

Planejamento para as demandas futuras de energia no Brasil

MAURICIO T. TOLMASQUIM
AMILCAR G. GUERREIRO

INTRODUÇÃO

■ A energia é fator básico para qualquer economia moderna. Sua disponibilidade e confiabilidade são determinantes para o desenvolvimento de uma nação. Nesse sentido, um dos fundamentos da sustentabilidade econômica de um país é sua capacidade de prover logística e energia para o desenvolvimento de sua produção, com segurança e em condições competitivas e ambientalmente sustentáveis.

Países e blocos econômicos movimentam-se com o objetivo estratégico de sustentar o que consideram ser o nível adequado de garantia do suprimento energético. As tensões políticas das últimas quatro décadas, com epicentro no Oriente Médio, são ilustrativas da importância de um suprimento seguro de energia.

Mas, se é certo que a segurança energética é conferida alta prioridade estratégica, também é verdade que ao aquecimento global tem sido paulatinamente conferido elevado grau de prioridade política, do que é evidência a crescente importância emprestada pelos principais chefes de Estado e de governo do mundo às Conferências da ONU sobre Mudanças Climáticas.

A questão do clima está associada à questão energética porque, em larga medida, sobretudo no caso das economias desenvolvidas, as emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) são decorrentes da produção e do uso da energia. Quase 60% do carbono contido nesses gases são absorvidos pelos oceanos e pela biosfera, mas a diferença é liberada para a atmosfera, o que explica o aumento da concentração de CO₂ no ar e as preocupações com a mudança global do clima.

Ao final da primeira década do século XXI, mais de 80% de toda a energia consumida no mundo vem de apenas três fontes: petróleo, carvão mineral e gás natural. São, todas elas, fontes fósseis e em geral geopoliticamente mal distribuídas. Quase 30% da energia retirada dessas fontes são convertidas em eletricidade e mais de 93% da energia consumida no transporte de cargas e pessoas são supridas por petróleo e derivados¹. Com efeito, em 2010, as emissões de dióxido de carbono atingiram 49 GtCO₂ eq ($\pm 4,5$) e cerca de 78% do aumento das emissões desde 1970 foram devidos à queima de combustíveis fósseis².

Assim, modernamente, dois conceitos têm moldado o entendimento adequado da questão energética em nível mundial: segurança energética e emissões de GEE.

As economias desenvolvidas, a Europa em particular, têm mobilizado grandes esforços na direção de encontrar e desenvolver soluções que contribuam, de forma sustentada, para reduzir tanto a dependência energética quanto as emissões antrópicas de gases. São emblemáticos, por exemplo, os esforços no campo da energia eólica, na medida em que essa alternativa atende bem a ambos os objetivos. Não por acaso, tem motivado grande interesse de países como Estados Unidos, Alemanha e Espanha, o que se traduz em evolução tecnológica importante, com avanços progressivos na direção de maior confiabilidade e menor custo.

A preocupação com a dependência externa dos combustíveis fósseis tem, pois, levado à maior diversificação das fontes de energia, com preferência por fontes renováveis e com baixo impacto no meio ambiente.

No caso do Brasil, a questão de segurança energética e a preocupação com as emissões de GEE decorrentes das atividades do setor de energia não se apresentam na mesma intensidade ou com o mesmo viés do que na Europa, por exemplo. De fato, são questões que aqui se encontram adequadamente endereçadas, ainda que se considere uma visão prospectiva.

Hoje, o país é reconhecido internacionalmente por seu pioneirismo no desenvolvimento de alternativas energéticas eficientes e ambientalmente sustentáveis, com destaque para o etanol. Os estudos do planejamento energético de longo prazo da EPE confirmam que, no Brasil, a perspectiva de uma matriz energética limpa e de um baixo índice de dependência energética é real, seja pelo

- 1 IEA [International Energy Agency]. *2010 Key World Energy Statistics*. Paris: IEA, 2010.
- 2 IPCC [International Panel on Climate Change]. *Climate Change 2014. Synthesis Report. Summary for Policymakers*. IPCC Fifth Assessment Synthesis Report. The Core Writing Team, Pachauri, R.K. Meyer, L. (Eds.). Geneva, Switzerland: IPCC, 2014.

vasto potencial disponível de energias renováveis, seja pelo domínio soberano das principais fontes de energia que consome.

No entanto, para o correto desenho de uma política energética nacional não se deve diminuir a importância da temática. A política energética brasileira tem se norteado por objetivos que visam garantir o acesso de toda a população a serviços de qualidade a preços justos, mantendo rigorosos compromissos com a preservação do meio ambiente e o manejo sustentável dos recursos naturais. Além da manutenção de uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, tal política tem contribuído também para o progresso econômico e social da população.

A EVOLUÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA NOS PRÓXIMOS ANOS

■ Nos próximos anos, a demanda final de energia do Brasil deverá crescer em média entre 3,5 e 4% ao ano, podendo atingir 350 Mtep em 2023. A indústria e o setor de transportes continuarão a ser os principais responsáveis por esse consumo, com cerca de 64% do total no fim do horizonte decenal³.

A maior taxa de crescimento ocorrerá, porém, no setor energético: consumo próprio de refinarias e na exploração e produção (E&P) de petróleo e gás natural. No primeiro caso, merecem destaque o aumento da capacidade do refino no país e uma maior qualidade dos derivados, enquanto em E&P o crescimento elevado está atrelado ao cenário de produção doméstica de óleo bruto que se vislumbra para os próximos anos.

Estima-se que o consumo de eletricidade será, em 2023, pelo menos 50% superior ao de 2013, atingindo 780 TWh. À indústria nacional é reservado importante papel nessa expansão, porquanto será responsável por 140 TWh dos mais de 260 TWh adicionais de consumo de eletricidade no período. Contudo, a autoprodução nesse setor crescerá a taxas superiores às da demanda de eletricidade, tendendo a reduzir a pressão da demanda sobre a expansão da oferta na rede do sistema elétrico⁴.

Outro destaque é o setor residencial. Estima-se que em três ou quatro anos o Brasil possa ter recuperado o nível do consumo médio residencial alcançado antes de 2001, quando houve o racionamento (179 kWh/mês). O consumo per capita de um brasileiro, todavia, é muito baixo quando comparado com o de cidadãos de outros países. Com o aumento do consumo per capita, em 2020 o Brasil po-

3 EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. *Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2023*. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

4 EPE. *Op.cit.*

derá ultrapassar o patamar de consumo do Chile em 2007, ficando ainda muito atrás do consumo per capita francês ou espanhol.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

■ As projeções da demanda de energia consideram, intrinsecamente, iniciativas de eficiência energética e seus efeitos em todos os setores da economia. Em termos quantitativos, a eficiência energética considerada representa, no período decenal, 18% do aumento da demanda de combustíveis e 21% do aumento da demanda de eletricidade.

No que se refere ao consumo de combustíveis, estima-se que poderão ser conservados 19 Mtep em 2023. Expresso em termos de barris equivalentes de petróleo, o volume de combustível poupado nesse mesmo ano é de cerca de 390 mil barris por dia, aproximadamente 18% da média do consumo de petróleo no país em 2013. No caso da energia elétrica, o montante que se prevê conservar, 54 TWh em 2023, corresponde à geração de uma usina hidrelétrica com potência instalada de cerca de 13 GW, equivalente a uma vez e meia a potência da usina de Tucuruí.

O setor industrial tem importante papel nos ganhos de eficiência energética: no caso da demanda de combustíveis, o volume poupado representa 9,3 Mtep – quase 50% do total conservado; no caso da eletricidade, o montante é de 25 TWh, ou pouco mais de 45% do total conservado.

Além disso, no horizonte decenal, destaca-se o papel relevante que terá a geração distribuída (autoprodução e geração fotovoltaica) no atendimento à demanda de eletricidade: estima-se que essa alternativa de atendimento permita abater um pouco mais de 90 TWh da demanda solicitada à rede.

EXPANSÃO DA OFERTA DE ENERGIA

■ Dentre as diretrizes que norteiam a expansão da oferta de energia no Brasil, uma das principais é a priorização das fontes renováveis. Visualiza-se manter o papel relevante dos biocombustíveis, o aproveitamento de resíduos industriais como bagaço de cana e a lixívia e, no caso da energia elétrica, a expansão hidrelétrica combinada com a geração eólica e solar. No caso da energia eólica, os leilões de expansão da oferta de energia elétrica realizados nos últimos anos evidenciam que essa alternativa se apresenta, no caso brasileiro, com custos bastante competitivos.

A prioridade concedida às fontes renováveis está em linha com os compromissos internacionalmente assumidos pelo Brasil com relação à mitigação de

emissões de GEE. Internamente, esses compromissos foram formalizados por meio da Lei nº 12.187/09, que estabeleceu metas voluntárias para redução das emissões projetadas para 2020, elevando o patamar institucional das discussões sobre mudanças climáticas no Brasil.

Atendendo a essa diretriz, os estudos indicam que a matriz energética brasileira, ao tempo em que é garantida a segurança energética do abastecimento, continuará a ser das mais limpas do mundo. Com efeito, para além de consolidar a autossuficiência em petróleo, o país deve mesmo passar a desempenhar um papel relevante entre os exportadores do óleo. A oferta de etanol deverá crescer, observando-se aumento da produtividade e melhor aproveitamento da biomassa da cana. Na energia elétrica, a despeito das preocupações socioambientais que podem impor limitações ao desenvolvimento do vasto potencial hidroelétrico ainda inexplorado, o país tem plenas condições de manter a participação das fontes renováveis, em razão principalmente das boas perspectivas da bioeletricidade e da energia eólica e, ainda que em menor escala, da energia solar.

HIDRELETRICIDADE

■ De forma geral, países economicamente desenvolvidos apresentam uma taxa de aproveitamento de seu potencial hidráulico bastante superior a de países em desenvolvimento. São notáveis as taxas de aproveitamento que apresentam França, Alemanha, Japão, Noruega, Estados Unidos e Suécia, poucos deles conhecidos por dispor de grande potencial hidroelétrico. Em contraste, as taxas observadas em países da África, da Ásia e da América do Sul – nesta, com exceção do Brasil, são ainda muito baixas.

Nas últimas décadas, porém, a oferta primária de energia hidráulica no mundo tem evoluído concentradamente em duas regiões: Ásia, com destaque para a China, e América Latina, com destaque para o Brasil. Com efeito, essas duas regiões respondiam, em 1973, por 14% da produção mundial de hidroeletricidade. Essa proporção se elevou para 50% em 2012⁵.

Ao mesmo tempo em que a expansão da geração hidráulica se concentrou em países emergentes com grande potencial de exploração, cresceram também, e em escala mundial, as pressões ambientais contra esse tipo de fonte, especialmente as hidroelétricas de grande porte, do que é evidência a declaração, apresentada pela organização não-governamental *International Rivers Network* na conferência

5 IEA [International Energy Agency]. *2014 Key World Energy Statistics*. Paris: IEA, 2014

Renewables 2004, realizada em Bonn, Alemanha, pela qual pretendeu que fossem excluídas da classificação de fonte de energia renovável as usinas hidráulicas com potência superior a 10 MW⁶.

Essas pressões afetam diretamente países como o Brasil, que ainda dispõe de potencial hidrelétrico relevante e que, para seu desenvolvimento, demanda energia em volumes significativos e crescentes. O país detém o terceiro maior potencial hidrelétrico do mundo, correspondendo a 10% do potencial tecnicamente aproveitável. Em termos numéricos, o valor deste recurso é de 260 GW e mais de 60% ainda estão por ser aproveitados.

Nos últimos 40 anos, a potência instalada em usinas hidroelétricas foi acrescida de mais de 65 GW evoluindo de pouco menos de 14 GW para cerca de 80 GW^{7,8}. A energia hidráulica constitui, pois, elemento diferencial da matriz energética brasileira, na medida em que responde, em média, por mais de 80% da eletricidade produzida no país.

A evolução do parque hidrelétrico brasileiro concentrou-se no último quarto do século passado. O mundo sofria as consequências dos choques nos preços do petróleo e se instalavam no país grandes indústrias eletrointensivas. No final dos anos 1990, contudo, refletindo ambiente de desequilíbrio macroeconômico e incertezas associadas a alterações institucionais no setor elétrico, a expansão hidrelétrica foi relativamente pequena. Uma consequência da expansão modesta nesses anos foi o racionamento vivenciado em 2001.

Desde então, o país voltou a investir no desenvolvimento de seu potencial hidráulico. Agora mesmo, estão em construção projetos de grande porte no rio Madeira (Santo Antonio e Jirau, com 7.320 MW), no rio Xingu (Belo Monte, com 11.200 MW) e no rio Teles Pires (Teles Pires e São Manoel, com 2.520 MW). Esse último rio é um dos formadores do Tapajós, importante afluente do rio Amazonas pela margem direita e onde se encontra um promissor potencial de quase 10.000 MW.

Contudo, os desafios para a expansão da hidreletricidade no Brasil são enormes uma vez que 70% do potencial a aproveitar encontram-se nos biomas Amazônia e Cerrado, áreas de grande interesse do ponto de vista ambiental.

6 Ver a respeito “*Letter to Ken Newcombe*”, gerente do Prototype Carbon Fund do Banco Mundial e o artigo “*Tropical Hydropower is a Significant Source of Greenhouse Gas Emissions*”, ambos os textos disponíveis em <<http://www.irn.org>>. Ver também NATTA’s Journal Renew, n. 153, jan-fev 2005, disponível em <<http://eeru.open.ac.uk>>.

7 Exclusive a parte paraguaia da usina hidroelétrica de Itaipu (7.000 MW).

8 EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. *Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2023*. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

Ainda assim, a fonte hidrelétrica tem-se mostrado bastante competitiva com relação às alternativas existentes. E, além disso, tem outras importantes características: é renovável, tem baixa emissão de gases de efeito estufa, tem capacidade de armazenar naturalmente energia, tem vida útil muito longa e a construção pode ser feita praticamente com 100% de fornecimento e serviços nacionais, o que significa geração de emprego e renda no país. Esses elementos justificam a opção política pela continuidade do aproveitamento do potencial hidrelétrico nacional.

ENERGIA EÓLICA

■ É de amplo conhecimento que o Brasil tem grande potencial eólico. A evolução recente do parque eólico brasileiro evidencia que a exploração desse potencial já é uma realidade e que esse mercado está consolidado no Brasil.

Até 2005, existiam apenas 10 centrais cuja capacidade instalada não somava 30 MW. Em 2008, a potência já subira para quase 400 MW e ao final de 2014 atingirá 5.000 MW. Essa dinâmica de expansão continuará nos próximos anos. Entre 2015 e 2019, deverão ser instalados mais de 10.000 MW. Estima-se que em 2023 o parque gerador eólico ultrapasse 22.000 MW, correspondendo a 12% de todo parque gerador do sistema elétrico interligado nacional. Nos próximos 10 anos, eólicas responderão por 28% da expansão da oferta nesse sistema.

Sustentar essa evolução impõe desafios. Ao lado da qualificação de mão de obra orientada para a indústria eólica, se coloca a consolidação de um quadro de fornecedores ampliado, em benefício da competição e do consumidor. De fato, tem ocorrido expansão da capacidade de produção, revelando o dinamismo da indústria com vistas ao atendimento da demanda que surge a partir dos leilões de expansão da oferta e, inclusive, a encomendas na América Latina e mesmo de outras regiões.

Até 2007, o Brasil tinha apenas uma indústria de aerogeradores, a Wobben Wind Power, subsidiária da alemã Enercon. Atualmente, além dela, estão instalados no país Impsa (argentina), GE (norte americana), Gamesa (espanhola), WEG/MTOI (*joint venture* Brasil-Espanha), Alstom (francesa) e Acciona (espanhola). Juntas, possuem capacidade de produção de turbinas eólicas de 3 GW ou cerca 1.500 turbinas por ano. A dinâmica deste mercado justificou também a instalação no país de fábricas de outros componentes (pás, *nacelle* e equipamentos elétricos). O índice de nacionalização desses equipamentos já atingiu 60%.

Na medida da internalização dos avanços tecnológicos e da expansão da indústria, é de se esperar que o custo de produção caia, melhorando a compe-

titividade da fonte eólica. O elemento chave do sucesso de todo esse processo é a competição. E os mecanismos para assegurá-la já existem no atual arranjo institucional do setor elétrico. O sucesso dos leilões de expansão da oferta de energia atesta quão adequados são, na medida em que, a um só tempo, garantem a competição e conferem aos projetos a necessária “bancabilidade”, por meio de contratos de compra de energia de longo prazo.

Compõem esse ambiente, condições adequadas de financiamento. Como resultado, além da expressiva expansão já indicada, a energia eólica vem apresentando significativa redução de custo. Em 2005, a preços atualizados, o custo de viabilização da fonte era R\$ 350 por MWh. Nos últimos leilões, realizados no final de 2014, o MWh gerado por uma usina eólica foi comprado a preços médios em torno de R\$ 140. Uma queda de 60%!

Importa assinalar, ainda, que a base hidrelétrica do parque brasileiro é importante indutor da inserção da geração eólica, pela capacidade de “regularização” do vento como recurso energético. Essa sinergia constitui binômio de interesse para a sustentabilidade ambiental do sistema elétrico brasileiro quanto ao aspecto das emissões de GEE.

Assim, os principais elementos para o desenvolvimento da energia eólica no Brasil estão postos: vasto potencial, com condições naturais extremamente favoráveis em alguns sítios; contínuo crescimento da demanda de energia; parque industrial moderno; condições de financiamento adequadas e marco regulatório bem definido e estabilizado. Com isso, o desenvolvimento do mercado de energia eólica no país tem superado todas as expectativas, tanto pela significativa redução de custos ao longo dos últimos anos, quanto pelo exponencial crescimento da capacidade instalada e da instalação de novos fabricantes no Brasil.

BIOENERGIA

■ Bioenergia é a energia extraída da biomassa, o que inclui florestas, culturas e resíduos agropecuários, dejetos animais e matéria orgânica contida nos rejeitos industriais e urbanos. A biomassa contém a energia química acumulada através da transformação energética da radiação solar. Pode ser diretamente liberada por meio da combustão ou convertida, através de diferentes processos, em produtos energéticos de natureza distinta, tais como carvão vegetal, etanol, gases combustíveis, gases de síntese e óleos vegetais combustíveis.

A faixa situada entre os paralelos 30°N e 30°S é a região do planeta mais propensa à produção de bioenergia porque recebe, ao longo de todo um ano, intensa

radiação solar, a fonte primária fundamental da produção da biomassa. Nesse particular, a posição geográfica do Brasil é privilegiada, uma vez que grande parte de seu território se estende entre o Equador e o Trópico de Capricórnio.

De fato, o Brasil apresenta reconhecido potencial para a produção agrícola. A dimensão continental de seu território e a diversidade geográfica que nele se encontra, representada pela variedade climática e exuberante biodiversidade, além da presença de um quarto das reservas superficiais e subterrâneas de água doce do mundo, capacita o país a produzir grande parte dos principais produtos agrícolas comercializados mundialmente.

Tomando por base apenas os principais produtos agrícolas produzidos no Brasil, que compreendem cerca de 90% da área plantada e 85% da produção física, calcula-se que a oferta de resíduos de biomassa como fonte de energia primária foi, em 2005, 560 Mt, em base seca⁹. Expresso em unidade mais usual, o conteúdo energético desse resíduo equivale a 4,2 milhões de barris por dia, quase o dobro da produção média atual brasileira de petróleo.

Uma parte desse potencial já é hoje aproveitada para produção de energia elétrica, em geral na forma de autoprodução. Estão nesses casos o bagaço da cana e a lixívia. Mais recentemente, avanços tecnológicos aumentaram, em muito, a perspectiva de maior eficiência no uso do bagaço e o aproveitamento da palha na geração de eletricidade, além da possibilidade da produção de etanol de segunda geração. Naturalmente, o aproveitamento mais intenso desse potencial requer investimentos no desenvolvimento de rotas tecnológicas e em equipamentos capazes de recuperar de forma adequada a biomassa, que hoje é subutilizada ou abandonada no campo, e de transportá-la até a unidade na qual será processada a transformação.

Certo é que o aproveitamento desse potencial, especialmente para a geração de energia elétrica, se revela promissor e estratégico. Com efeito, considerando apenas o bagaço de cana, calcula-se que a cogeração pode oferecer à rede elétrica aproximadamente 8 GWmed, em 2023. Com o avanço da mecanização da lavoura e o aproveitamento das pontas e palhas, esse número pode quase dobrar. Para o mesmo ano, estima-se a geração potencial para o sistema elétrico interligado em 15 GWmed¹⁰.

9 EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. *Plano Nacional de Energia 2030*. Rio de Janeiro: EPE, 2007.

10 EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. *Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2023*. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

Mas o maior destaque do país na área da bioenergia é sem dúvida o etanol. Isso decorre, em grande medida, dos avanços tecnológicos que fizeram desse biocombustível um produto competitivo. Ao longo do tempo, tem havido aumento de produtividade o que contribui para garantir a preservação de áreas destinadas a outras culturas e usos, inclusive a preservação de ecossistemas. Nos últimos 25 anos, o aumento de produtividade logrou “poupar” uma área equivalente a 2 milhões de hectares, algo como metade da Suíça.

O avanço tecnológico, todavia, não se deu apenas do lado da oferta de energia. O veículo *flex-fuel*, cujos motores funcionam com qualquer proporção de etanol e gasolina, é realidade irreversível. A aceitação pelo consumidor brasileiro foi tal que, apenas oito anos após o lançamento em 2003, a frota de veículos *flex* já correspondia à metade da frota nacional de veículos leves, ou cerca de 15 milhões de unidades¹¹. Para 2020, estima-se que essa participação possa superar 75%¹².

Projeta-se, para os próximos 10 anos, que a demanda de etanol no mercado brasileiro continuará em expansão, devido ao aumento expressivo da frota de veículos *flex*. No mercado internacional, o Brasil deverá se manter na liderança de vendas de etanol.

Além do etanol, outro combustível orgânico relevante é o biodiesel, mandatoriamente misturado ao diesel mineral na proporção de 7% em volume desde 1º de novembro de 2014. No Brasil, cerca de 75% do biodiesel são produzidos a partir da soja, 20% com sebo bovino e 5% com outras matérias-primas. A análise da disponibilidade de insumos e da capacidade de processamento e de escoamento da produção indica que o país possui as condições necessárias para atender a essa demanda.

Uma preocupação recorrente quando se fala de bioenergia são os possíveis impactos sobre a produção de alimentos e sobre ecossistemas sensíveis ou de grande interesse socioambiental. Pode-se afirmar que essas ameaças não existem no caso brasileiro e os números falam por si.

Tome-se, para efeito de raciocínio, o caso da cana-de-açúcar. Atualmente, a área dedicada à produção de cana é de cerca de 9 milhões de hectares, dos quais 5 milhões para etanol. Isto equivale a menos de 1% de todo o território nacional e cerca de 9% da área disponível para atividades agrícolas, já computados os ecossistemas de grande interesse como a Floresta Amazônica. Além disto,

11 EPE [Empresa de Pesquisa Energética] *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis 2013*. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

12 EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. *Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2023*. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

é importante salientar a distância típica entre o bioma Amazônico e as áreas de concentração das usinas, de 2.000 km para as situadas na Região Nordeste e 2.500 km para as do Sudeste – que responde por mais de 60% da produção nacional. A produção da cana, e mesmo a expansão da área plantada, não oferece ameaça à produção de alimentos nem tampouco a regiões de alto interesse socioambiental.

PETRÓLEO

■ O petróleo é ainda a principal fonte de energia do planeta, respondendo hoje por cerca 1/3 do consumo mundial de energia e deve manter tal condição em um horizonte razoável, não obstante os esforços na busca de soluções energéticas alternativas, com menor potencial de emissões de GEE, e na direção do uso mais eficiente da energia.

Mas, para além de sua importância como fonte de energia, o petróleo constitui-se em bem de elevado interesse estratégico em razão de aspectos geopolíticos, talvez a face mais complexa e relevante deste setor. De fato, quando se observa a distribuição do consumo de petróleo no mundo, percebe-se uma inversão em relação à distribuição espacial das reservas. Reservas e produção concentram-se em países em desenvolvimento enquanto o consumo está concentrado nos países desenvolvidos, embora, nos últimos anos, tenha havido aumento importante do consumo em países emergentes, como China, Índia e Brasil. Os EUA, com as descobertas e o aproveitamento dos recursos não convencionais, recentemente, também se constituem em exceção que justifica a regra. O Brasil nunca desempenhou papel de grande relevância entre os *players* do mercado mundial do petróleo. Até recentemente, as reservas brasileiras não eram significativas mesmo quando comparadas regionalmente. Em termos de reservas e produção de petróleo, os destaques tradicionais na América Latina são, há muito, México e Venezuela, principalmente esta, que detém, sozinha, quase 20% das reservas mundiais de óleo cru e integra a Organização dos Países Produtores de Petróleo (OPEP).

Importante pela grandeza de seu consumo, de pouco mais de 2,1 milhões de barris diários¹³, o Brasil já vinha assumindo papel crescentemente relevante no setor em razão do desenvolvimento tecnológico na exploração e produção de

13 Dados da Agência Nacional de Petróleo, disponível em <<http://www.anp.gov.br>>, acesso em dezembro de 2014

petróleo em campos *off-shore* em águas profundas. Esses avanços permitiram ao país aumentar significativamente reservas e produção nos últimos 20 anos.

Nesse quadro, a importância do papel do Brasil no cenário mundial deverá crescer ainda mais a partir da materialização das descobertas na camada pré-sal de seu mar territorial. As descobertas de Búzios, Iara, Libra e Lula encontram-se entre as maiores ocorridas no mundo nas últimas três décadas. Cumpre destacar a boa qualidade do óleo bruto descoberto, que, de acordo com os testes já realizados pela Petrobras, possuem a densidade entre 26º e 28º API (óleo médio ou intermediário), o que aumenta sua relevância econômica e estratégica.

As perspectivas são de reservas adicionais de mais de 50 bilhões de barris, equivalente a 3% das reservas mundiais provadas atuais (incluindo areias betuminosas e óleo extra pesado). A grandiosidade das descobertas do pré-sal reforça e amplia o desafio do país de transformar as vantagens de sua matriz energética em real benefício para o bem estar de sua sociedade. Nessa direção, o governo brasileiro seguiu o exemplo das melhores práticas internacionais e estabeleceu um Fundo Social, constituído com recursos gerados a partir da exploração desta riqueza, que destina ao atendimento das necessidades da população em educação e saúde pública.

Outro ponto fundamental é que, com tal perspectiva, o papel geopolítico do Brasil na indústria mundial de petróleo tende a se modificar substancialmente. Não apenas pela ascensão do Brasil à posição de grande exportador de petróleo, mas, sobretudo, pelo contexto internacional em que esta modificação ocorre.

Com efeito, o Brasil se coloca como *player* privilegiado na medida em que será um grande produtor fora de áreas de instabilidades geopolíticas, com histórico de respeito a contratos e com ambiente socioeconômico e político favorável a negócios e investimentos de longo prazo de maturação.

Em adição, o Brasil possui uma grande empresa nacional, a Petrobras, com reconhecida capacitação produtiva e tecnológica nas atividades de exploração e produção de petróleo em ambiente de águas profundas, o que favorece o estabelecimento de parcerias estratégicas e a minimização dos riscos associados a esse tipo de investimento.

Sem dúvida, o petróleo do pré-sal abre uma grande janela de oportunidades que vai além da indústria do petróleo. Constitui elemento diferenciador nas relações internacionais, na negociação de acordos e na defesa dos interesses do Brasil, devido ao papel estratégico e aos aspectos geopolíticos do petróleo.

As projeções são de que a produção de petróleo no Brasil ultrapasse 4,5 milhões de barris por dia já em 2020¹⁴, podendo cerca de 1/3 dessa produção ser destinada à exportação.

Espera-se que, apesar da crescente produção prevista, a relação R/P (reserva/produção) no Brasil possa se manter, ao final do decênio, nos níveis atuais – em torno de 20 anos, compatível com o de outras importantes regiões produtoras do mundo.

GÁS NATURAL

■ O gás natural é visto como o energético da transição da economia do petróleo para a economia de baixo carbono. Assim é que restrições à expansão da energia nuclear e dificuldades tecnológicas e de custo no uso intensivo de fontes alternativas, bem como avanços técnicos que possibilitaram rendimentos mais elevados na transformação e emissões mais baixas de gases quando comparados com o carvão ou o óleo combustível, fizeram com que a demanda mundial por gás natural mais que dobrasse em 35 anos.

Se no início dos anos 1970, o consumo mundial de gás não chegava a um bilhão de tep, em 2012 superou 2,8 bilhões de tep¹⁵ (dados da IEA). Nesse período, as reservas de gás cresceram muito. Como destacam documentos analíticos disponíveis na literatura especializada, a abundância das reservas já descobertas e os recursos ainda por descobrir conferem ao gás natural uma expectativa de uso superior a 130 anos, considerada a atual taxa de consumo¹⁶.

Comparada com o petróleo, a questão geopolítica do gás ganha ingredientes adicionais na medida em que, neste caso, o panorama inclui novas regiões produtoras. Há também concentração das reservas no Oriente Médio – mais de 40% das reservas mundiais provadas encontram-se nessa região, mas também se constituem como atores importantes no cenário a Rússia e o Turcomenistão, que detêm, em conjunto, 26% das reservas globais provadas¹⁷.

Contudo, grandes mudanças neste mercado revelam o quanto ele se mostra efervescente. Nos Estados Unidos, o panorama modificou-se substancialmente a partir da incorporação às reservas de gás de grandes volumes provenientes de fon-

14 EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. *Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2023*. Rio de Janeiro: EPE, 2014. p. 219.

15 IEA [International Energy Agency]. *2014 Key World Energy Statistics*. Paris: IEA, 2014.

16 World Energy Council. *Survey of Energy Resources 2007*. London: WEC, 2007. p. 148.

17 IEA. *World Energy Outlook*. IEA: Paris, 2014.

tes não-convencionais, em que inovações tecnológicas tiveram papel chave. “As adições refletem principalmente o rápido desenvolvimento das fontes não-convencionais, incluindo gás de folhelho (*shale*), metano de carvão (*coalbed methane*) e gás de formações fechadas (*tight low-permeability formations* ou *tight sands*)”¹⁸.

O fato é que os volumes daí provenientes já classificam as reservas americanas de gás entre as maiores do mundo. Entre 1993 e 2013 as reservas americanas cresceram 103% enquanto as reservas mundiais aumentaram menos de 60%. Ao final de 2013, os Estados Unidos detinham 5% das reservas mundiais provadas de gás natural, algo como 9,3 trilhões de m³¹⁹. Com relação à produção, os Estados Unidos respondem hoje por 20,6% do total mundial.

Outro elemento deste mercado é a tendência à “comoditização” do produto. Com o barateamento das transformações e do transporte, o gás natural liquefeito (GNL) poderá ganhar participação, globalizando definitivamente o mercado de gás natural, ainda sujeito às restrições físicas dos gasodutos. Já hoje, o GNL corresponde a mais de 30% do volume de gás comercializado mundialmente. Espera-se que em 10 anos essa proporção possa superar 40%.

No Brasil, o consumo de gás natural deve girar, neste ano (2014), em torno de 100 Mm³/dia, sendo os principais usos na geração de energia elétrica, 47%; na indústria, como matéria-prima e combustível, 43%; em veículos, GNV, 5%; na cogeração, 3%; e nos segmentos residencial e comercial, 2%.

A origem do gás atualmente ofertado em território brasileiro (média janeiro a agosto de 2014) advém da produção doméstica (oferta ao mercado de 47 Mm³ por dia) nas bacias de Campos, Santos, Espírito Santo, Recôncavo Baiano, Bacia Potiguar, Sergipe e Alagoas, da importação da Bolívia por meio de gasoduto (33 Mm³ por dia) e da importação de GNL (20 Mm³ por dia), regaseificado em três terminais localizados na Baía de Guanabara (RJ), em Pecém (CE) e na Bahia, que totalizam capacidade de processamento de 41 Mm³ por dia²⁰.

18 Dados da Energy Information Administration – EIA *apud* Dantas, L.O. *Tecnologia faz reposição de reservas americanas superar amplamente consumo de gás natural*. Texto de 14/11/2008. Disponível em <<http://www.gasnet.com.br>>, acesso em dezembro de 2014.

19 *BP Statistical Review of World Energy June 2014*, 63rd edition. BP: London, 2014. p. 208.

20 MME [Ministério de Minas e Energia]. *Boletim Mensal de Acompanhamento da Indústria de Gás Natural*, nº 90. Brasília: MME, setembro de 2014.

A participação desse energético na matriz, considerando a demanda esperada, aumenta dos atuais 10,8%²¹ para mais de 14% em 2023²². Colabora para este aumento da demanda, a crescente inserção do gás na geração termelétrica. Ao longo do horizonte, porém, a menos de situações hidrológicas desfavoráveis, espera-se que a indústria responda pela maior parte da demanda projetada.

Para atender a tal crescimento, estima-se que os recursos atualmente existentes e as novas descobertas possam garantir uma oferta nacional em torno de 130 Mm³/dia. Essa oferta interna, acrescida das importações do gás da Bolívia e da capacidade de regaseificação hoje instalada permite que a oferta total seja ampliada para mais de 200 Mm³/dia (majoritariamente, na zona de influência da malha integrada de gasodutos).

A exemplo do petróleo, as descobertas no pré-sal têm potencial para modificar o panorama do país com relação ao gás natural, embora questões relacionadas ao custo da exploração dos poços de gás não associado introduzem elementos de incerteza quanto à produção. Confirmadas as expectativas, haverá oferta firme a preços competitivos. O desafio que restará é o desenvolvimento da infraestrutura de escoamento, fator fundamental para o sucesso da indústria do gás no país.

OUTRAS FONTES DE ENERGIA

■ Ainda que não figurem agora na agenda energética nacional com a relevância que tem sido atribuída aos tópicos acima abordados, não se pode deixar de comentar quatro outros importantes temas. Trata-se da energia solar, da energia do carvão, da energia nuclear e da integração regional.

Os fatores que privilegiam o Brasil quando a questão é a bioenergia, também favorecerem o país no caso da energia solar. De fato, o Brasil, “por ser um país localizado na sua maior parte na região intertropical, possui grande potencial para aproveitamento de energia solar durante todo o ano”²³. O sol aparece em média 280 dias por ano²⁴. A região onde a irradiação solar é menor apresenta, em termos médios anuais, o índice entre 1.640 e 1.700 kWh/m². Onde a radiação é maior,

21 EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. *Balanco Energético Nacional 2014 – Ano base 2013*. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

22 EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. *Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2023*. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

23 Pereira, E. B. et alii. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. Projeto SWERA. São José dos Campos: INPE, 2006.

24 Cabral, I. S. et alii. *Energia Solar – Análise comparativa entre Brasil e Alemanha*. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador: IBEAS, 2013.

pode ser atingido o índice médio de até 2.300 kWh/m². Apenas para efeito de comparação, a região na Alemanha onde a irradiação média é maior este índice está em torno de 1.300 kWh/m²²⁵.

Para além do uso direto para aquecimento de água, emprego em que já se percebe certa difusão no país, há real perspectiva para a conversão em energia elétrica tendo em vista a queda sistemática dos custos dos painéis fotovoltaicos.

Mas, até este ano, a capacidade instalada para produção de energia elétrica a partir da energia solar se limitava a projetos de pesquisa e desenvolvimento, usinas instaladas nos estádios da Copa do Mundo de 2014 e usinas de microgeração distribuída. Esse panorama dá sinais de que pode mudar, seja na geração distribuída, seja na geração centralizada. Neste último caso, em leilão de expansão da oferta de energia realizado em 2014, foram contratadas 31 centrais solares, somando 1.048 MW. No horizonte decenal, considera-se contratar mais 2.600 MW, mas, dependendo do desenvolvimento do mercado e dos incentivos que possam ser dados a essa fonte, esse número poderá ser maior.

Por oportuno, deve-se frisar que o país detém uma das maiores reservas de silício do mundo, com grau de pureza relativamente elevado. O silício é matéria-prima básica na fabricação de painéis solares. A exemplo do que ocorreu no caso da energia eólica, há oportunidade para avanços na área industrial, avanços que podem se traduzir em redução de custos e aumento da competitividade da fonte.

O carvão é abundante no mundo. As reservas do mineral são suficientes para suportar a produção atual por mais de 150 anos. Mas o comércio internacional do carvão é relativamente pequeno. Apenas 16% da produção mundial é transacionada entre os países, bem diferente do que ocorre com o petróleo, em que 50% da produção circulam entre as economias. As grandes restrições ao uso do carvão estão ligadas aos impactos da mineração e às emissões de gases e poluição do ar. Não por acaso, são pesados os investimentos para o que se convencionou chamar de *clean coal technologies*.

A importância do carvão no Brasil é menor do que em outros países ou regiões (no mundo, 70% do carvão mineral se destinam à produção de eletricidade, geralmente próxima das regiões produtoras) talvez porque o carvão nacional não tenha uso competitivo na siderurgia e por mais de 90% das reservas estarem localizadas no extremo sul do país. Contudo, as reservas de carvão encontradas no Brasil não são desprezíveis.

25 Id. Id.

Ainda que as restrições ao uso deste combustível tendam a aumentar em razão das preocupações com as emissões de GEE, não se deve simplesmente renunciar ao uso deste recurso. Os avanços tecnológicos podem viabilizar no futuro um uso sustentável do carvão mineral.

Se, por um lado, a preocupação em restringir as emissões de GEE pode limitar o uso do carvão, por outro pode ser o argumento basal para a retomada da energia nuclear como alternativa para o atendimento do crescimento da demanda. De fato, não obstante as controvérsias com relação à deposição dos rejeitos de alta atividade e, principalmente, a preocupação com a proliferação de armas nucleares, a energia nuclear foi recentemente recolocada na agenda mundial como estratégia na busca de soluções que aumentem a segurança energética e contribuam para redução das emissões de carbono.

O Brasil possui a sexta maior reserva de urânio do mundo e faz parte do restrito clube de países que dominam todo o ciclo de fabricação do combustível nuclear. Além disso, é signatário do acordo internacional de não-proliferação de armas nucleares e, ao longo de sua história, tem reforçado sua atuação como país pacífico. O que se pode concluir é que, independente da avaliação do mérito da opção nuclear, se este for o caminho a ser seguido, também por ele o país poderá trilhar com autonomia e segurança. E, em face das dificuldades crescentes para o desenvolvimento do potencial hidrelétrico, a opção nuclear se oferece como alternativa confiável – as performances operativas das usinas Angra I e II evidenciam a confiabilidade dessa geração – para atendimento da demanda de energia elétrica a médio e longo prazo.

Por fim, com relação à integração energética regional, deve-se considerar que determinados aproveitamentos energéticos podem se constituir efetivamente em um elemento de integração. Isto não só é desejável, como possível. O Brasil, sendo não só um grande produtor como também um importante consumidor de energia, terá inequívoco papel no fomento de uma integração regional que permita tanto o aproveitamento mais sustentável do potencial energético quanto o pleno desenvolvimento das demais potencialidades da América Latina.

Nesse sentido, o aproveitamento compartilhado de recursos energéticos primários, a diversificação das matrizes energéticas e a complementaridade dos mercados dos diferentes países latino-americanos poderão trazer maior segurança e confiabilidade ao suprimento energético da região, bem como reduções importantes nos custos das cadeias produtivas.

Existem, por óbvio, dificuldades a transpor, como é o caso da convivência de ambientes regulatórios nem sempre compatíveis. Alguns passos têm sido dados

no sentido de contornar esses problemas, permitindo um maior aproveitamento das sinergias existentes. Mas ainda há um longo percurso a percorrer.

CONCLUSÃO

■ Ao longo do século XX, o Brasil desenvolveu tecnologia e construiu um moderno e eficiente sistema energético, em que se destacam o pioneirismo e a liderança na produção de petróleo e gás em águas profundas, o aproveitamento energético de fontes renováveis, usinas hidroelétricas de grande porte e uma rede elétrica de dimensões continentais.

A condição de potência energética que eventualmente se atribui ao país não deve ser vista apenas em função das condições atuais das reservas ou mesmo das perspectivas dos novos aproveitamentos que surgem no horizonte. Na realidade, esta condição tem sido construída continuamente desde que o país foi chamado a responder a grandes desafios e, fundamentalmente, como resultado dos esforços devotados à expansão da produção energética.

O Brasil, de fato, é um manancial rico em alternativas de produção de energia a partir das mais variadas fontes. A oferta de matéria-prima e a capacidade de produção em larga escala são exemplos para diversos países.

Hoje se pode dizer que, na área de energia, as perspectivas brasileiras são extremamente confortáveis na medida em que compreendem uma importante produção de petróleo, a consolidação da utilização da bioenergia e do vasto potencial hidráulico ainda a ser aproveitado.

A composição da matriz energética brasileira faz com que o Brasil ocupe a 14ª posição no *ranking* mundial de emissões de GEE por conta da produção e do uso de energia. No setor elétrico, a posição no *ranking* de emissões é a 39ª (dados de 2011). Em termos comparativos, o Brasil emite 19 vezes menos CO₂ do que a China e 13 vezes menos que os EUA no setor energético. No setor elétrico a diferença é ainda maior já que as emissões de CO₂ da China representam 110 vezes as emissões do Brasil, a dos EUA 61 vezes e a da Rússia e da Índia cerca de 25 vezes.

A matriz energética e elétrica brasileira vão continuar limpas. Essa é a diretriz básica da política energética nacional. Para tanto, a continuidade do aproveitamento do potencial hidroelétrico nacional, a expansão de outras fontes renováveis de produção de eletricidade, como centrais eólicas e de energia solar, e o avanço da bioenergia, tanto para a produção de energia elétrica quanto para a expansão da oferta de combustíveis líquidos, são elementos presentes na estratégia brasileira de preservar limpas suas matrizes.

E, ao lado disso, a expansão da produção doméstica de petróleo e gás natural, com perspectivas concretas de exportação de volumes expressivos de óleo, permitirá que o país se consolide como importante *player* no cenário energético mundial.

Nessas condições, considerando ainda as dimensões da economia brasileira, o equilíbrio macroeconômico conquistado e consolidado nos últimos 20 anos, a histórica estabilidade político-administrativa que o país apresenta, reconhecido como a maior democracia do hemisfério sul, tem-se reunidos os ingredientes essenciais para que o país possa superar adequadamente os desafios que se apresentam em face da expansão da demanda por energia. E, em adição, deve-se convir que essas condições reservam para o país um papel relevante no cenário mundial, na discussão da agenda energética proposta, de privilegiar as fontes renováveis e limitar emissões de gases de efeito estufa.

MAURICIO TIOMNO TOLMASQUIM · Engenheiro de Produção – UFRJ, Economista – UERJ, Mestre em Planejamento Energético – COPPE/UFRJ, Doutor em Economia do Desenvolvimento pela École des Hautes Études en Sciences Sociales – EHESS/Paris. É presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE); membro do Conselho Nacional de Política Energética e do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico. Foi Secretário-Executivo do Ministério de Minas e Energia, coordenador do grupo técnico de formulação e implementação da reforma institucional do setor elétrico; membro do grupo de trabalho que elaborou o novo marco regulatório do Pré-Sal.

AMILCAR GUERREIRO · Engenheiro de produção pela UFRJ, pós-graduado em Planejamento Energético (COPPE) e Engenharia Econômica (UERJ) e extensão em Desenvolvimento de Executivos para a Alta Administração do Setor Elétrico (USP). É diretor de Estudos de Economia da Energia e Meio Ambiente da EPE. Foi Secretário de Energia do MME e coordenador do Comitê Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (CCPE) e do grupo de energia do Mercosul. Foi gerente executivo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.