



O PAPEL DA GERAÇÃO NUCLEAR NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

Leonam dos Santos Guimarães
Eletrobras Eletronuclear

A capacidade instalada da matriz elétrica brasileira é composta de, aproximadamente, 85% de origem hidrelétrica e 15% de origem termelétrica (Tabela 1). Esta característica confere uma grande vantagem competitiva ao país, por dispor de uma das maiores reservas de energia elétrica limpa, renovável, barata e economicamente viável do mundo.

Tabela 1 – Capacidade Elétrica Instalada do Sistema Brasileiro

Fonte	MWe	Part (%)
Hidrelétrica*	81.190	85,5
Gás	8.694	9,2
Nuclear	2.007	2,1
Óleo Combustível	1.234	1,3
Carvão Mineral	1.410	1,5
Outras	462	0,5
Potência Instalada	94.996	100,00

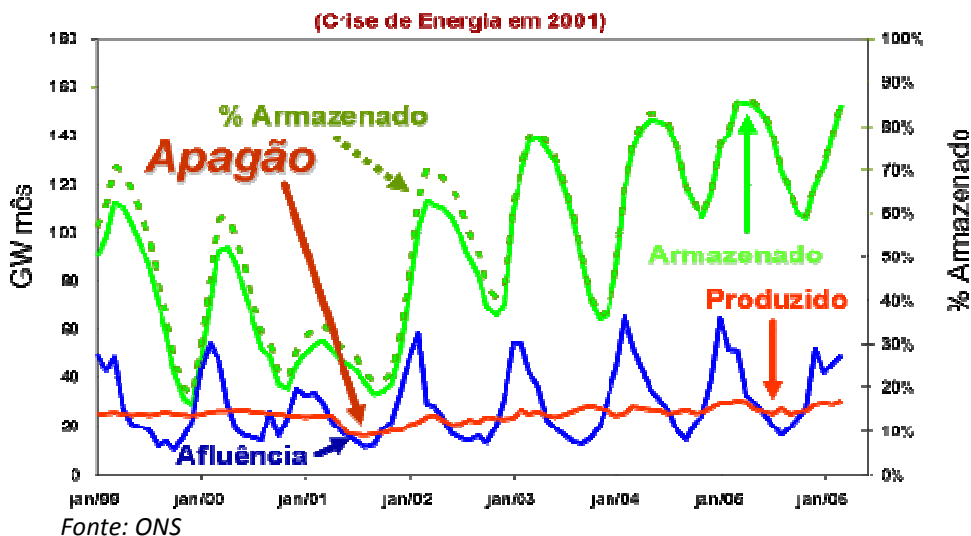
* Incluindo a capacidade total de Itaipu

Fonte: ONS, Operação do SIN: Dados Relevantes 2007

Entretanto, a falta da energia no ano de 2001 indicou claramente a vulnerabilidade do sistema elétrico brasileiro, que é baseado na energia natural afluente nos rios e na água acumulada nas barragens das usinas hidrelétricas. Esta é uma fonte de energia renovável com uma vantagem indiscutível, mas que inclui também o risco hídrico: depender dos ciclos naturais para sua renovação, os quais apresentam sucessões entre estações secas e chuvosas, com razoável variabilidade para uma mesma região e entre as regiões (Figura 1).



Figura 1 – Operação do Sistema SE/CO - 2001 (parte hidráulica)



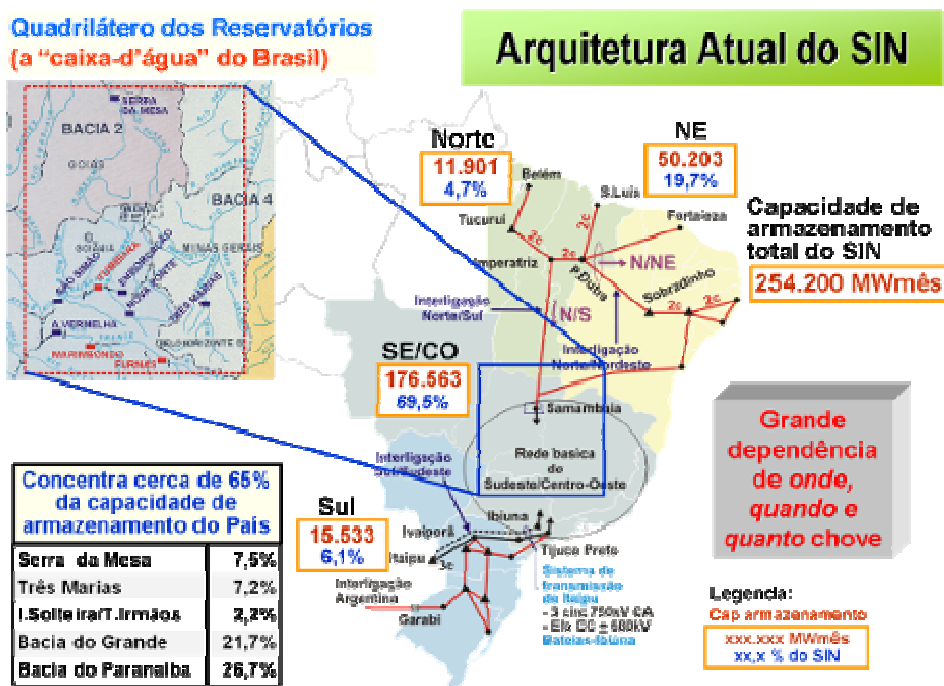
Conjugado ao risco hídrico, a demanda por um maior crescimento econômico renovou o interesse por projetos de geração de energia no Brasil. As opções sob consideração incluem a expansão da exploração do gás natural, da biomassa, da geração de hidroeletricidade, em especial na Amazônia, onde se encontra a maior parte dos aproveitamentos disponíveis, e das usinas nucleares.

Com relação à fronteira de expansão da geração hidrelétrica, deve-se considerar que as condições topográficas da Amazônia são bastante diferentes da região Sudeste, onde estão as grandes represas para a geração hidroelétrica e onde está concentrada a capacidade principal de reservação de água. Na região Sudeste, em especial no litoral entre Santos e Rio de Janeiro, há um desnível abrupto de 700 a 800 metros entre o mar e o planalto. Esta característica topográfica possibilitou a construção das usinas Henry Borden e Ribeirão das Lages, que deram ensejo à industrialização de São Paulo e Rio de Janeiro no início do século XX. Em 1905, Ribeirão das Lages era a maior hidrelétrica do mundo.

Os desníveis significativos entre o Planalto Central e a Planície Platina e o litoral do Nordeste permitiram também os significativos aproveitamentos da Bacia dos Rios Paraná e São Francisco. Os grandes reservatórios de água foram construídos usando estes desníveis, reduzindo o risco hídrico pela estabilização da energia natural afluenta dos rios pela gestão da água neles armazenada (Figura 2).



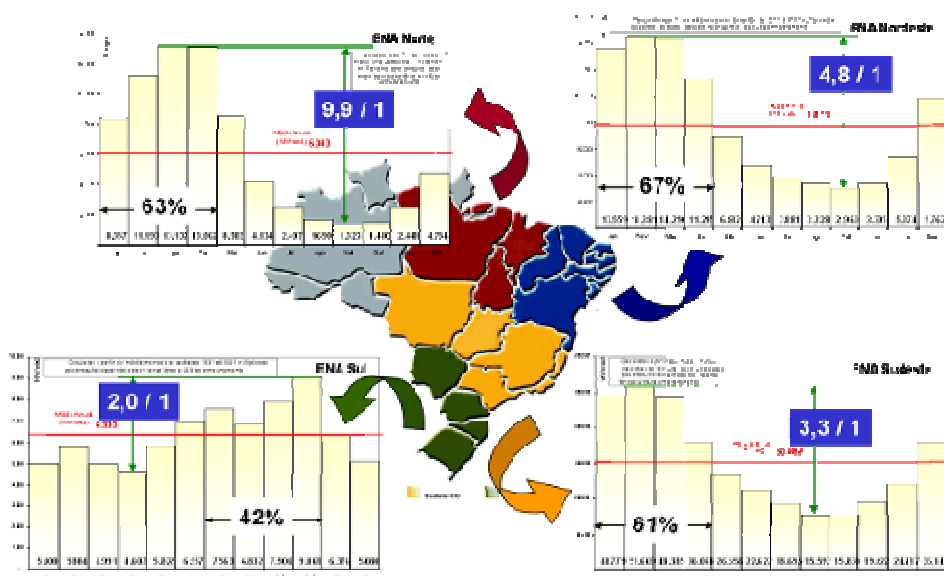
Figura 2 – Sistema Interligado Nacional



O desnível topográfico entre o Planalto Central e a Planície Amazônica é, entretanto, muito menos acentuado que os anteriores. Isto faz com que, para haver um significativo volume de água armazenado nas barragens, tornar-se-ia necessário alagar vastas áreas. Este fato, conjugado com os ciclos naturais (secos e chuvosos) mais severos que ocorrem na região (vide relações máximo/mínimo na energia natural afluyente mostrado pela Figura 3), tende a ampliar o risco hídrico associado aos aproveitamentos na região.

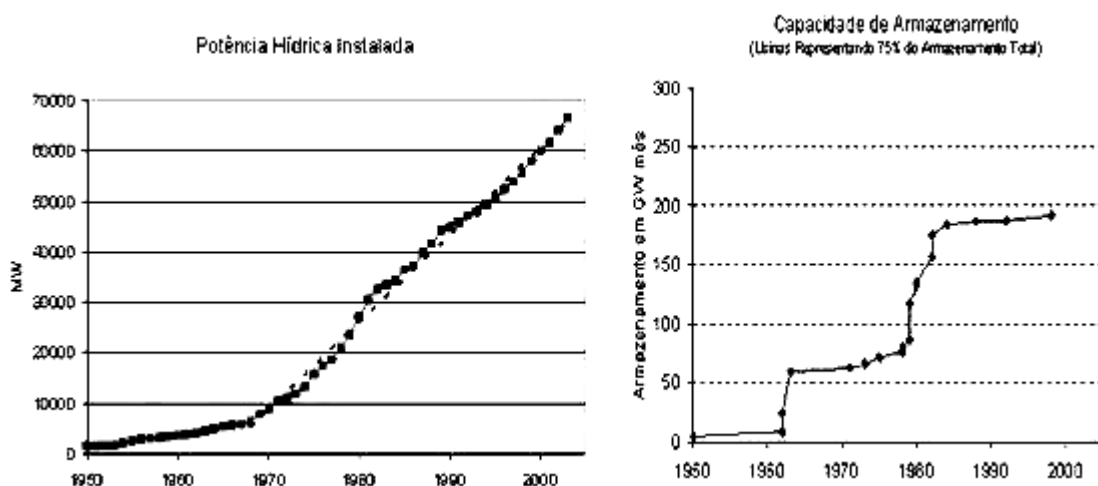


Figura 3 – Energia Natural Afluente nas Regiões Brasileiras



Uma evidência deste fato é a avaliação da evolução da capacidade hidrelétrica instalada e da capacidade de reservação de água, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Evolução da Capacidade Instalada e Reservação

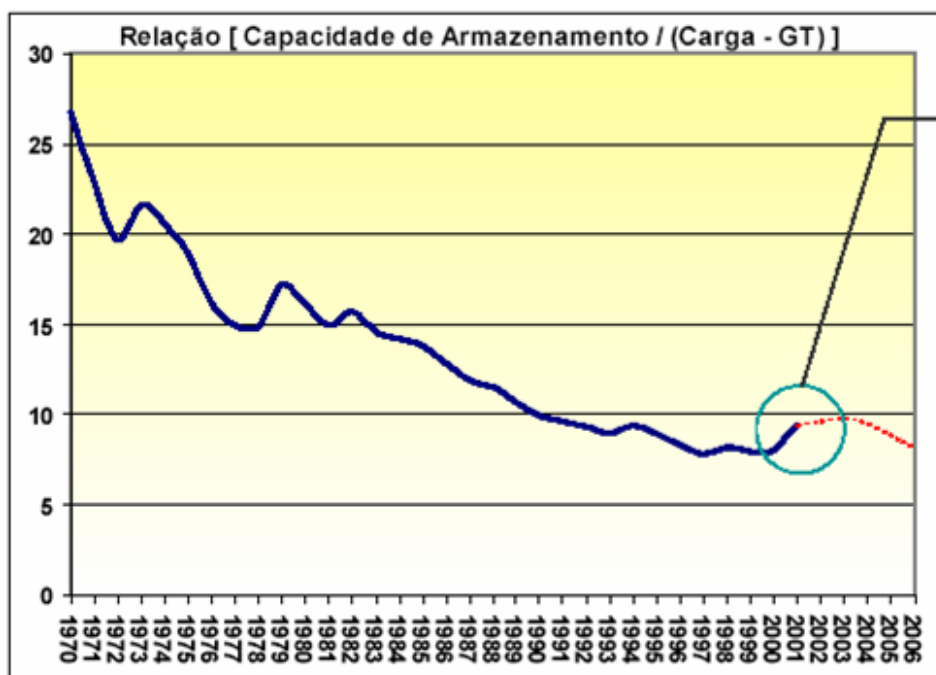


Fonte: Lista da ONS dos principais reservatórios

O risco hídrico pode ser caracterizado pela relação entre a capacidade de armazenamento das barragens e a carga total do sistema, excluída a geração elétrica de origem térmica disponível, conforme Figura 5. Note-se que esse indicador tem uma nítida tendência de queda que tende a se agravar com a ampliação dos aproveitamentos hidrelétricos na Região Amazônica.

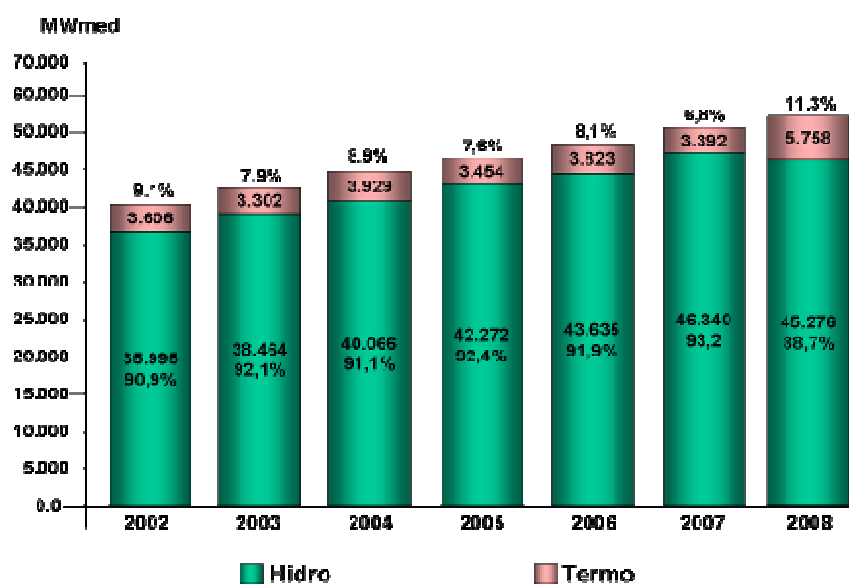


Figura 5 – Capacidade de Armazenamento e Carga Total do Sistema



No ano de 2005, foram gerados 375 TWh de energia elétrica líquida no Sistema Interligado Brasileiro e 430 TWh em 2008, correspondendo a uma taxa de crescimento acima de 4% ao ano no período¹, conforme Figura 6.

Figura 6 – Evolução da Geração Líquida de Eletricidade

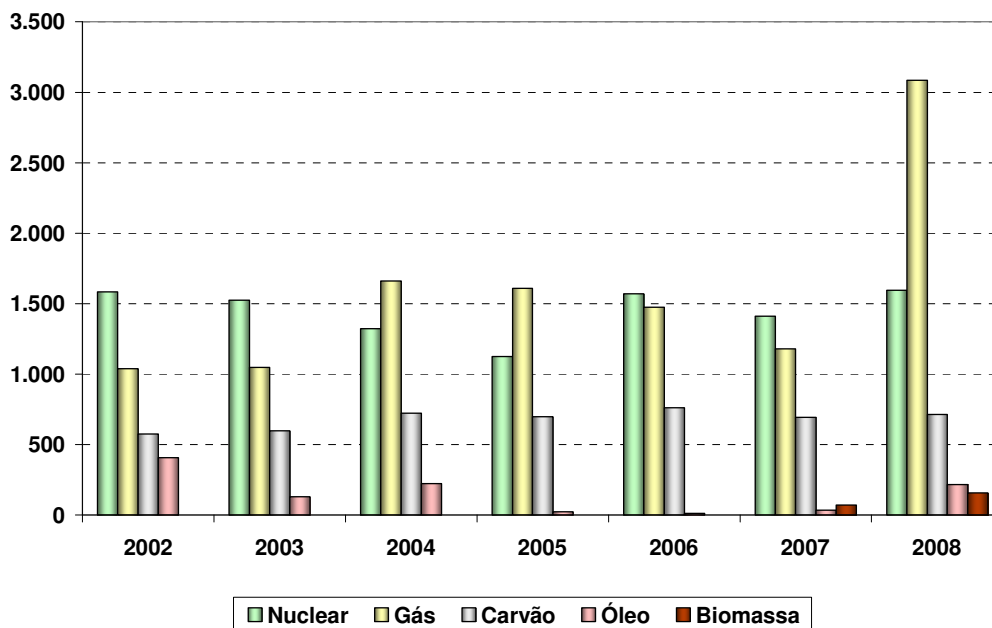


47 A fonte hídrica respondeu, em média por 90% da geração líquida de eletricidade no período. A complementação



térmica, que tem variado entre 7 e 12% da carga, é feita pelas fontes apresentadas na Figura 7 a seguir, com preponderância da geração nuclear e a gás natural, mas com crescente contribuição da biomassa moderna.

Figura 7 – Evolução da Geração Líquida de Eletricidade por Fonte



A constância dessa demanda por complementação térmica é demonstrada pela Figura 8 que detalha a geração mês a mês. Este gráfico mostra que a mínima geração térmica chegou a cerca de 2.200 MW médios no período 2006-2008. Note-se que Angra 1 e Angra 2 têm uma potência instalada de 2.000 MW, o que corresponde a uma geração líquida de cerca de 1.500 MW médios. Com a entrada em operação de Angra 3, essa geração líquida será ampliada para mais de 2.500 MW médios. O sistema interligado nacional requer, portanto, uma base térmica complementar a hídrica. Para este papel, a geração nuclear é inquestionavelmente a opção mais competitiva, como mostra a Figura 9.



Figura 8 – Demanda Térmica

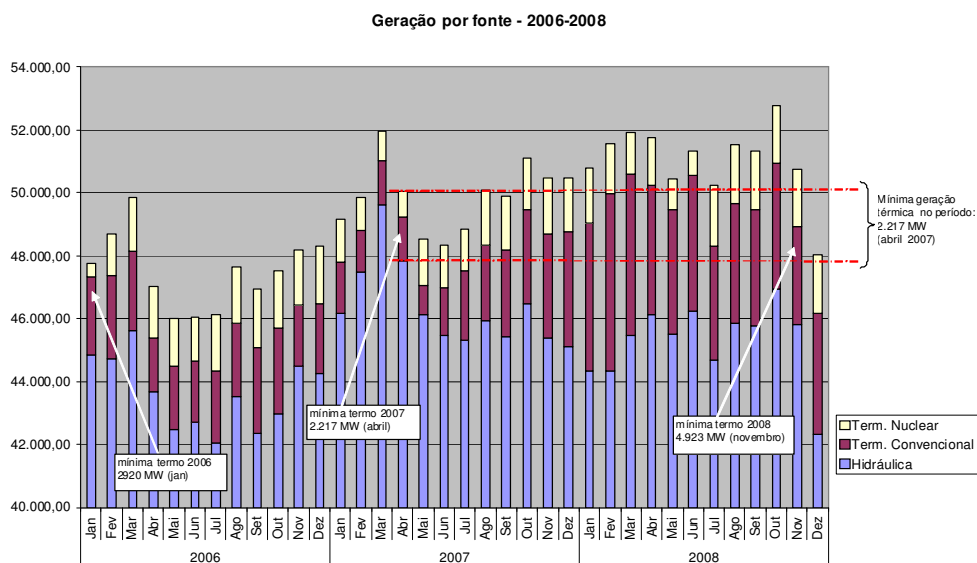
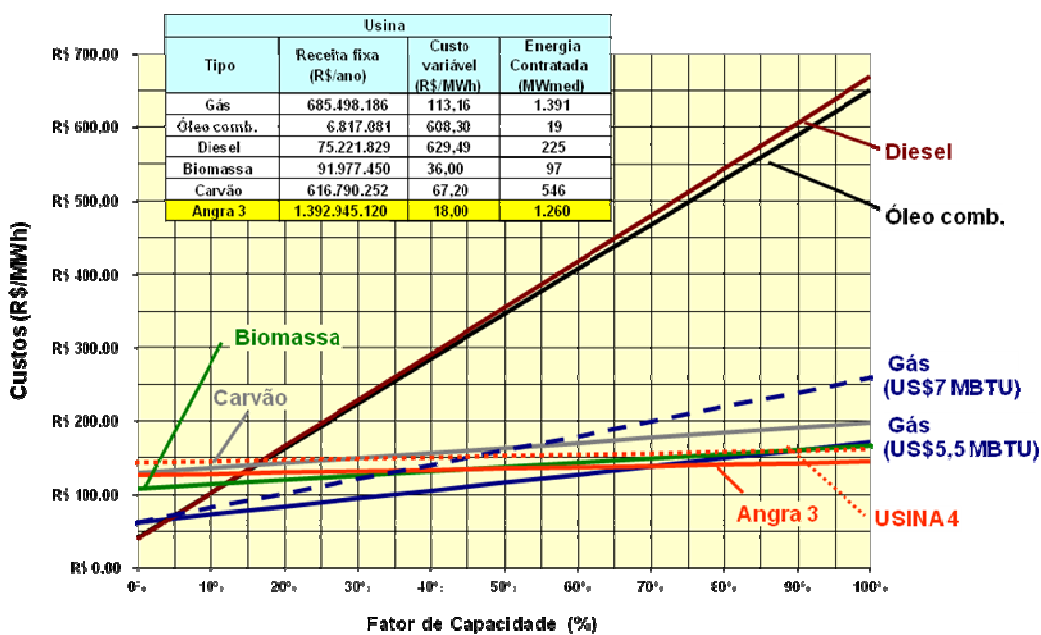


Figura 9 – Competitividade da Fonte Nuclear



Note-se ainda que as perdas do sistema elétrico brasileiro atingiram cerca de 15% da produção bruta de eletricidade, em grande parte devido à dimensão continental da rede de transmissão.



O Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2008)¹, editado em 2007 pela Empresa de Pesquisa Energética, coloca a projeção de demanda em patamar ainda mais elevado. Prevê um consumo de 1.139 bilhões de kWh em 2030, ou seja, um crescimento de 176% no período 2005-2030. Esta demanda deverá ser atendida com um acréscimo cerca de 130% na capacidade hidráulica instalada, 135% de acréscimo na capacidade termelétrica instalada, na qual a nuclear está inserida, e cerca 1300% de acréscimo na capacidade instalada de fontes alternativas. Neste cenário, para que exista uma oferta adequada de energia no País não é possível prescindir de qualquer fonte de energia, inclusive a nuclear, cujo crescimento de capacidade instalada deverá ser de cerca de 235%, passando de 2.000 MWe em 2005 para 7.300 MWe em 2030.

A distribuição demográfica brasileira, com 80% da população vivendo em áreas urbanas é outro fator chave a ser contabilizado no planejamento energético. A distribuição demográfica está concentrada em uma faixa de 1.000 km ao longo da costa e as projeções para o desenvolvimento brasileiro indicam um aumento no consumo per capita de eletricidade de 2.020 kWh para 4.380 kWh. Fontes distribuídas de geração elétrica, como a eólica, solar e de biomassa não podem atender sozinhas tal aumento de demanda de forma concentrada como ocorre nas áreas urbanas. Mesmo com o aumento extraordinário destas fontes, tal como previsto no PNE 2030, grandes blocos de energia concentrada como das usinas hidrelétricas e termelétricas ainda serão necessários. Um mix composto de blocos de geração de eletricidade concentrados e distribuídos deve ser a criação para responder aos grandes desafios do crescimento da procura de eletricidade. Além dos aspectos de reserva mencionados na região norte, concorre a necessidade de promoção da exploração sustentável, que inclui o respeito às áreas de preservação permanente e às reservas legais da Amazônia, que deve obrigatoriamente fazer parte da agenda de energia referente a esta região.

Portanto, a fim conferir confiabilidade ao sistema elétrico brasileiro é vital contar com um portfólio diversificado de fontes de energia. A fonte nuclear é certamente uma das opções para compor este portfólio, uma vez que as centrais de Angra 1 e 2 tiveram um papel chave para suportar a demanda de eletricidade e para mitigar o impacto da falta da energia em 2001. Ambas centrais operaram continuamente, a plena carga e ao longo de todo o período do chamado “apagão”. Atualmente, a energia gerada por essas duas usinas equivale à cerca da metade do consumo elétrico do estado do Rio de Janeiro. Com a entrada em operação de Angra 3, a energia desta central nuclear passará a representar cerca de 80%.

O Brasil possui disponibilidade e tecnologia em praticamente todas as fontes primárias de geração de energia elétrica, além de uma matriz que apresenta reduzidos níveis de emissão de gases de efeito estufa (GEE). Considerando as preocupações atuais do cenário global de mudanças climáticas, quanto ao potencial de comercialização de créditos de carbono e quanto à segurança energética, o Brasil não tem dificuldade para estabelecer um planejamento adequado para obter um balanço ideal para uma matriz hidrotérmica.

A energia nuclear apresenta uma complementaridade estratégica em relação à geração hidroelétrica, por ser sempre despachada na base. Reforça a característica de baixa emissão de gases de efeito



estufa da matriz elétrica brasileira e promove o arraste tecnológico, por meio do estímulo ao desenvolvimento

industrial e tecnológico do país, fortalecendo setores especializados no fornecimento de equipamentos, combustível e instalações com alto conteúdo tecnológico.

É importante observar que a motivação brasileira para adoção da opção nuclear é distinta da maioria dos países, que em grande parte não possuem reservas próprias de recursos energéticos e têm suas matrizes de energia elétrica centradas no carvão, no petróleo e nos seus derivados. Estes aspectos colocam estes países expostos a problemas de segurança energética, traduzidos no dispêndio de recursos para importação de combustíveis fósseis, pela volatilidade do preço destas commodities no mercado internacional, e pelo risco de interrupção em caso de conflitos. Outra dificuldade está associada ao cumprimento das metas de redução de emissões ligadas a acordos internacionais, cuja tendência parece inexorável, tendo em vista às consequências das alterações climáticas previstas caso nenhuma atitude venha a ser tomada.

O planejamento oficial no Brasil¹, prevê um crescimento da geração nuclear entre 4 a 8 GWe para 2030, incluindo a construção de novas centrais nucleares de 1 GWe após a conclusão da usina nuclear de Angra 3. A contribuição da geração nuclear no consumo de eletricidade deverá evoluir a partir dos atuais 2,6% para valores acima de 5% em 2030. A Tabela 2 e a Figura 10 apresentam os cenários do Plano Nacional de Energia para 2030, e a Figura 11, os cenários do PNE para a energia nuclear também para 2030.

Tabela 2 – Cenários do Plano Nacional de Energia 2030

	Hidráulica	Gás Natural	Eólica e Outros	Nuclear	Biomassa e Resíduos	Carvão	Petróleo	TOTAL
SIN (jan/2006)	75,6	8,1	1,6	2,0	0,1	1,4	2,9	91,6
Cenário 1	167,8	20,6	9,1	7,3	6,5	5,9	3,3	220,5
Cenário 2	168,8	18,1	8,0	7,3	6,5	6,5	3,3	218,5
Cenário 3	168,2	24,1	9,1	9,3	6,5	6,5	3,3	227,0
Cenário 4	168,7	21,6	9,1	11,3	6,5	6,5	3,3	227,0
Cenário 5	243,3	28,1	9,1	9,3	6,5	6,5	3,3	306,1



Figura 10 – Cenários do Plano Nacional de Energia 2030

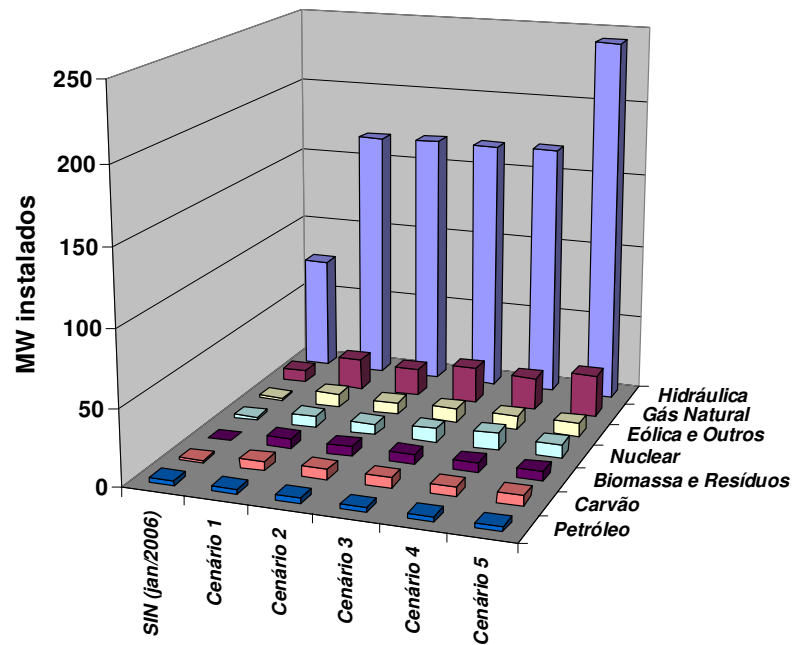


Figura 11 – Cenários do Plano Nacional de Energia 2030 – Energia Nuclear

	2007-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2016-2030
REFERÊNCIA cenário 1 cenário 2	1.360 MW Angra 3	1.000 MW NE 1	1.000 MW NE 2	2.000 MW SE 1+SE 2	4.000 MW
INTERMEDIÁRIO cenário 3 cenário 5	1.360 MW Angra 3	1.000 MW NE 1	2.000 MW NE 1+NE 2	3.000 MW SE 1+SE 2+NE 3	6.000 MW
ALTO cenário 4	1.360 MW Angra 3	2.000 MW NE 1+NE 2	3.000 MW SE 1+SE 2+NE 3	3.000 MW SE 3+SE 4+NE 4	8.000 MW