a gás natural, a óleo e nucleares. No caso do carvão mineral, as reservas nacionais somam mais de 32 bilhões de toneladas (EPE, 2010), e a produção é de aproximadamente 6 milhões de toneladas do minério por ano. Este volume, entretanto, representa pouco mais de 1% da energia primária produzida no país. Praticamente toda a produção nacional é de carvão vapor, que alimenta as usinas termelétricas nacionais.

Na década de 1970, 20% da produção de carvão eram destinados à fabricação de coque para a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), de acordo com um decreto do presidente Getúlio Vargas, de 1946. Com a construção das usinas termelétricas de Candiota, no Rio Grande do Sul, e de Jorge Lacerda, em Santa Catarina, o perfil da produção começou a mudar. A partir da década de 1990, com a desregulamentação do setor, o carvão metalúrgico nacional, que é de qualidade inferior, foi sendo substituído pelo importado.

As reservas brasileiras de carvão mineral estão localizadas na região Sul, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. O grande teor de cinzas *in natura* com camadas de pequenas espessuras, as condições geológicas adversas, a capacidade de produção subutilizada e os contratos de suprimento com o setor elétrico por curtos períodos (em torno de três anos) são fatores que

aumentam os custos de produção e não estimulam esforços financeiros para implantação de novas tecnologias de lavra e beneficiamento.

Ainda que o carvão nacional tenha elevado teor de cinzas e de enxofre, a disponibilidade de reservas dessa fonte fóssil conjugada com o desenvolvimento de tecnologias menos poluentes (CCT) e a crescente demanda por energia elétrica no país poderão fazer com que não se descarte a expansão das termelétricas a carvão no Brasil. De qualquer forma, o aproveitamento do carvão nacional para geração elétrica está restrito à região Sul do país. Para as outras regiões existe a possibilidade de importação do mineral, aproveitando-se da sinergia dos portos. Na verdade, esta já é uma realidade no Porto do Pecém, em Fortaleza; e no Porto do Açu, no Rio de Janeiro.

Assim, não havendo restrições à penetração de fontes com grande potencial de emissão de GEE no Brasil, a geração a carvão tem significativas possibilidades de expansão no país, até porque o preço deste combustível no mercado internacional é estável em comparação ao do gás natural e ao do petróleo, o que proporciona maior segurança energética.

As usinas termelétricas a gás natural, ao contrário das alimentadas por carvão mineral, têm aumentado bastante a participação no parque de geração nacional. Como principais fatores, podem ser apontados: o prazo menor de maturação dos investimentos que estas usinas demandam, o custo de capital mais baixo e o menor risco para o setor privado.

O crescimento foi significativo a partir de 1998, em grande parte, devido ao Programa Prioritário das Termelétricas (PPT), que previa inicialmente a implantação de 49 usinas térmicas, sendo 43 a gás natural. O PPT também tinha como objetivo aumentar a confiabilidade do sistema, já que o nível dos reservatórios às hidrelétricas, no referido ano, estava abaixo do adequado.

A análise da participação de termelétricas no sistema hidrotérmico brasileiro deve levar em consideração aspectos de natureza econômico-financeira, técnica, socioambiental e operacional para o sistema interligado. No caso específico das usinas a gás natural, outros aspectos necessitam ser considerados, como a disponibilidade do referido combustível e a competição com outros usos, principalmente na indústria.

A recente descoberta de jazidas de gás natural *offshore* na camada do pré-sal dá a indicação de que haverá grande disponibilidade deste recurso. Tanto que nos leilões de energia nova organizados pelo governo, gás natural é a única fonte de geração fóssil que está sendo considerada. Portanto, há grandes perspectivas de expansão da geração a partir desta fonte.

A participação das térmicas a óleo combustível e a diesel no parque de geração brasileiro, por sua vez, é relativamente pequena. Seu uso é caracterizado pelo atendimento da demanda de ponta (principalmente no caso das térmicas a óleo combustível) e pelo atendimento da demanda dos sistemas isolados (térmicas a óleo diesel, principalmente).

As usinas que geram energia elétrica a partir de derivados de petróleo no Brasil são localizadas principalmente nas regiões Sudeste e Norte. Na região Sudeste, essas usinas são importantes para garantir a complementaridade térmica do sistema interligado nacional; no Norte, elas atendem à demanda de sistemas isolados.

Nos primeiros leilões de energia nova, várias térmicas a óleo (diesel e combustível) foram bem-sucedidas, em detrimento de fontes renováveis. O principal motivo do beneficiamento de tais fontes poluentes era a metodologia de cálculo da garantia física que privilegiava usinas com baixo fator de capacidade, favorecendo com que elas tivessem baixas tarifas. O governo, entretanto, corrigiu essa distorção e novamente se verifica haver pouca expansão prevista destas tecnologias no Brasil. Adicionalmente, algumas usinas que conseguiram contratos nos leilões não saíram do papel por conta do preço do combustível, reforçando a dificuldade de expansão da geração a partir de derivados de petróleo.

A análise da geração termonuclear mostra que ela apresenta fases sucessivas de *boom* e de retração. A consolidação da tecnologia se deu com os choques do petróleo em que vários países apostaram nesta solução para reduzir a dependência do óleo. Os eventos de Three Miles Island (TMI) em 1979 e Chernobyl (1986), entretanto, deram um freio na expansão, pois fizeram com que investimentos em segurança fossem elevados de forma a reduzir o risco de novos acidentes. Assim, a geração nuclear vinha perdendo competitividade frente a outras fontes.

O quadro de baixa competitividade se reverteu com o desenvolvimento de novas tecnologias de geração nuclear e pelo fato de que esta energia não emite GEE. Assim, na primeira década do século XXI, conheceu-se o renascimento da energia nuclear. Tal expansão, entretanto, parece não se manter no longo prazo, devido ao aumento nos custos de investimento, resultante da alta demanda de matéria-prima da China e do acidente ocorrido no ano de 2012 em Fukushima, no Japão.

O Brasil possui duas usinas nucleares (Angra I e II) e uma terceira está em fase de construção, devendo entrar em operação em 2015. No Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007) considerou-se a entrada de mais quatro usinas, pois se levou em consideração as condições internacionais e o fato de o país possuir a sexta maior reserva de urânio do mundo, além de dominar a tecnologia de todo o ciclo do combustível.

O quadro atual, entretanto, mostra que o custo de capital que já estava alto, conforme citado anteriormente, deve aumentar ainda mais por conta do encarecimento do investimento em segurança das usinas, devido ao evento ocorrido em Fukushima. Assim, a geração nuclear no país deve perder a competitividade no curto e médio prazo, em que pese o compromisso do governo brasileiro com a preservação e ampliação de suas usinas nos próximos anos.

Não obstante, o Brasil vem dando sinais de comprometimento com a manutenção da grande participação de fontes renováveis no setor elétrico, visto que tem implementado vários mecanismos para promoção das referidas fontes (Pereira Junior *et al.*, 2011). É esperada a manutenção de grandes investimentos em fontes renováveis para as próximas décadas. Entre esses projetos, pode-se destacar a biomassa, cuja disponibilidade é vasta e diversificada e, assim sendo, permite que haja grande aproveitamento como recurso energético, sem comprometer a produção de alimentos. Dessa maneira, várias rotas tecnológicas podem ser aplicadas nas diversas fontes, que vão desde os resíduos agrícolas, industriais e urbanos até as culturas dedicadas.

Para a geração de energia elétrica, as tecnologias de aproveitamento são muito similares umas às outras, variando principalmente em escala, e em alguns parâmetros de integração da unidade termelétrica com o sistema produtivo. O aspecto de maior significância é a disponibilidade da fonte, seja como resíduo seja como produção dedicada, tanto para a escolha do sistema quanto para a sua

viabilidade. Neste caso, destaca-se a grande disponibilidade de bagaço de cana-de-açúcar. Trata-se de um resíduo da produção de açúcar e de álcool combustível, utilizado nas caldeiras para cogeração, ou seja, para geração de vapor, utilizado no processo de fermentação do caldo de cana; e para geração de energia elétrica, tradicionalmente para autoconsumo dos produtores de cana.

Como o volume de produção tanto de açúcar quanto de álcool vem aumentando significativamente após o advento dos veículos *Flex Fuel* em 2002, a disponibilidade de bagaço de cana proporcionou um excedente que permite que parte da geração de energia elétrica seja comercializada no Sistema Interligado Nacional (SIN). A viabilidade desse novo mercado é atestada nos leilões de energia recentes, nos quais a geração a bagaço tem apresentado bons resultados em termos de contrato de geração de energia.

A extensão territorial do Brasil favorece também ao aproveitamento da energia eólica. O potencial técnico de geração total é estimado em 143 GW. O primeiro instrumento adotado no país para viabilizar o aproveitamento de tal fonte de energia renovável foi o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (Proinfa), instituído pelo governo por meio da Lei nº 10.438 de 2002 que, embora ambicioso, não atingiu completamente seus objetivos. A geração elétrica por biomassa, por exemplo, não apresentou projetos suficientes para completar a cota de 1.100 MW, pois os empreendedores concluíram que poderiam conseguir preços melhores para a energia gerada em outras modalidades de contratação. Assim, a capacidade instalada necessária para completar os 3.300 MW do Proinfa foi atingida a partir da contratação de outros empreendimentos eólicos e baseados em pequenas centrais hidrelétricas (PCH). Dos 3.299,40 MW contratados na primeira etapa do programa, 1.191,24 MW são de 63 PCH; 1.422,92 MW são de 54 usinas eólicas; e 685,24 MW são de 27 usinas à base de biomassa.

No caso da energia eólica, vêm-se notando atrasos na entrada em operação da maior parte das usinas devido a uma série de obstáculos econômicos e institucionais. Em termos de legislação, a demora na regulamentação do programa pelo governo gerou incertezas sobre a divisão de competências, condições de aquisição de energia e prazos de contratação. Houve também problemas relacionados à obtenção de licenças ambientais por conta de fatores jurídicos, técnicos e financeiros. Já em termos de mercado, os principais entraves estiveram relacionados ao acesso de empreendedores a canais de financiamento adequados, uma vez que as linhas disponibilizadas pelo setor público estabeleceram critérios considerados irrealistas, em especial para o valor econômico dos projetos e o índice mínimo de conteúdo nacional da produção.

Entre as fontes renováveis contempladas pelo Proinfa, a eólica era a única que não havia sido bem-sucedida em nenhum dos Leilões de Energia Nova (LEN) realizados até 2009, dando a indicação de que tais usinas precisariam de condições especiais no Brasil. A maneira encontrada pelo governo para incentivar a geração eólica no país foi por meio de Leilões de Energia de Reserva (LER), um mecanismo que possibilitou que eólicas se tornassem competitivas frente às outras fontes de energia nos LEN organizados de 2010 em diante.

Em relação à energia solar, o Brasil recebe elevada incidência de radiação solar ao longo de quase todo o ano, principalmente na região Nordeste, seguida da região Centro-Oeste e grande parte das regiões Sudeste e Sul. Segundo o *Atlas Solarimétrico Brasileiro*, a radiação solar no país varia de 8 a 22 MJ/m<sup>2</sup> durante o dia, sendo que as menores variações ocorrem nos meses de maio a julho, quando a radiação varia de 8 a 18 MJ/m<sup>2</sup>. Em média, o Brasil tem 280 dias de sol por ano, ou seja, a incidência

de radiação é de mais de 2.200 horas por ano, o que equivale a um potencial teórico de geração anual de 15 milhões de TWh se toda a superfície do país fosse utilizada para captação de energia solar.

As principais aplicações da energia solar são a geração heliotérmica – Concentrated Solar Power (CSP)–, a fotovoltaica e a solar térmica. Para o aproveitamento da energia heliotérmica é necessário dispor de um local com alta incidência de radiação solar direta, ou seja, onde não haja muita intensidade de nuvens, com baixos índices pluviométricos, como no Nordeste brasileiro, por exemplo. A tecnologia fotovoltaica, por sua vez, não precisa do brilho do sol para gerar energia. Ela também opera em dias nublados, todavia, a quantidade de energia gerada depende da densidade das nuvens.

Embora o Brasil disponha de grande potencial solar para o uso da energia fotovoltaica e tenha elevados níveis de radiação solar, o papel dessa fonte de energia na matriz energética brasileira ainda é irrelevante, devido ao alto custo de geração dessa fonte.

No que diz respeito ao setor de transportes, o país tem uma situação relativamente confortável em relação às emissões de GEE pelo uso em grande escala do etanol e do biodiesel. Entretanto, a base rodoviária faz com que o nível de poluição atmosférica seja alto nas grandes cidades, provocado pela queima dos combustíveis, além dos problemas cada vez maiores de mobilidade urbana.

Assim, o Brasil busca novas soluções para transportes coletivos e de carga. Nos dois casos, há um grande potencial de expansão de transporte ferroviário (devido à extensão geográfica do país) e fluvial (pelas características privilegiadas em termos de disponibilidade de bacias hidrográficas). Contudo, grandes investimentos na infraestrutura de transportes urbanos por enquanto só foram anunciados nas maiores capitais do país, com a construção de Bus Rapid Transit (BRT) e Bus Rapid Service (BRS) nas cidades de Rio de Janeiro e São Paulo. Embora considerados de baixo custo quando comparados ao metrô, estes projetos apresentam melhorias pouco expressivas tanto do ponto de vista da mobilidade urbana quanto da redução de poluição atmosférica.

De forma geral, conclui-se que o Brasil, quando comparado com outros países emergentes, historicamente, tem procurado implementar soluções inovadoras para questões ambientais e energéticas, por meio de estratégias bem-sucedidas que permitiram a substituição dos combustíveis fósseis por fontes renováveis para uma parcela significativa da matriz energética do país. De modo que iniciativas como a descentralização das fontes de energia, o uso de recursos renováveis e a busca pela eficiência energética já são adotadas no Brasil pelo menos desde a década de 1970, configurando um cenário virtuoso para o desenvolvimento posterior da política de segurança energética do país.

## **5 COMPLEMENTARIDADES NOS SETORES DE ENERGIA E TRANSPORTES: OPORTUNIDADES PARA CHINA E BRASIL**

As assimetrias encontradas na comparação setorial das matrizes de energia na China e no Brasil são substanciais. Notadamente, enquanto a China possui uma matriz energética fortemente baseada em carvão mineral, a do Brasil ainda é predominantemente renovável. No caso do setor de transportes, contudo, essas assimetrias são menos salientes. Ambos os países apresentam forte dependência de sua base rodoviária para o transporte interno de cargas, com consequentes impactos para a poluição atmosférica e a mobilidade urbana nas grandes cidades.

Contudo, mesmo neste setor, a dimensão das dificuldades também é bastante distinta: enquanto no Brasil o problema da dependência da malha rodoviária se reflete, sobretudo, em termos de aumento dos custos e perda de competitividade, na China, em razão das dimensões muito maiores de sua economia e infraestrutura, o enfrentamento da poluição e a busca pela eficiência energética se mostram ainda mais desafiadores. Nesse sentido, o país asiático ainda apresenta a desvantagem adicional de não dispor de fontes suficientes para produção de biocombustíveis em larga escala, sendo obrigado a apostar na expansão dos veículos elétricos para reduzir a dependência de petróleo – uma estratégia que, contraditoriamente, esbarra na própria capacidade de geração elétrica do país, a qual ainda depende largamente de combustíveis fósseis.

Não obstante, existem complementaridades entre os referidos setores nos dois países que podem configurar no médio prazo oportunidades para a construção de uma efetiva parceria estratégica, assentada no aumento dos seus fluxos comerciais. De um lado, a China, que já possui vasto domínio sobre as melhores práticas de exploração de combustíveis fósseis, pretende realizar amplos investimentos na próxima década para a expansão de sua matriz hidrelétrica, a fim de reduzir sua dependência em relação a estas fontes. De outro, o Brasil, país com larga experiência na exploração de seu potencial hídrico para geração de energia, possui grandes reservas de carvão mineral que ainda são pouco exploradas ou se empregam tecnologias obsoletas, de pouca eficiência e elevado nível de poluição. Desse modo, tanto Brasil quanto China poderiam se beneficiar do conhecimento mútuo nesses campos para fomentar a cooperação e a internalização de novas técnicas produtivas, com ganhos não apenas econômicos para ambos mas também do ponto de vista do desenvolvimento sustentável.

No caso do setor de transportes, embora existam similaridades, os dois países buscam soluções diferentes. Enquanto a China busca dar um salto de qualidade na direção de novas fontes de energia para veículos e do aprimoramento de sua infraestrutura urbana, o Brasil ainda se encontra num estágio de desenvolvimento que exige a priorização de infraestruturas de transporte que conectem os grandes centros econômicos do país, a exemplo de ferrovias, hidrovias e aeroportos. Contudo, ainda se pode vislumbrar a possibilidade de colaboração nesta área para atender as necessidades de ambos. Uma possibilidade é o desenvolvimento de um veículo híbrido a partir das tecnologias de motores de combustão *flex*, cujo emprego já é um sucesso no Brasil. Assim, ambos os países poderiam desenvolver novas soluções que contemplassem não apenas a migração dos combustíveis fósseis para a energia elétrica mas, também, numa etapa intermediária, o aproveitamento de fontes como a biomassa, para a qual já possuem vantagens competitivas em termos de produção.

A China adotou como modelo de desenvolvimento a criação de *joint-ventures* de maneira a atrair investimentos externos e garantir a presença do poder público no processo produtivo, além de enfatizar a transferência de tecnologia para as firmas nacionais. No caso da cooperação proposta neste trabalho, o Brasil poderia também adotar este modelo para o desenvolvimento de novas tecnologias de geração a carvão mineral (CCTs) na região Sul do país. Tal iniciativa ajudaria a fortalecer ainda mais a parceria comercial entre os dois países, sem que a dinâmica dos termos de troca se mostrasse prejudicial, a exemplo do que acontece atualmente, pelo fato de o Brasil exportar em maior proporção produtos básicos e semimanufaturados.

## REFERÊNCIAS

- BAMBAWALE, Malavika Jain; SOVACOOOL, Benjamin K. China's energy security: the perspective of energy users. **Applied energy**, v. 88, n. 5, p. 1.949-1.956, 2011.
- BANCO MUNDIAL. **World development indicators**. The World Bank, 2012. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/country/china>>.
- BP – BRITISH PETROLEUM. **Statistical review of world energy**. British Petroleum, 2012. Disponível em: <[www.bp.com](http://www.bp.com)>.
- CHEN, Wenying; XU, Ruina. Clean coal technology development in China. **Energy policy**, v. 38, n. 5, p. 2.123-2.130, May 2010.
- CORRÊA, A. P. **Segurança energética da China**: um estudo das relações entre Estado e mercado com foco na indústria do petróleo e gás natural no período de 1978 a 2010. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano nacional de energia 2030**. Rio de Janeiro, 2007.
- \_\_\_\_\_. **Balanco energético nacional**. Rio de Janeiro, 2010.
- HERZOG, Timothy; BAUMERT, Kevin A.; PERSHING, Jonathan. **An analysis of greenhouse gas intensity target**. World Resources Institute, 2006. (WRI REPORT).
- HOFFMANN, Bettina Susanne. **O ciclo combinado com gaseificação integrada e a captura de CO<sub>2</sub>**: uma solução para mitigar as emissões de CO<sub>2</sub> em termelétricas a carvão em larga escala no curto prazo? 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- HU, Zhaoguang *et al.* Integrated resource strategic planning: case study of energy efficiency in the Chinese power sector. **Energy policy**, v. 38, n. 11, p. 6.391-6.397, 2010.
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World energy outlook**. IEA: Paris, 2012.
- JABBOUR, Elias Marco Khalil. **Infra-estrutura em energia e transportes e crescimento econômico na China**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- MATHEWS, John A. Os BRICs e o desenvolvimento Verde: como a China está forjando um novo modelo de desenvolvimento verde que o Brasil, a Índia e outros já estão copiando. **Jornal da economia**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 33-63, jan./abr. 2011.
- MÜLLER-FÜRSTENBERGER, Georg; WAGNER, Martin. Exploring the environmental Kuznets hypothesis : theoretical and econometric problems. **Ecological Economicseconomics**: the transdisciplinary journal of the international society for ecological economics, Amsterdam: Elsevier, v. 62, n. 3-4, p. 648-660, 2007.
- PEREIRA JUNIOR, Amaro Olímpio. **A ascensão da China e as oportunidades para o Brasil no setor de energia e de transporte**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 14. Rio de Janeiro: CBE, 2012.
- PEREIRA JUNIOR, Amaro Olímpio *et al.* Energy in Brazil: toward sustainable development? **Energy policy**, v. 36, n. 1, p. 73-83, 2008.
- \_\_\_\_\_. Strategies to promote renewable energy in Brazil. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 15, n. 1, p. 681-688, 2011.

\_\_\_\_\_. Perspectives for the expansion of new renewable energy sources in Brazil. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 23, p. 49-59, July 2013.

PROENÇA, Adriano *et al.* **Tecnologia e competitividade em setores básicos da indústria chinesa**: estudos de caso. Relatório técnico final. Rio de Janeiro, 2011. (Cooperação 008/2010 – Convênio SAE / UFRJ).

YAN, Xiaoyu.; CROOKES, R. J. Energy demand and emissions from road transportation vehicles in China. **Progress in energy and combustion science**, v. 36, n. 6, p. 651-676, 2010.

#### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CHAN, Leong; DAIM, Tugrul. Exploring the impact of technology foresight studies on innovation: case of BRIC countries. **Futures**, v. 44, n. 6, p. 618-630, 2012.