

O BRASIL E O SEU CAPITAL ENERGÉTICO NUCLEAR

JOÃO ROBERTO LOUREIRO DE MATTOS¹, MARCIO SOARES DIAS²

¹ Dr. Eng. Química, CDTN/CNEN, BHte., MG, tel (31)3499-3206, e-mail: jrmattos@cdtn.br

² Dr. Eng. Química, CDTN/CNEN, BHte., MG, tel (31)3499-3217, e-mail: marciod@cdtn.br

3º ENCONTRO TÉCNICO-CIENTÍFICO DA ECOLATINA 16 a 19 de outubro de 2007 – Belo Horizonte - MG

RESUMO: Em 2007, a energia nuclear está definitivamente de volta ao cenário energético do Brasil, com a retomada da construção de Angra III e o início dos estudos para a implantação de mais duas centrais nucleares no Nordeste. Até o ano de 2035 prevê-se a construção de mais 8 centrais, tendo em vista a duplicação da capacidade elétrica instalada, necessária para sustentar o crescimento econômico do País. O Brasil possui no seu subsolo uma fonte energética confiável e abundante, que tem importante contribuição a oferecer ao crescimento sustentado do País. As reservas de U_3O_8 no Brasil alcançam 309.000 toneladas, recursos adicionais são estimados em 800.000 toneladas. Um conjunto de 13 centrais nucleares conferirá diversificação e confiabilidade ao sistema elétrico brasileiro e demandará entre 150.000 t a 220.000 t U_3O_8 , dependendo das condições operacionais das plantas. Nas condições atuais, a usina de Angra III poderá fornecer energia ao custo de R\$ 137,00/MWh, comparável as outras fontes termoeletricas.

PALAVRAS-CHAVES: CONSUMO DE ENERGIA, RESERVAS DE URÂNIO, RENASCIMENTO NUCLEAR

BRAZIL'S NUCLEAR ENERGETIC CAPITAL

ABSTRACT: In 2007, the nuclear energy is definitively back to the Brazilian energy scene, with the resume of the Angra III NPP construction and the beginning of studies for implanting of more two nuclear power plants in the north-eastern. It is foreseen the construction of more 8 NPP until 2035, aiming at the duplication of the installed electric capacity, necessary to support the economic growth of the Country. Brazil possesses in its subsoil a trustworthy and abundant energy source, which has important contribution to offer for supporting the Country's growth. The reserves of U_3O_8 in Brazil reach 309,000 tons, additional resources are estimated in 800.000 tons. A fleet of 13 nuclear power plants will confer diversification and trustworthiness to the Brazilian electrical system and will demand between 150,000 tons to 220,000 tons of U_3O_8 , depending on the plants operational conditions. In the current conditions, the Angra III NPP will be able to supply to energy at the cost of R\$ 137.00/MWh, comparable the other thermoelectric sources.

KEYWORDS: ENERGY CONSUMPTION, URANIUM RESERVES, NUCLEAR REVIVAL

INTRODUÇÃO: O chamado “apagão” de 2001 indicou claramente a vulnerabilidade do sistema elétrico brasileiro, que é baseado na água, uma fonte de energia renovável com uma vantagem indiscutível, mas que inclui também um risco: depender dos ciclos naturais para sua renovação e estes ciclos apresentam sucessões entre estações secas e chuvosas. Adicionalmente, a fronteira para a expansão da geração hidrelétrica, regiões Centro-Oeste e Norte, possuem topografia plana o que não favorece o aumento da reservação, fato que conjugado aos ciclos ambientais naturais (secos e chuvosos) pode amplificar o risco de faltas eventuais da água com o crescimento da demanda de energia elétrica.

Neste cenário, a opção nuclear no Brasil passa também a ter importante contribuição do ponto de vista da diversificação e regulação termoelétrica, necessária para conferir confiabilidade ao sistema elétrico brasileiro. Com 1/3 de seu território prospectado, as reservas geológicas de urânio no Brasil alcançam 309 mil toneladas, conforme quantidades indicadas e inferidas. No contexto de recursos adicionais a estimativa brasileira é de 800 mil toneladas de U_3O_8 (Tavares, 2004; Silva, 2006) e, de acordo com esta avaliação, o país passa a ser a 3ª reserva mundial. Um conjunto de 13 centrais nucleares conferirá diversificação e confiabilidade ao sistema elétrico brasileiro e demandará entre 150.000 t a 220.000 t U_3O_8 , dependendo das condições operacionais das plantas. Angra III poderá fornecer energia ao custo de R\$ 137,00/MWh, comparável as demais termoelétricas.

EXPANSÃO DO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO: No Brasil, a falta da energia em 2001 indicou claramente a vulnerabilidade do sistema elétrico brasileiro, que é baseado na água, uma fonte de energia renovável com uma vantagem indiscutível, mas que inclui também um risco: depender dos ciclos naturais para sua renovação e estes ciclos apresentam sucessões entre estações secas e chuvosas. Conseqüentemente, a fim conferir confiabilidade ao sistema elétrico brasileiro é vital contar com um portfólio de fontes de energia diferentes. A fonte nuclear é certamente uma das opções para compor este portfólio, uma vez que as centrais de Angra I e II 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”.

Conjugado aos riscos da falta de água, 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 na Amazônia e nas 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 do Sudeste, onde estão as grandes represas para a geração hidroelétrica e onde está concentrada a capacidade principal de reservação de água. Na região Sudeste há um desnível de 700 a 800 metros entre o mar e o planalto. Os grandes reservatórios de água foram construídos usando este desnível. Na Amazônia a topografia é plana. Mesmo aumentando a área inundada não há aumento significativo na capacidade reservação de água, fato que conjugado com os ciclos naturais (secos e chuvosos) pode amplificar o risco de faltas de água.

A fim de impedir a falta de energia elétrica em um sistema hidrelétrico ampliado na direção Amazônia, é importante ter a sustentação termoelétrica, que independa dos ciclos naturais, a fim de conferir diversificação e confiabilidade ao sistema elétrico brasileiro. As opções para a geração termoelétrica estão apresentadas na Tabela 1, com seus preços comparativos. A fonte nuclear aparece como economicamente competitiva, não vulnerável às influências externas, não intensiva em ocupação de terras e demanda por água, passível de instalar próxima ao consumo e isenta de emissões de gases que provocam o efeito estufa.

Tabela 1: Opções térmicas nacionais (Silva, 2006)

Combustível	Volatilidade de Preços	Emissão de CO ₂	Oferta Nacional	Custo de Geração (R\$/MWh)
Carvão	Estável nacional	Sim muita	Limitada localizada	~ 145
Biomassa	Estável nacional	Não	Limitada localizada	~ 110 segue gás e carvão
Gás Natural	Volátil commodity	Sim pouca	Ampla requer transporte	~ 150
Petróleo	Volátil commodity	Sim muita	Ampla requer transporte	> 150
Nuclear Angra III	Estável nacional	Não	Ampla transporte fácil	~ 137

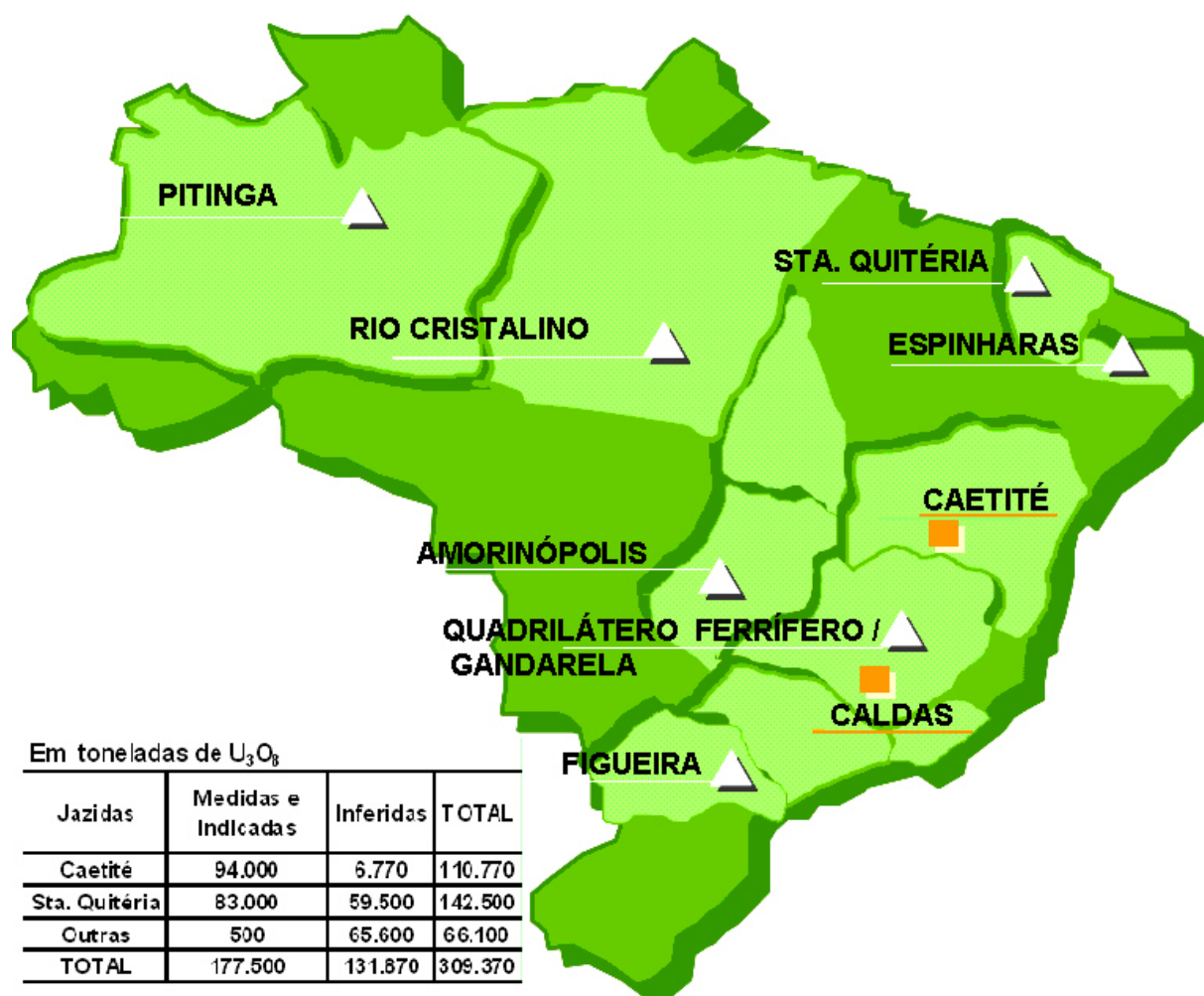


Figura 1. Reservas geológicas de urânio indicadas e inferidas (TAVARES, 2004)

O BRASIL E O SEU CAPITAL ENERGÉTICO NUCLEAR: Reservas Geológicas Indicadas e Inferidas: Com 1/3 de seu território prospectado, as reservas geológicas de urânio no Brasil alcançam 309 mil toneladas, conforme quantidades indicadas e inferidas. No contexto de recursos adicionais a estimativa brasileira é de 800 mil toneladas de U₃O₈ (Tavares, 2004; Silva, 2006) e, de acordo com esta avaliação, o país passa a ser a 3^a reserva mundial. A distribuição dessas reservas no território nacional está mostrada nas Figuras 1 e 2.

Reservas Geológicas Adicionais: Deve-se considerar que a prospecção de urânio no Brasil foi encerrada na década de 1970, com uma tecnologia que identificou, basicamente, ocorrências superficiais. Daquela época para cá a tecnologia de prospecção teve grandes avanços. A retomada da prospecção de urânio, muito provavelmente, confirmará o Brasil como uma das maiores reservas mundial desse minério.

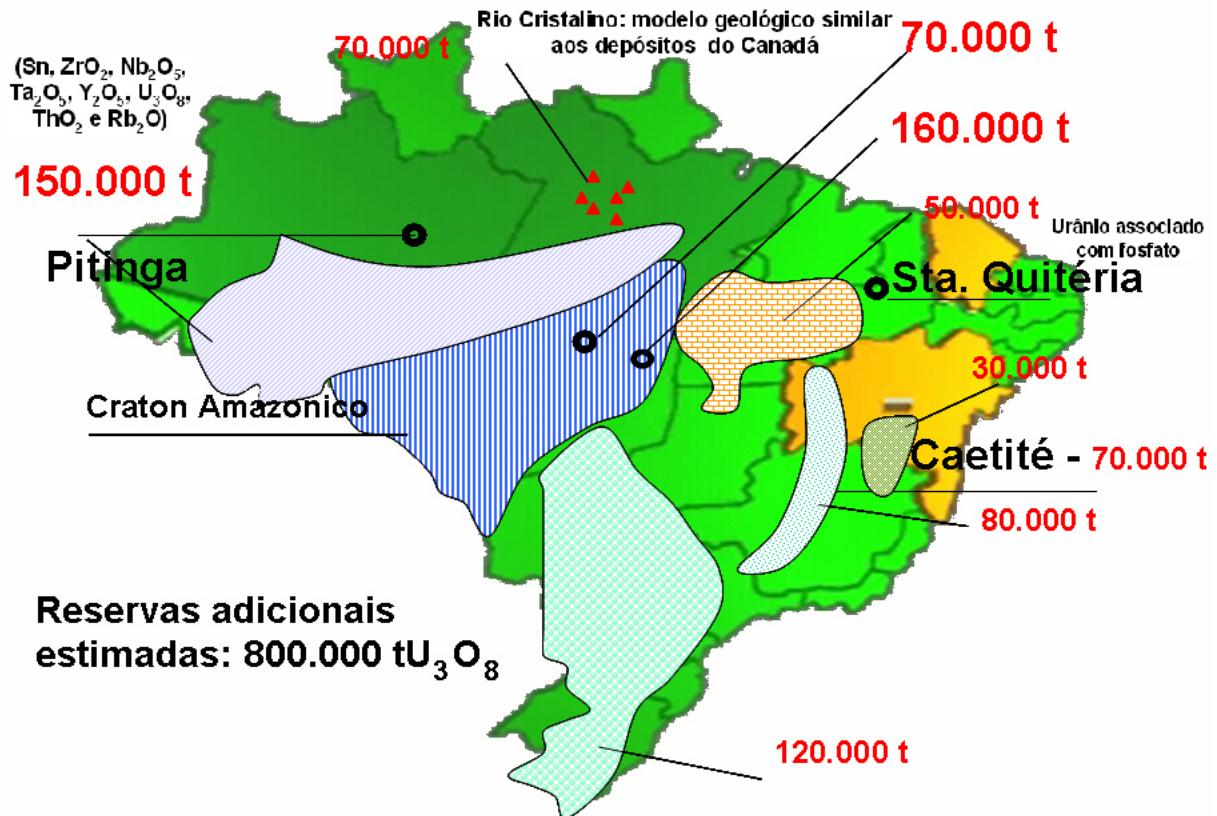


Figura 2. Reservas adicionais de urânio (TAVARES, 2004)

Planos das Indústrias Nucleares do Brasil: Outro aspecto importante de ser enfatizado é que a ocorrência de urânio pode estar associada a outros minerais de grande valor comercial. Dentre estes minerais encontram-se as presenças de fosfato e de elementos raros, como nióbio, tântalo, ítrio, etc, que tornam comercialmente valiosa a exploração do urânio brasileiro (ESTEVES, 2006).

A ocorrência de Santa Quitéria, por exemplo, está associada com o fosfato, cuja exploração contribuirá para a eliminação da dependência externa e aumento significativo no superávit da balança comercial brasileira, uma vez que a importação de fosfato, pelo País em 2003, superou US\$ 2,5 bilhões. As Indústrias Nucleares do Brasil (INB), empresa responsável pela exploração do ciclo do combustível nuclear, está em negociações para firmar parcerias com empresas privadas para a exploração do depósito de Santa Quitéria (CE), considerada a maior reserva de urânio do país. Dados da INB mostram que a viabilidade econômica do local é dependente da exploração do fosfato associado, ou seja, a extração de urânio está condicionada à produção de ácido fosfórico, que é o insumo utilizado na produção de fertilizantes.

Atualmente, a INB desenvolve ações de mineração e beneficiamento na região de Caetité (BA). A produção é de aproximadamente 400 toneladas por ano, suficiente para abastecer as usinas de Angra I e Angra II. A mina de Santa Quitéria (CE) será fundamental para garantir o atendimento a todo o mercado nacional. A INB planeja dobrar a produção de

Caetité nos próximos dez anos, para que a mina passe a produzir 800 toneladas anuais de urânio. Dados da INB (Tabela 2) mostram que a reserva de Caetité é estimada em 100 mil toneladas de urânio, o que seria uma quantidade suficiente para abastecer as três usinas de Angra dos Reis por cem anos.

O PARQUE ENERGÉTICO NUCLEAR E O SEU CONSUMO DE URÂNIO: Segundo o Presidente da Eletronuclear, Othon L. P. da Silva (Silva, 2006), existe um potencial de 13.000 MWe nucleares a serem instalados nos próximos 30 anos (até 2035). Sua implementação pode ser conduzida com 10 usinas do porte de Angra II e III ou; 20 usinas do porte de Angra I ou; 13 usinas de 1000 MW. Do ponto de vista de cronograma, isto representa uma nova usina aproximadamente a cada três anos, localizada preferencialmente no Nordeste, região com a maior carência de fontes primárias e, portanto, maior risco de déficit.

Considerando as potências de Angra I e II (2007 MW) e a operação em 330 dias do ano, a taxa de consumo de urânio é expressa como 232 tU₃O₈/1000 MW.ano, conforme avaliação de Mattos e Dias (2007). A partir desta taxa de consumo e considerando o cenário de conclusão de Angra III até 2012 e, conforme proposição de Othon P. Silva (2006), a entrada em operação de 10 centrais de 1300 MW a cada três anos, pode-se determinar a reserva estratégica de urânio que sustentaria o parque nuclear brasileiro.

A Tabela 3 mostra que a reserva de 220 000 t U₃O₈ permite a operação de 13 centrais ao longo de toda a vida útil (60 anos). Nesta condição idealizada, a potência nuclear instalada terá a evolução mostrada na Figura 3 e a última central será retirada de operação em 2102. Caso a vida útil seja assumida como 40 anos este valor cairia para, aproximadamente, 150.000 t U₃O₈.

Tabela 3: Evolução do consumo de U₃O₈ pelo parque nuclear brasileiro (MATTOS & DIAS,2007)

Centrais	Vida útil	Consumo Anual (tU ₃ O ₈)	Consumo acumulado por central (tU ₃ O ₈)										
			2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2110
Angra I	1985-25	152,7	763	2290	3053								
Angra II	2000-60	313,7	1568	4705	7842	10979	14116	17253					
Angra III	2012-72	313,7		2509	5646	8783	11920	15057	18194	18821			
Usina 1	2015-75	302,1		1510	4531	7552	10572	13593	16614	18124			
Usina 2	2018-78	302,1		604	3625	6645	9666	12687	15707	18124			
Usina 3	2021-81	302,1			2719	5739	8760	11781	14801	17822	18124		
Usina 4	2024-84	302,1			1812	4833	7854	10874	13895	16916	18124		
Usina 5	2027-87	302,1			906	3927	6948	9968	12989	16010	18124		
Usina 6	2030-90	302,1				3021	6041	9062	12083	15103	18124		
Usina 7	2033-93	302,1				2114	5135	8156	11176	14197	17218	18124	
Usina 8	2036-96	302,1				1208	4229	7250	10270	13291	16312	18124	
Usina 9	2039-99	302,1				302	3323	6343	9364	12385	15405	18124	
Usina 10	2042-02	302,1					2417	5437	8458	11479	14499	17520	18124
Total acumulado			2332	11619	30135	58157	94033	130514	163857	192577	211305	219763	220367

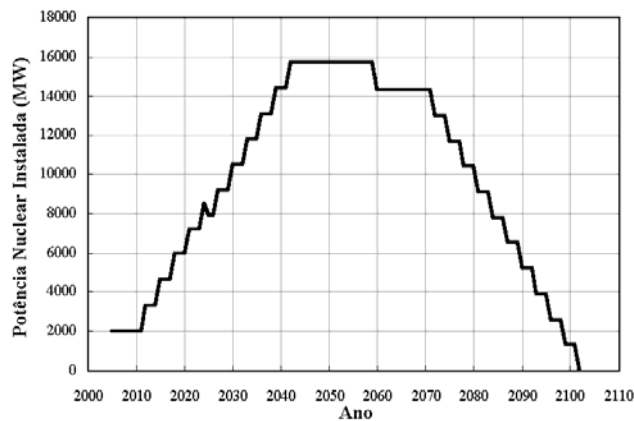


Figura 3 – Evolução da potência nuclear instalada

CONCLUSÕES: A opção nuclear tem uma importante contribuição a oferecer para complementar o sistema elétrico brasileiro e contribuir com os esforços de desenvolvimento e crescimento econômico, por se tratar de uma fonte de energia economicamente competitiva, não vulnerável às influências externas, capaz de ser instalada próxima à demanda, ser pouco intensiva em terra e livre de emissão de carbono.

As reservas identificadas e inferidas permitem a operação, com larga margem de sobra, de um parque de 13 centrais ao longo do século XXI. As reservas estimadas e os projetos já em andamento de aumento de eficiência dos combustíveis das centrais, permitem estimar a utilização do urânio, como um recurso abundante, confiável e disponível no subsolo brasileiro, por pelo menos 400 anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESTEVES, R. Programa Estratégico da INB. In: *Encontro Nacional: A Indústria e o Programa Nuclear Brasileiro*, **Palestra** na Confederação Nacional da Indústria, out. 2006.
- MATTOS, J.R.L.; DIAS, M.S. *Brasil nuclear: da estagnação ao crescimento*. CDTN/CNEN, março 2007 (PCDTN-960/2007).
- SILVA, O.L.P. Angra III – Inserção no sistema elétrico nacional. **Palestras** apresentadas no Conselho Empresarial de Energia, Associação Comercial do RJ, abr. 2006 e no *Encontro Nacional: A Indústria e o Programa Nuclear Brasileiro*, Confederação Nacional da Indústria, out. 2006
- TAVARES, A.M. Tema 1 - Aspectos econômicos e estratégicos da exploração do urânio. In: *Encontro 2004 sobre as Perspectivas da Energia Nuclear*, out. 2004, Angra dos Reis, CDTN/CNEN, 2004.