

A Política Energética do Brasil

ALTINO VENTURA FILHO

I. INTRODUÇÃO

■ Este artigo apresenta as “Políticas e Diretrizes” do Ministério de Minas e Energia para a expansão do Sistema Energético Nacional. Para um melhor entendimento destas políticas e diretrizes são apresentados os montantes de utilização dos diversos energéticos no Brasil, o que permite visualizar as prioridades estabelecidas para as diversas fontes de energia. Serão consideradas as matrizes nacionais de oferta de energia e de oferta de energia elétrica, com uma comparação com as equivalentes mundiais. Isto permite avaliar a energia brasileira no contexto internacional, evidenciando a favorável situação nacional.

A matriz de “oferta de energia” apresenta o montante de energia desagregado pelas fontes energéticas primárias, existentes na natureza, como por exemplo, petróleo, carvão mineral, gás natural, hidráulica, nuclear (urânio) e outras. Uma parcela importante desta oferta de energia é transformada em energia elétrica, forma mais adequada de utilização por parte dos consumidores, em diversos contextos. Toda a energia oriunda da hidráulica e da nuclear e parte da dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural) é transformada em energia elétrica. Assim surge a matriz de “oferta de energia elétrica” que apresenta o montante de energia elétrica desagregado pelas diversas fontes.

Será apresentada uma análise do quadro atual, nesta segunda década do século XXI, e da evolução histórica da energia no Brasil e no Mundo. As perspectivas de expansão dos sistemas energéticos brasileiros são apresentadas para as próximas décadas.

As análises das matrizes energéticas considerarão as participações das fontes renováveis e dos combustíveis fósseis, estes últimos responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa, relacionados com o aquecimento global e com as mudanças

climáticas do planeta. As relações entre as ofertas e os consumos de energia, por um lado, e a economia e a população, por outro lado, serão também consideradas.

Estas análises exigirão uma quantidade expressiva de dados e parâmetros, necessária para um entendimento destas políticas e diretrizes do Setor Energético Brasileiro. Isto vai requerer certa paciência e compreensão do leitor.

2. O BRASIL NO CONTEXTO ENERGÉTICO MUNDIAL ATUAL

■ O Brasil, no ano de 2013, possuía uma população de 202 milhões de habitantes, 2,8% dos 7,1 bilhões do Mundo. De cada 1.000 habitantes do planeta, 22 eram brasileiros, naquele ano. As taxas de crescimento anuais médias da população, no período 2000/2013, foram de 1,3% para o Brasil e de 1,2% para o Mundo, similares neste início do século XXI.

O Produto Interno Bruto – PIB brasileiro, no ano de 2013, em US\$ de 2011-ppp, foi de US\$2,9 trilhões, 2,9% do mundial de US\$98,8 trilhões (participação nacional no mundo semelhante à da população). O PIB anual per capita (PIB/hab) nacional, neste ano, foi de US\$14.443/hab, 4,1% superior ao mundial de US\$13.872/hab.

As Figuras I e II a seguir apresentam as comparações entre as matrizes de oferta de energia e a de oferta de energia elétrica do Brasil e do Mundo, no ano de 2013.

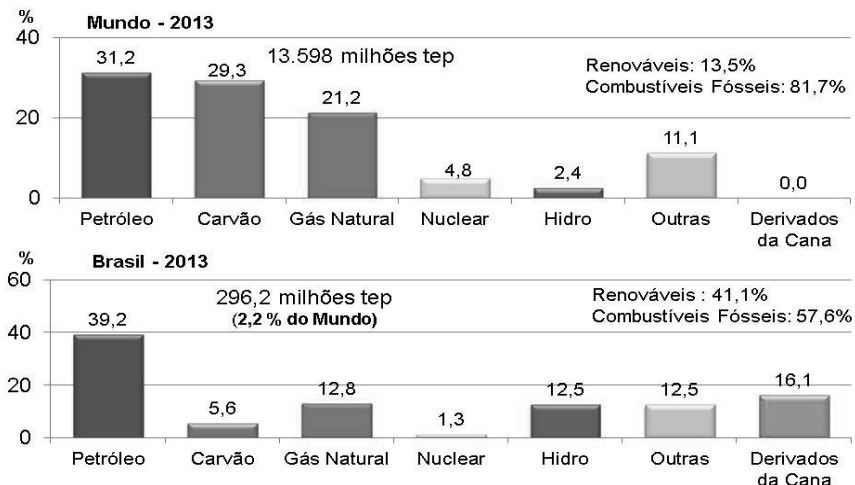
O setor energético brasileiro apresentou-se de forma bastante favorável, neste ano, quanto à participação das fontes renováveis na matriz de oferta interna de energia, no patamar de 41,1%, diante do valor mundial de apenas 13,5%. No caso da matriz de oferta de energia elétrica, estas participações foram de 78,4% e 21,6%, para o Brasil e o Mundo, respectivamente.

Quanto ao uso dos combustíveis fósseis, por outro lado, o Brasil também se apresentou de forma bastante favorável, com uma participação de 57,6% na matriz de oferta interna de energia, diante do valor mundial de 81,7%. No caso da matriz de oferta de energia elétrica, estas participações foram de 19,2% e 67,7%, para o Brasil e Mundo, respectivamente.¹

O Brasil, em relação ao Mundo, quanto aos setores de “energia” e de “energia elétrica”, já pode ser considerado com uma economia de “baixo carbono”, com um desenvolvimento sustentável, quanto ao uso eficiente dos recursos naturais, inclusive os energéticos, com fontes renováveis.

1

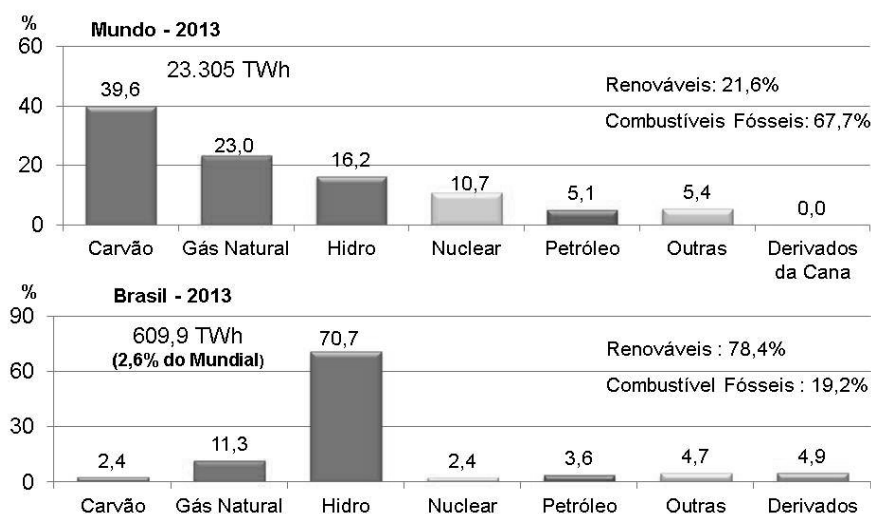
FIGURA I. Matriz de oferta de energia – Ano 2013. Mundo x Brasil (%)



Fonte IEA MME/BEN.

Considerando as matrizes de oferta de energia e de oferta de energia elétrica e os respectivos consumos, os valores para o Brasil e para o Mundo, no ano de 2013, foram os seguintes:

FIGURA II. Matriz de oferta de energia elétrica – Ano 2013. Mundo x Brasil (%)



Fonte IEA MME/BEN.

■ Energia

Oferta de 296,2 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) no Brasil e 13.598 milhões de tep no Mundo. A oferta brasileira responde por 2,2% da mundial (abaixo da participação nacional na economia mundial). Estas ofertas de energia relacionadas com a população e com a economia apresentaram os seguintes índices:

- 1) Brasil, com 1,47 tep/hab (oferta de energia anual per capita) e Mundo com 1,91 tep/hab. O índice nacional foi de 77% do correspondente mundial, baixo, em parte explicado pelo reduzido uso de aquecimento ambiental no Brasil e pelas perdas na geração térmica no Mundo;
- 2) Brasil, com 0,102 tep/mil US\$ de PIB (conteúdo da oferta de energia no PIB) e Mundo com 0,138 tep/mil US\$ de PIB. O índice nacional foi de 74% do mundial.

■ Energia Elétrica

Oferta de 609,9 TWh no Brasil e 23.305 TWh no Mundo. A oferta brasileira responde por 2,6% da energia elétrica mundial (abaixo da participação nacional na economia mundial). Os consumos finais, associados a estas ofertas, relacionados com a população e com a economia apresentaram os seguintes índices:

- 1) Brasil, com 2.410 kWh/hab (consumo final de energia elétrica anual per capita) e Mundo com 2.720 kWh/hab. O índice nacional foi de 89% do mundial, baixo, também em parte explicado pelo reduzido uso de aquecimento ambiental no Brasil;
- 2) Brasil, com 0,167 kWh/US\$ de PIB (conteúdo do consumo final de energia elétrica no PIB) e Mundo com 0,196 kWh/US\$ de PIB. O índice nacional foi de 82% do mundial.

3. EVOLUÇÃO DO CONTEXTO ENERGÉTICO DO BRASIL E DO MUNDO NO PERÍODO 1980/2013

■ A análise da evolução das matrizes energéticas, a partir da década de 1980, deve ser considerada e elaborada devido aos três eventos que ocorreram na década de 1970 e que impactaram os setores energéticos e as políticas mundiais de aproveitamento dos recursos naturais do planeta, inclusive os energéticos. Estes eventos foram os seguintes:

Conferência da ONU – Organização das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável, em Estocolmo/Suécia, de junho/1972: Nesta

conferência, a sociedade internacional iniciou uma discussão das questões relacionadas com os conceitos de desenvolvimento sustentável, de impactos ambientais da ação do homem e do uso eficiente dos recursos naturais, inclusive os energéticos. Estes temas tiveram uma importância crescente nas últimas décadas, no contexto da “economia de baixo carbono”, quanto às emissões de gases de efeito estufa, ao aquecimento global e às mudanças climáticas.

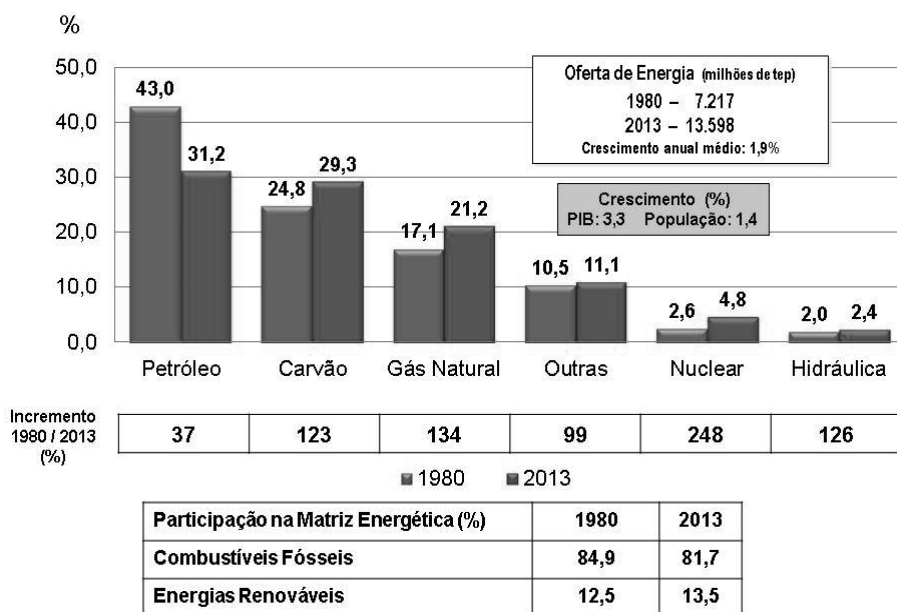
Dois “Choques” do Petróleo: O choque de 1973, elevação do preço do petróleo de 3 para 12 US\$/barril (aumento de 4 vezes), e o de 1979, com nova elevação de 12 para 40 US\$/barril (aumento de 3,5 vezes), em moedas dos respectivos anos. Estes eventos estabeleceram novos patamares de preços da energia no Mundo, considerando a importância do petróleo, uma “commodity” amplamente utilizada e com expressivo comércio entre países produtores e consumidores. A importância do petróleo pode ser avaliada pela sua elevada participação na oferta de energia no Mundo: em 1980, último ano da década de 1970, de 43% (seguida do carvão mineral com 27%) e em 2013 de 31% (seguida do carvão mineral com 29%).

Acidentes Nucleares de Grande Magnitude: O primeiro na década de 1970, em 28/03/79, na nuclear de Three Mile Island, na Pensilvânia, Estados Unidos. Este acidente foi de nível 5 na Escala Internacional de Eventos Nucleares – INES, de 0 a 7. Os outros dois acidentes ocorreram nas décadas seguintes, na nuclear de Chernobyl, na Ucrânia, antiga URSS, em 25/04/86, de nível 7 e o da nuclear de Fukushima, no Japão, em 11/03/2011, de nível 5. Estes acidentes provocaram uma desaceleração nos programas de usinas nucleares no Mundo, com priorização de outras opções para a produção de energia elétrica, em particular o carvão mineral e o gás natural, combustíveis fósseis emissores de gases de efeito estufa. O carvão mineral produz atualmente 39,6% da energia elétrica mundial e o gás natural 23,0%. Grande parcela desta produção poderia ter sido oriunda de geração nuclear, sem emissão de gases de efeito estufa.

3.1 Energia no Mundo – Período 1980/2013:

Neste período de 33 anos, ocorreram modificações estruturais importantes, nas matrizes energéticas do Mundo e do Brasil, devido às políticas adotadas após os eventos da década de 1970 anteriormente relatados. As Figuras III e IV apresentam as evoluções das matrizes de oferta de energia e de oferta de energia elétrica do Mundo, no período 1980/2013.

FIGURA III. Matriz de oferta de energia do mundo.
Participação das fontes (%). Período 1980/2013



Na matriz de oferta de energia do Mundo, a participação dos combustíveis fósseis apresentou uma pequena redução neste período, evoluindo de 84,9% em 1980 para 81,7% em 2013, evidenciando que o Mundo continua prioritariamente atendendo suas demandas energéticas com combustíveis fósseis. A redução da participação do petróleo foi significativa, de 43,0% para 31,2%, e ocorreram elevações de cerca de 4% nas participações do carvão mineral e do gás natural. A nuclear evoluiu de 2,6% para 4,8%. A participação das fontes renováveis teve uma pequena elevação, de 12,5% para 13,5%. Todos os energéticos elevaram em termos absolutos os respectivos montantes de oferta, com o petróleo com o incremento mínimo de 37% e a nuclear com o incremento máximo de 248%.

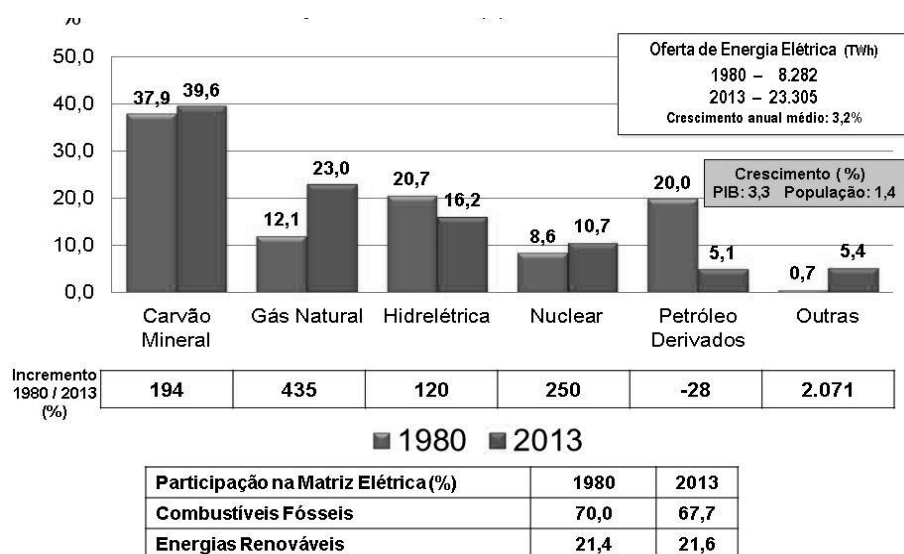
Na matriz de oferta de energia elétrica, a participação dos combustíveis fósseis apresentou uma pequena redução neste período, de 70,0% para 67,7%, nos anos de 1980 e 2013 respectivamente. O petróleo teve uma redução expressiva na produção de energia elétrica no Mundo, de 20,0% para 5,1%, nos mesmos anos, tendo ocorrido uma elevação significativa da participação do gás natural, de 12,1% para 23,0%. A participação das fontes renováveis manteve-se constante no período, no patamar de 21%. Todos os energéticos elevaram em termos absolutos

os respectivos montantes de oferta (exceto o petróleo e derivados, com redução de 28%), a hidroelétrica com o incremento mínimo de 120% e outras renováveis, com o incremento máximo de 2.071%.

A oferta de energia do Mundo, nas últimas décadas, inclusive na atual, está majoritariamente baseada nos combustíveis fósseis – petróleo, carvão mineral e gás natural, atualmente de 81,7% do total. Esta grande utilização de combustíveis fósseis é explicada por cinco aspectos principais destes energéticos:

- 1) grande disponibilidade de recursos, particularmente do carvão mineral;
- 2) vantajosa competitividade econômica e ambiental (exceto as emissões de CO₂ e mudanças climáticas) com outras fontes energéticas primárias;
- 3) favorável viabilidade técnica e econômica do seu transporte, inclusive a longas distâncias (o comércio de energia é um dos maiores do mundo);
- 4) adequada tecnologia, plenamente desenvolvida, para o seu diversificado aproveitamento energético;
- 5) “facilidade” de produzir, a partir destes combustíveis, a energia na forma de calor, utilizado diretamente pelos consumidores ou facilmente transformado em outras formas de energia, mais convenientes para o usuário, como exemplo, a energia elétrica das usinas térmicas convencionais.

FIGURA IV. Matriz de oferta de energia elétrica do mundo. Participação das fontes (%). Período 1980/2013



As emissões de CO₂ do setor energético mundial, por unidade de energia ofertada, foram de 2,502 tCO₂/tep em 1980 e de 2,373 tCO₂/tep em 2013, com redução de apenas 5% nestes índices. Quanto aos valores absolutos, as emissões do setor energético mundial atingiram 18.055 milhões de toneladas de CO₂ em 1980 e de 32.270 milhões de toneladas de CO₂ em 2013, com uma taxa de crescimento anual média de 1,8%, quase idêntica à do crescimento da oferta de energia de 1,9%. O Mundo está elevando em termos absolutos as emissões de gases de efeito estufa do setor energético, ao contrário dos discursos das reuniões internacionais que tratam do tema do aquecimento e das mudanças climáticas do planeta. Os esforços internacionais para redução das emissões de CO₂ no setor energético ainda não apresentaram resultados satisfatórios até o momento.

3.2 Energia no Brasil – Período 1980/2013

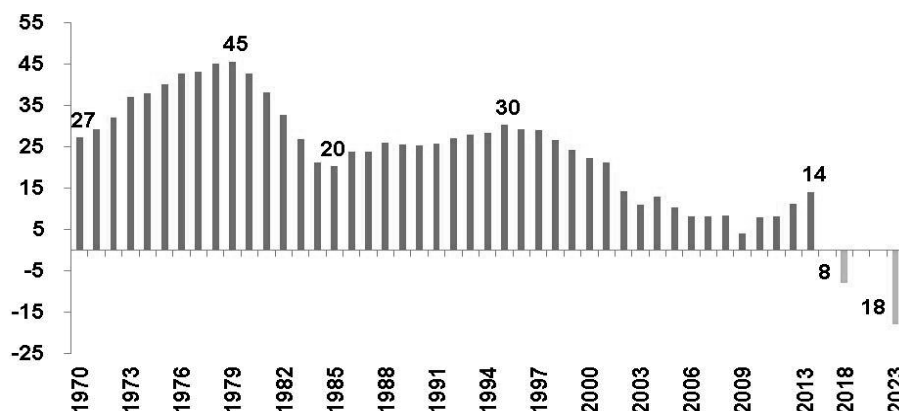
O Brasil foi importador de energia no período 1980/2013, de petróleo, de gás natural, de energia elétrica da parcela paraguaia de Itaipu e de carvão mineral para a siderurgia. A Figura V apresenta a parcela de importação de energia na oferta interna total nacional, no horizonte 1970/2013, e as perspectivas de exportação para 2018 e 2023, conforme o Plano Decenal de Expansão 2013/2023.

Na década de 1970, a situação energética brasileira era de grande dependência externa, com o recorde de importação (majoritariamente de petróleo), no ano de 1979, de 45% da oferta interna de energia. Neste ano, a participação do petróleo era de 50% e da lenha/carvão vegetal de 27%, totalizando estes dois energéticos quase 80% da oferta interna de energia. A lenha/carvão vegetal era utilizada pela população rural, opção para cocção de alimentos. A elevada participação do petróleo resultou das políticas adotadas nas décadas anteriores a de 1970, baseadas nos reduzidos preços deste combustível.

Esta matriz energética não tinha sustentabilidade econômica nem ambiental, com o País fortemente dependente do exterior, com a produção nacional de petróleo de apenas 20% da demanda deste energético. Os pagamentos da importação de petróleo, com preços elevados após os dois choques da década de 1970, foram parcialmente viabilizados por empréstimos externos e ocorreram num período em que o Brasil estava com déficit nas balanças comercial e de pagamento, influenciada inclusive pela importação deste petróleo. Isto provocou grandes dificuldades econômicas e financeiras ao País, durante toda a década de 1980. Esta foi uma das causas, entre outras, da chamada década perdida de 1980, tendo o PIB/

hab de 1990, registrado um valor inferior ao de 1980, contexto agravado pela má distribuição de renda daquela época.

FIGURA V. Brasil – energia. Energia – Autossuficiência / Importação e exportação. Parcela de Importação da Oferta Interna de Energia (%)



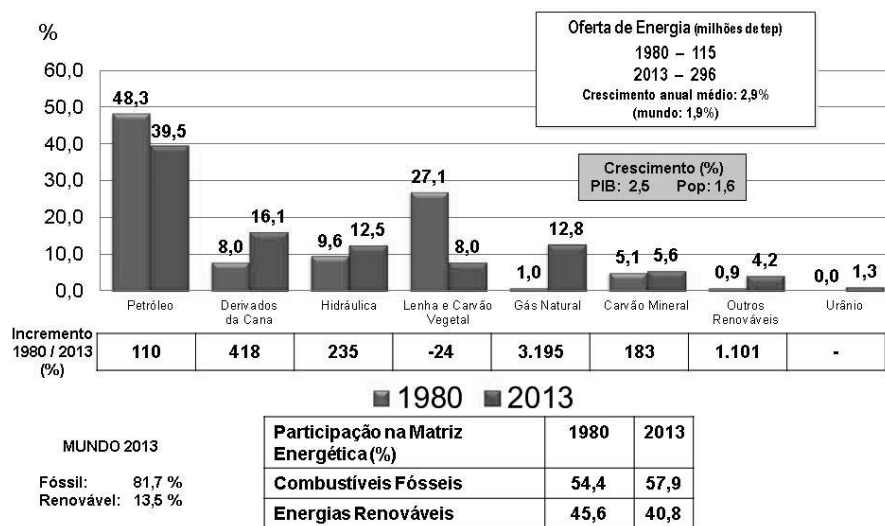
As políticas energéticas adotadas, com prioridade para o uso do petróleo e da lenha/carvão vegetal, teriam que ser modificadas, considerando os contextos energéticos mundiais e brasileiro, resultante dos eventos impactantes anteriormente referidos. Estas novas políticas energéticas do Brasil foram adotadas nas últimas décadas e mantidas atualmente e resumidamente foram as seguintes:

- ELETROBRÁS – priorizou a construção de usinas hidroelétricas de médio e de grande porte (Itaipu, Tucuruí, Xingó, Belo Monte e outras). O sistema gerador de energia elétrica nacional, nas duas décadas finais do século XX, tornou-se quase que exclusivamente hidroelétrico, promovendo a independência nacional no setor de energia elétrica, com um recurso renovável, competitivo, ambientalmente favorável e com tecnologia própria.
- PETROBRAS – priorizou a prospecção de petróleo no mar, onde se encontram os principais recursos deste combustível no Brasil. Inicialmente o petróleo da Bacia de Campos, em lâminas d’água de pequenas e médias profundidades, para em seguida, mais recentemente, o Pré-sal em águas profundas, com tecnologia nacional já plenamente desenvolvida. Isto garantirá a autossuficiência energética brasileira nos setores de petróleo e de gás natural, com a previsão do País se tornar um importante exportador destes energéticos, conforme o Plano Decenal de Expansão 2013/2023.

- Pro Álcool – Os derivados energéticos da cana-de-açúcar, etanol e bagaço, foram priorizados a partir de meados da década de 1970, no contexto da indústria do açúcar. O etanol, combustível líquido não derivado do petróleo, recurso renovável, utilizado em veículos leves, substituindo a gasolina. O bagaço também renovável, utilizado na produção de calor na indústria de açúcar e álcool, e adicionalmente na geração de energia elétrica, suprimindo as demandas desta indústria, com excedentes para o sistema elétrico nacional, em cogeração de forma competitiva. Os derivados energéticos da cana-de-açúcar são atualmente a segunda fonte, depois do petróleo, na matriz de oferta de energia nacional.

A Figura VI apresenta a evolução da matriz de oferta de energia do Brasil, no período 1980/2013.

FIGURA VI. Matriz de oferta de energia do Brasil. Participação das fontes (%). Período 1980/2013



Fonte IEA e MME/BEN.

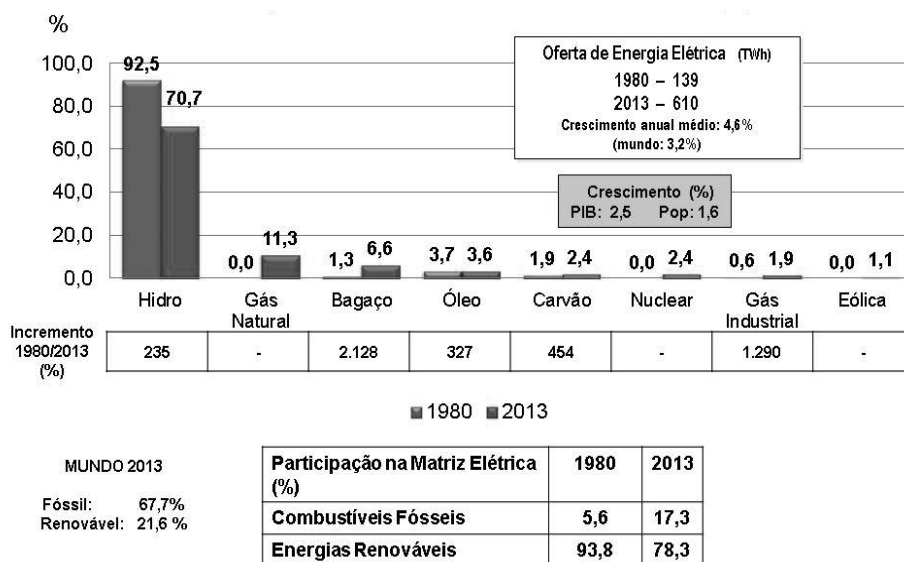
O Brasil teve um crescimento anual médio de 2,9% na oferta interna de energia, com participações das fontes renováveis de 45,6% e de 40,8%, e da dos combustíveis fósseis de 54,4% para 57,9%, em 1980 e 2013 respectivamente. As correspondentes participações mundiais foram de 12,5% e 13,5% para as fontes renováveis e 84,9% e 81,7% para os combustíveis fósseis, nestes anos. A redução

da participação das fontes renováveis se deve à introdução do gás natural e à substituição da lenha no setor residencial pelo gás de cozinha, com a urbanização do País. Apesar disto, o Brasil continua com uma matriz energética limpa e sustentável, em relação à mundial, com elevada participação de fontes renováveis e reduzido uso de combustíveis fósseis.

As emissões de CO₂ do setor energético brasileiro, por unidade de energia ofertada, foram de 1,552 tCO₂/tep (inferior em 38% ao mundial de 2,502) em 1980 e de 1,555 tCO₂/tep (inferior em 34% ao mundial de 2.373) em 2013, tendo este índice se mantido constante no Brasil neste período. Quanto aos valores absolutos, as emissões do setor energético nacional atingiram 178 milhões de toneladas de CO₂ em 1980 e de 461 milhões de toneladas de CO₂ em 2013, com uma taxa de crescimento anual média de 2,9%, idêntica à da oferta de energia.

A Figura VII apresenta a evolução da matriz de oferta de energia elétrica do Brasil, no período 1980/2013.

FIGURA VII. Matriz de oferta de energia elétrica do Brasil. Participação das fontes. Período 1980/2013 (%)



O crescimento anual médio na oferta de energia elétrica foi de 4,6% (significativamente superior ao da oferta de energia total de 2,9%), com a participação das fontes renováveis evoluindo de 93,8% para 78,3% e da dos combustíveis

fósseis de 5,6% para 17,3%, nos anos de 1980 e 2013 respectivamente. Estas modificações são em parte explicadas pela introdução do gás natural na geração de eletricidade.

Neste longo período de 33 anos, 1980/2013, as matrizes brasileiras de oferta de energia e de oferta de energia elétrica apresentaram modificações nas participações das diversas fontes, conforme exposto a seguir. Estas modificações e os respectivos crescimentos absolutos permitem visualizar as prioridades e as políticas energéticas adotadas no Brasil:

■ **Brasil/Matriz de Oferta Interna de Energia:**

- 1) Redução significativa do petróleo e derivados, de 48,3% para 39,5%. Este último valor é superior ao atual do Mundo de 31,2%;
- 2) Elevação significativa dos derivados da cana-de-açúcar (etanol e bagaço), de 8,0% para 16,1%. Esta fonte é atualmente a segunda na matriz de oferta de energia brasileira, depois do petróleo;
- 3) Elevação da hidroeletricidade, de 9,6% para 12,5%, com o grande programa nacional de usinas deste tipo;
- 4) Redução expressiva da lenha e do carvão vegetal, de 27,1% para 8,0%. Neste período, este foi o único energético que reduziu seu montante, em 24%, com a crescente urbanização e a priorização de outras fontes mais eficientes;
- 5) Elevação expressiva do gás natural, de 1,0% para 12,8%, a partir de uma maior oferta deste combustível;
- 6) Carvão mineral evoluindo de 5,1% para 5,6%;
- 7) Elevação de outras renováveis de 0,9% para 4,2%;
- 8) Elevação da nuclear de 0,0% para 1,3% com as unidades de Angra I e Angra II.

Todos os energéticos, exceto a lenha/carvão vegetal, elevaram em termos absolutos, os respectivos montantes de oferta, que em valores crescentes, foram os seguintes: petróleo (110%), carvão mineral (183%), hidráulica (235%), derivados energéticos da cana-de-açúcar (418%), outras renováveis (1.101%) e gás natural (3.195%).

■ **Brasil/Matriz de Oferta de Energia Elétrica:**

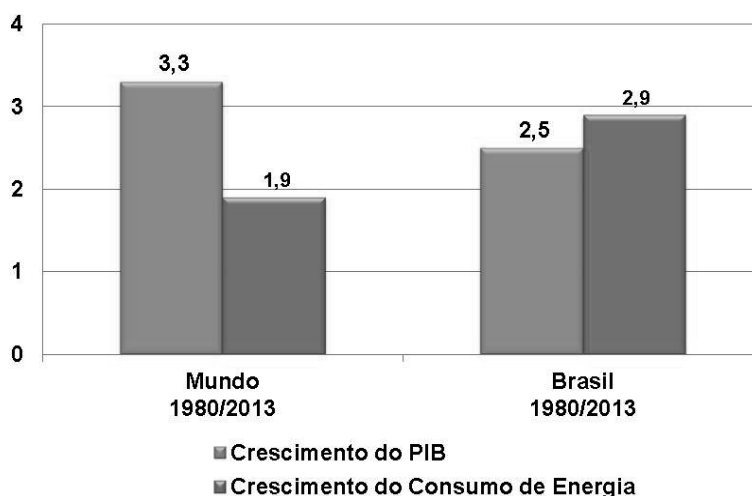
- 1) Redução significativa da hidroeletricidade, de 92,5% para 70,7%, com a política de diversificar esta matriz, com a inclusão de outras fontes renováveis e a geração térmica a gás natural e nuclear;
- 2) Elevação significativa do gás natural de 0,0% para 11,3%;

- 3) Elevação significativa do bagaço da cana de 1,3% para 6,6%;
- 4) Elevação da nuclear de 0,0% para 2,4%;
- 5) Elevação da eólica de 0,0% para 1,1%;
- 6) Preservação dos derivados de petróleo, no nível de 3,6%;
- 7) Elevação do carvão de 1,9% para 2,4%;
- 8) Elevação do gás industrial de 0,6% para 1,9%.

Todos os energéticos elevaram, em termos absolutos, os respectivos montantes de oferta, que em valores crescentes foram os seguintes: hidroelétrica (236%), derivados de petróleo (327%), carvão mineral (454%), gás industrial (1.290%) e bagaço da cana-de-açúcar (2.128%).

A relação entre crescimento econômico e consumo de energia, no Mundo e no Brasil apresentou um comportamento bastante distinto, neste período 1980/2013, conforme a Figura VIII. No Mundo, o crescimento do consumo de energia foi bem inferior ao da economia, de 1,9% e 3,3% respectivamente, com uma elasticidade de 0,59. No Brasil, ocorreu o oposto, com um crescimento do consumo de energia superior ao da economia, de 2,9% e 2,5% respectivamente, com uma elasticidade de 1,16. O Brasil, em relação ao Mundo, evoluiu sua economia com um maior “conteúdo energético” no PIB. Isto em parte pode ser explicado pela inclusão de indústrias intensivas em energia no Brasil, neste período.

FIGURA VIII. Economia e oferta de energia. Taxa de crescimento anual média. Período 1980/2013



4. PERSPECTIVAS DE EVOLUÇÃO DO SISTEMA ENERGÉTICO NACIONAL

4.1 Aspectos Gerais

■ O Brasil apresenta condições favoráveis para o crescimento da sua economia, pois o País possui muitos recursos naturais, amplas possibilidades de expansão da fronteira agrícola, na produção de alimentos e de energia, grande mercado interno e adequada inserção internacional. Este contexto facilitará uma expansão sustentada da economia brasileira nas próximas décadas, com uma elevação significativa do PIB/hab. O setor energético nacional deverá também ter um crescimento expressivo neste período, inclusive para viabilizar a expansão da economia.

O Plano Nacional de Energia 2050, em fase de desenvolvimento, adota um cenário de crescimento sustentado da economia e do setor energético, próximas décadas. Neste cenário, a oferta de energia deve crescer 70% no horizonte dos próximos 15 anos, de 2015 a 2030 e de 40% no horizonte dos vinte anos seguintes, de 2030 a 2050. Nesta hipótese, os consumos finais de energia e de energia elétrica brasileiros alcançariam patamares de cerca de 600 milhões de tep (280 milhões, em 2013) e 1.600 TWh (600 TWh, em 2013). Os consumos de energia e de energia elétrica per capita no Brasil, neste horizonte 2050, seriam similares aos atuais de países do primeiro mundo, como Japão, França e Alemanha e inferiores ao dos Estados Unidos. Estes índices brasileiros de longo prazo podem ser considerados adequados para uma sociedade que busca uma melhor qualidade de vida da sua população.

A oferta de energia, com competitividade e qualidade, é condição necessária para que a expansão da economia ocorra. O Brasil possui amplos recursos energéticos, de todas as fontes, em quantidades suficientes, para atender as demandas de longo prazo. O grande desafio do setor energético nacional é viabilizar sua expansão física, considerando os elevados investimentos necessários à implantação dos empreendimentos, que são de alta capitalização e longo prazo de maturação, e com preservação do meio ambiente.

Nas últimas décadas, duas fontes energéticas renováveis foram priorizadas, a hidroelétrica e os derivados energéticos da cana-de-açúcar. No início da década atual surgiu a eólica e neste ano de 2014 a solar fotovoltaica.

Estas quatro fontes renováveis apresentam, no contexto brasileiro, as seguintes características que justificam as respectivas prioridades:

- 1) grande disponibilidade de recursos energéticos;
- 2) competitividade econômica vantajosa em relação às outras opções;
- 3) tecnologia nacional dominada para seu completo aproveitamento, fases de planejamento, de projeto, de implantação – obras civis e montagem, de operação/manutenção, da fabricação de equipamentos e do gerenciamento de todo o projeto de desenvolvimento do empreendimento, necessitando alguns avanços tecnológicos na eólica e principalmente na solar;
- 4) viabilidade ambiental vantajosa, quando comparada com outras opções;
- 5) baixas emissoras de gases de efeito estufa;
- 6) outros benefícios distintos da produção de energia elétrica, particularmente no caso da hidroelétrica (uso múltiplo do recurso hídrico).

A seguir, alguns detalhes e considerações sobre estas fontes energéticas e as correspondentes políticas para o seu aproveitamento, no contexto brasileiro.

■ Hidroeletricidade

Esta fonte foi priorizada no Brasil desde a década de 60 do século passado, com a atuação da ELETROBRAS. Trata-se da fonte mais adequada para a produção de eletricidade no Brasil, sendo atualmente a mais econômica, com custos da energia produzida, considerados pelo planejamento, na faixa de R\$80,00/MWh (grandes usinas na região norte) a R\$120,00/MWh. O potencial hidrelétrico brasileiro é de 260 GW, sendo o 4º do mundo, após os da China, da Rússia e dos Estados Unidos, estes dois últimos ligeiramente superiores ao brasileiro. Os estudos de planejamento consideram apenas 180 GW deste potencial como aproveitável até o ano 2030. Os 80 GW adicionais, considerando a legislação nacional sobre o meio ambiente, apresentam dificuldades para o seu aproveitamento, com diversos empreendimentos localizados em terras indígenas, em parques nacionais, em reservas florestais e em alguns casos de preservação ambiental total. Em várias destas áreas, não é permitido desenvolver estudos de inventário e de viabilidade das bacias hidrográficas e das usinas hidroelétricas.

Cerca de 40% do potencial hidrelétrico nacional encontra-se na Região Norte/Amazônica, com grande parcela ainda não aproveitada. A continuidade do programa hidrelétrico nacional nos próximos anos, portanto, passa pela construção de usinas nos rios da Região Norte, como está ocorrendo, no Madeira, no Xingú e futuramente no Tapajós. Estas usinas estão distantes dos centros de carga, o que exige sistemas de transmissão de longa distância, podendo alcançar

até 2.500 km. A alternativa geração/transmissão das usinas da Amazônia é competitiva com outras opções de geração próximas dos centros de carga do sistema interligado nacional. Uma vantagem das hidroelétricas é o período de operação das usinas ser muito superior aos 30/50 anos adotados nas avaliações econômicas. No longo prazo, uma usina hidrelétrica estará totalmente amortizada e terá custos exclusivamente de operação/manutenção, cerca de 20% do custo total da energia produzida, quando se considera o investimento não amortizado. No médio prazo, isto dará ao Brasil uma grande vantagem competitiva com os demais países do Mundo.

■ Derivados Energéticos da Cana-de-Açúcar

O programa da agro-energia foi iniciado e priorizado a partir de meados da década de 70, com o Pró-Álcool. Ele foi concebido como uma alternativa para reduzir a dependência do País do petróleo, que representava na época importações em patamares de cerca de 80% das necessidades nacionais deste energético. O projeto de produção e utilização do etanol e da biomassa, na forma de bagaço da cana-de-açúcar, é um programa energético com viabilidade técnica, econômica e ambiental comprovada. Trata-se do único programa de grande porte no mundo de uma fonte renovável de combustíveis líquidos, não derivados do petróleo, com baixa emissão de gases de efeito estufa. Além do emprego do etanol, no setor de transporte, substituindo a gasolina em veículos leves, o bagaço é utilizado na produção de calor e eletricidade, em cogeração eficiente na indústria do açúcar e do álcool, com excedentes para o sistema elétrico, em condições competitivas com os custos marginais de expansão do parque gerador nacional. A agro-energia, no caso brasileiro, não compete com a produção de alimentos, em função das disponibilidades atuais e futuras de áreas para produção de alimentos e de energia, considerando as dimensões continentais do País. Outro aspecto importante a destacar é que o cultivo atual e futuro da cana-de-açúcar é implementado em áreas distantes dos ecossistemas que o País deve preservar, como a floresta tropical úmida amazônica e o pantanal. As áreas utilizadas para o cultivo da cana-de-açúcar encontram-se no Sudeste e no Nordeste, distantes mais de 2.000 km destes ecossistemas.

■ Eólica

Esta fonte iniciou seu desenvolvimento no Brasil a partir do PROINFA, no ano de 2005, juntamente com as Pequenas Centrais Hidroelétricas e a Biomassa. Naquela ocasião, a eólica apresentava o maior custo por unidade de energia pro-

duzida, valor que com a atualização monetária alcança atualmente patamares superiores a R\$300,00/MWh. Neste período, em função de evolução tecnológica, torres mais altas, de 50 metros para mais de 100 metros, elevação da capacidade unitária dos geradores e economias de escala, além do fato que os ventos no Brasil são muito favoráveis, os custos reduziram-se significativamente, para patamares considerados no planejamento de R\$130,00/MWh. Atualmente é a segunda fonte em competitividade no País, depois da hidroelétrica. A eólica apresenta uma complementariedade com a geração hidroelétrica, com ventos mais favoráveis nos períodos de vazões reduzidas nos rios nacionais e o inverso. Adicionalmente a energia produzida pode ser armazenada nos reservatórios, na forma de estoque de água, através de medidas operativas. Esta alternativa deve se desenvolver de forma sustentável, nas próximas décadas.

■ Solar

O Brasil apresenta condições favoráveis para a utilização da energia solar fotovoltaica, em função da disponibilidade de sol na maior parte do território nacional, durante muitas horas do dia e durante todos os meses do ano. A produção de energia elétrica desta fonte é mais eficiente no Brasil do que em países Europeus, na China e outros que não possuem as favoráveis condições climáticas brasileiras. Com isto, a opção fotovoltaica se torna mais competitiva no Brasil, com fatores de capacidade anuais superiores aos dos países de clima frio e com menor incidência solar. A solar fotovoltaica ainda não é plenamente competitiva no Brasil, mas as indicações são muito favoráveis quanto às reduções de custos no futuro. Esta fonte energética deverá ter um desenvolvimento sustentável, na forma de geração distribuída junto aos consumidores, com painéis fotovoltaicos nos telhados de residências e de imóveis comerciais e também na forma de geração centralizada. A geração solar fotovoltaica tem uma complementariedade com a geração hidroelétrica e faz um uso adequado de armazenamento da energia produzida na forma de água nos reservatórios do sistema gerador nacional.

4.2 Horizonte do Plano Decenal 2013/2023 –

O Programa de Obras de Geração

■ A implantação do programa de obras de geração se viabiliza após a realização dos leilões que utilizam diretrizes, orientações e prioridades estabelecidas pelo MME, a partir dos estudos de planejamento de longo prazo, com visão estratégica, consolidados no Plano Nacional de Energia. Os estudos de planejamento de

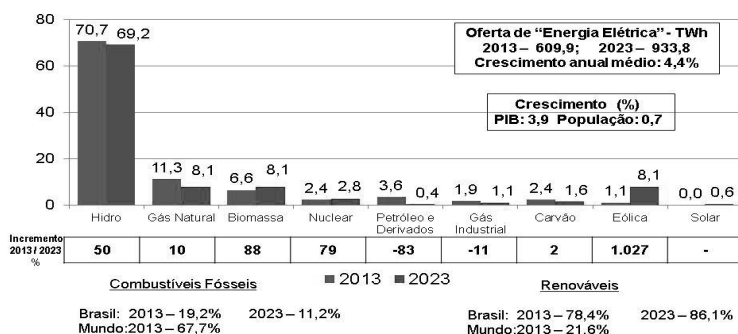
longo prazo são fundamentais para o estabelecimento das políticas dos diversos energéticos e a experiência desenvolvida nestas atividades se mostrou extremamente valiosa, para orientar dentro de critérios técnicos, econômicos e ambientais, as trajetórias de desenvolvimento dos sistemas energéticos nacionais. Isto tem contribuído para o estabelecimento das alternativas energéticas vantajosas para o País, dentro do conceito de desenvolvimento sustentável, com uma oferta de energia para os consumidores, com qualidade e preços adequados. A sistemática dos leilões dos empreendimentos de geração e de transmissão de energia elétrica, por outro lado, além de viabilizar a modicidade tarifária, tem-se mostrado fundamental para a implantação dos programas de obras concebidos nas atividades de planejamento. Como resultados destes leilões, são definidas as concessões e os contratos de venda de energia, entre os agentes de geração e de distribuição, com garantias de pagamentos das receitas previstas, o que reduz as incertezas para o empreendedor/investidor. Isto disponibiliza os capitais e facilita a obtenção dos financiamentos, de instituições como o BNDES, inclusive para os grandes projetos nacionais de geração, como as hidroelétricas da Região Norte/Amazônia e de sistemas de transmissão de longa distância.

As Figuras IX e X apresentam as previsões de evolução da matriz de oferta de energia e da matriz de oferta de energia elétrica nacionais, no período 2013/2023, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2013/2023. A evolução da participação das diferentes fontes deve ser entendida como “tendências” e resultam das políticas energéticas e das diretrizes estabelecidas pelo MME para os futuros leilões, que viabilizarão a implantação do programa de obras. As matrizes energéticas neste horizonte decenal não apresentam modificações estruturais relevantes, sendo mantidas as prioridades das fontes renováveis e a reduzida utilização dos combustíveis fósseis.

Na matriz de oferta de energia nacional, neste horizonte decenal, visualiza-se uma tendência de elevação da participação das fontes renováveis, de 41,0% para 42,5%, diante do valor atual do mundo de 13,5%. Com relação à utilização de combustíveis fósseis, ocorre uma tendência de redução, na participação, de 57,7% para 55,9%, diante do valor mundial atual de 81,7%.

No caso da matriz de oferta de energia elétrica nacional, por outro lado, neste horizonte decenal, visualiza-se também uma tendência de elevação da participação das fontes renováveis, de 78,4% para 86,1%, diante do valor mundial atual de 21,6%. Com relação à utilização de combustíveis fósseis, redução de 19,2% para 11,2%, diante do valor atual mundial de 67,7%.

FIGURA IX. Brasil. Matriz de oferta de energia. Participação das fontes (%).
Período 2013/2023



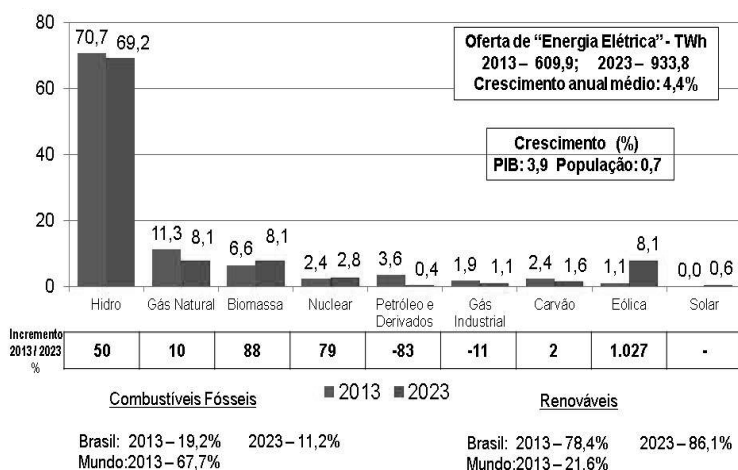
Fonte: Balanço energético nacional e plano 2023.

Destacam-se as seguintes principais alterações nestas matrizes, quanto às participações das distintas fontes energéticas, no período 2013/2023.

■ Matriz de Energia

1ª Fonte/Petróleo – Redução significativa deste energético e seus derivados de 39,2% para 36,7%, neste horizonte decenal. Esta redução fica explicada pelas políticas adotadas de substituí-lo por outras opções mais adequadas, como o gás natural e o etanol.

FIGURA X. Brasil. Matriz de oferta de energia elétrica. Participação das fontes (%).
Período 2013/2023



2ª Fonte/Derivados Energéticos da Cana-de-Açúcar – Elevação de 16,1% para 17,1%, com a continuidade da importância desta segunda fonte da matriz de oferta de energia nacional, com a expansão da indústria de álcool e etanol, no atendimento do mercado nacional e internacional destes produtos. Neste horizonte até 2023, por razões tecnológicas e de custos não está prevista a hidrólise, o etanol de segunda geração.

3ª Fonte/Hidroeletricidade – Elevação de 12,5% para 13,1%, resultante da prioridade desta fonte. No horizonte 2023 será ultrapassada pelo gás natural, tornando-se a 4ª fonte da matriz de oferta de energia nacional.

4ª Fonte/Gás Natural – Elevação de 12,8% para 14,2%, em função da maior oferta deste combustível, com o incremento da produção nacional, em particular o gás natural associado ao petróleo do Pré-Sal. No horizonte 2023, deverá superar a hidroeletricidade, tornando-se a 3ª fonte na matriz de oferta de energia nacional.

5ª Fonte/Lenha e Carvão Vegetal – Redução de 8,3% para 6,1%, com a urbanização da população brasileira, com ganhos de eficiência energética e ambientais, e com utilização de outras fontes mais adequadas.

6ª Fonte/Carvão Mineral – Redução de 5,6% para 5,0%, considerando as emissões de gases de efeito estufa que dificultam a definição de um programa sustentado de maior porte, diante dos compromissos internacionais do Brasil em relação às questões das emissões de gases de efeito estufa, de aquecimento global e mudanças climáticas do planeta.

7ª Fonte/Outras Renováveis – Elevação de 4,2% para 6,2%, compreendendo resíduos industriais e outros e a eólica.

8ª Fonte/Nuclear – Elevação de 1,3% para 1,6%, com a inclusão da usina de Angra III.

■ Matriz de Energia Elétrica

1ª Fonte/Hidroeletricidade – Redução de 70,7% para 69,2% sendo a fonte que, em termos absolutos, apresenta a maior expansão da capacidade instalada no horizonte decenal.

2ª Fonte/Gás Natural – Redução de 11,3% para 8,1%, considerando a disponibilidade do combustível e a competitividade com outras opções.

3ª Fonte/Biomassa, Bagaço – Elevação de 6,6% para 8,1% neste horizonte decenal, considerando a disponibilidade de combustível no contexto da indústria de açúcar e álcool.

4ª Fonte/Nuclear – Elevação de 2,4% para 2,8% com a geração das três usinas nucleares de Angra.

5ª Fonte/Petróleo – Redução significativa de 3,6% para 0,4% em função da política de não utilização deste energético na produção de energia elétrica. Esta redução é conseguida através da incorporação dos sistemas isolados da Região Norte ao Sistema Interligado Nacional, com a redução de óleo diesel e óleo combustível no suprimento destes sistemas. Adicionalmente, as usinas térmicas a derivados de petróleo do Sistema Interligado Nacional operam em complementação, com baixos fatores de capacidade esperados. Este energético passará a ser a 8ª fonte na matriz de oferta de energia elétrica nacional.

6ª Fonte/Gás Industrial – Redução 1,9% para 1,1%. No horizonte 2023 será ultrapassada pelo carvão mineral, tornando-se a 7ª fonte na matriz elétrica nacional.

7ª Fonte/Carvão Mineral – Redução de 2,4% para 1,6%. .

8ª Fonte/Eólica – Elevação expressiva de 1,1% para 8,1%, com a sua vantajosa competitividade. Será a 4ª fonte na matriz de oferta de energia elétrica nacional, no final do horizonte 2023.

9ª fonte/Solar – Elevação de 0,0% para 0,6%, com a expectativa do desenvolvimento sustentável desta fonte, considerando as reduções dos custos e a economia de escala que devem ocorrer no futuro nesta fonte.

No caso da expansão da capacidade instalada no horizonte decenal até 2023, com a evolução da matriz de oferta de energia elétrica apresentada, o Brasil necessitará de 77,2 GW neste período. Esta expansão está sendo planejada prioritariamente com fontes renováveis, 85% do total. Este montante será constituído de 35,0 GW (45%) de hidroelétrica, de 20,4 GW (26%) de eólica, de 6,9 GW (9%) de biomassa e de 4,0 GW (5%) de solar fotovoltaica. As demais fontes, em montantes relevantes são: gás natural com 10,3 GW (14%) e nuclear, Angra II, com 1,4 GW (2%).

4.3 Horizonte de longo prazo – após 2023

■ Neste horizonte de médio e de longo prazo após 2023 e principalmente após 2030, é difícil fazer previsões, diante das incertezas em relação à expansão da economia nacional e do papel da energia no contexto econômico e social do País. A evolução tecnológica que deverá ocorrer e as prováveis modificações no modelo de desenvolvimento e no estilo de vida da sociedade terão uma grande influência nas demandas energéticas.

Assim, no horizonte de longo prazo, serão feitos alguns comentários com indicações de tendências, relacionadas com a evolução das demandas de energia e

com as alternativas de suprimento. O consumo de energia continuará crescendo, provavelmente com taxas mais reduzidas do que as do período até 2023, com valores típicos na faixa de 3%. O Brasil continuará, no entanto, necessitando de uma expansão da capacidade instalada em cerca de 7.000 MW/ano, similar aos do horizonte até 2023.

Na próxima década, até 2030, deverá ocorrer o esgotamento do potencial hidroelétrico nacional aproveitável de 180 GW. A partir deste horizonte, deverão ser acelerados os programas de geração termelétrica, a gás natural, considerando a disponibilidade do combustível, a carvão mineral e nuclear. O carvão mineral deve considerar a evolução tecnológica da queima limpa e eficiente com redução das emissões de CO₂. A geração a gás natural próxima aos centros de carga/consumo, melhora as condições de desempenho dos sistemas de transmissão, e proporciona reserva para atendimento das demandas máximas, elevando a confiabilidade do suprimento.

As fontes alternativas, que o Brasil possui em grandes quantidades, certamente terão um papel relevante, no suprimento das demandas energéticas, visualizando-se um desenvolvimento sustentado destas alternativas. Os programas de eólica e de biomassa do bagaço de cana-de-açúcar deverão prosseguir em ritmo semelhante ao ocorrido no horizonte do Plano Decenal de Expansão 2013/2023. A opção solar para suprimento de eletricidade, com a redução dos custos desta alternativa, deverá se desenvolver de uma forma sustentada, considerando as amplas possibilidades do País com relação a esta fonte.

Os programas de eficiência energética, com avanços tecnológicos, já considerados no horizonte do Plano Decenal anteriormente referido, deverão contribuir para reduzir as demandas de energia, sendo de certa forma, o suprimento de menor custo.

Com relação aos recursos energéticos, o Brasil encontra-se numa situação muito favorável, pois o País dispõe de todas as fontes energéticas primárias, em quantidades superiores às demandas energéticas previstas no longo prazo, de 30/40 anos.

Neste horizonte de longo prazo, os custos da energia, avaliados pelos marginais de expansão do sistema energético nacional, deverão se elevar, em função do País ter que disponibilizar empreendimentos energéticos de custos mais elevados.

ALTINO VENTURA FILHO · Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético do MME. altino.filho@mme.gov.br

BIBLIOGRAFIA

IEA: www.iea.org Link IEA Data Services: <http://data.iea.org/IEASTORE/DEFAULT.ASP>
ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – Department of Energy (EIA/DOE).
Link EIA/DOE: <http://www.eia.doe.gov>

WORLD ENERGY COUNCIL (WEC). Link WEC: <http://www.worldenergy.org/>

WORLD BANK – Key Statistics. Link World Bank: <http://www.worldbank.org/>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Link IBGE:
www.ibge.gov.br

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL / Ministério de Minas e Energia / EPE Link:
http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html

PLANO NACIONAL DE ENERGIA 2030 / Ministério de Minas e Energia/Empresa de
Pesquisa Energética Link: http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html

BOLETINS DE ENERGIA, PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA,
PDE 2023 / Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento
Energético Link: [Http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html)

TECHNOLOGY ROADMAP HYDROPOWER, Internacional Energy Agency e
Ministério de Minas e Energia/Brasil, 2012 Link: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapHydropower.pdf>

THE HYDROELECTRIC POWER OPTION IN BRAZIL ENVIRONMENTAL,
Technological and Economic Aspect, Altino Ventura Filho – 17th Congress of the World
Energy Council, Energy and Technology, Sustaining World Development into the Next
Millennium, Texas, USA, September 1998

VENTURA FILHO, Altino. O Brasil no Contexto Energético Mundial / O Papel das Fontes
Energéticas Renováveis na Produção de Energia Elétrica, Prioridade da Hidroeletricidade;
NAIPPE USP – Núcleo de Análise Interdisciplinar de Políticas e Estratégias da Universidade
de São Paulo, Vol.6, Nova Serie, 2009. Link: http://www.naippe.fm.usp.br/arquivos/livros/Livro_Naippe_Vol6.pdf

VENTURA FILHO, Altino. *Hidroeletricidade e Outras Energias Renováveis*, A Situação
Brasileira no Contexto Internacional. Opção Pela Energia Hidroelétrica (e outras ener-
gias renováveis). Coordenação: João Paulo dos Reis Velloso, INAE, Rio de Janeiro,
2012 [Fórum Especial, setembro/ 2012]. Link: <http://www.forumnacional.org.br/sec.php?s=511&i=pt&cod=LV0096>

VENTURA FILHO, Altino. Energia Elétrica no Brasil: Contexto Atual e Perspectivas –
Revista Interesse Nacional, Ano 6, Número 21, abril – junho de 2013. Link: <http://www.interessenacional.com>