

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

Curso C-PEM/98

Partido

Solução do P-III-7 (Mo) Monografia

Apresentada por

..... ANTONIO GALVÃO DE ALMEIDA SIMÕES

..... Capitão-de-Mar-e-Guerra

NOME E POSTO



RIO DE JANEIRO

19..... 98

MINISTÉRIO DA MARINHA
ESCOLA DE GUERRA NAVAL



- A ESTRATÉGIA DE ENERGIA ELÉTRICA NO PAÍS E O PROGRAMA
NUCLEAR DA MARINHA -

ANTONIO GALVÃO DE ALMEIDA SIMÕES
Capitão-de-Mar-e-Guerra

A: 65954

E: 84898

MB - EGN
31/08/2000
Nº 5.151

SIMÕES, Antonio Galvão de Almeida.

A estratégia de energia elétrica no País e o programa nuclear da Marinha / Antonio Galvão de Almeida Simões - Rio de Janeiro : EGN, 1998.

viii, 58p.

Bibliografia: f. B-1 - B-4.

Monografia (C-PEM), 1998.

1. Panorama da energia elétrica. 2. Aproveitamento da energia nuclear. 3. Contribuição da MB para o desenvolvimento nuclear. I. Título.

EXTRATO

Esta monografia apresenta um panorama da situação da energia elétrica no país. Analisa a opção pela hidroeletricidade e as alternativas para complementá-la. Dessas alternativas destaca a energia nuclear e a contribuição da MB para o domínio do ciclo do combustível nuclear e para a construção de reatores de potência do tipo "PWR".

Tema : A ESTRATÉGIA DA ENERGIA NO PAÍS E O
PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA

Título : A ESTRATÉGIA DA ENERGIA ELÉTRICA NO PAÍS E O
PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA

Tópicos a abordar: - A demanda de energia atual e projetada
para o ano 2015;

- O potencial hidroelétrico brasileiro e
os custos de novos investimentos e das
linhas de transmissão;

- As alternativas para atender à demanda
futura de energia;

- A interligação elétrica com países
vizinhos;

- O plano 2015 da Eletrobrás;

- A expansão do parque nuclear mundial;

- A desinformação e as distorções sobre
a energia nuclear no Brasil e o papel
das ONG nesse processo;

- As dificuldades e os problemas de
segurança para a destinação dos
resíduos radioativos;

- A exploração das reservas nacionais de
urânio;

- A contribuição da MB para o domínio
do ciclo do combustível nuclear; e

- A construção de reatores "PWR" pela
indústria nacional.

Proposição: Estudar a matriz energética brasileira,
considerando a opção pelo aproveitamento do
potencial hidroelétrico das nossas bacias
hidrográficas, os custos decorrentes desse
modelo e os projetos alternativos para atender
a demanda atual e projetada para o ano 2015. No

a demanda atual e projetada para o ano 2015. No estudo dos projetos alternativos será dado ênfase à energia nuclear e a contribuição da MB para o domínio do ciclo do combustível nuclear e para a construção de reatores "PWR" pela indústria nacional.

Nº de palavras: 10483.

SUMÁRIO

PÁGINA

Lista de Tabelas.....	
Lista de Figuras.....	
Introdução.....	
CAPÍTULO 1 - PANORAMA DA ENERGIA ELÉTRICA NO PAÍS....	1
-SEÇÃO I - AS FONTES GERADORAS DE ENERGIA ELÉTRICA.	1
A opção pela hidroeletricidade e os custos desse modelo.....	6
-SEÇÃO II- A DEMANDA DE ENERGIA ATUAL E PROJETADA PARA O ANO 2015.....	10
As alternativas para atender à demanda futura de energia.....	13
A interligação elétrica com países vizinhos.....	16
O plano 2015 da Eletrobrás.....	21
CAPÍTULO 2 - O APROVEITAMENTO DA ENERGIA NUCLEAR.....	23
-SEÇÃO I- A PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA NUCLEAR NA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE.....	23
A expansão do parque nuclear mundial...	23
As dificuldades para o desenvolvimento do programa de geração núcleo-elétrica.	25
A exploração das reservas nacionais de urânio.....	29
-SEÇÃO II- OS PROBLEMAS COM A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA NUCLEAR.....	31
A desinformação e as distorções sobre o uso da energia nuclear.....	32
A destinação dos resíduos radioativos..	39
CAPÍTULO 3 - A MARINHA E O PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO	44
-SEÇÃO I- A CONTRIBUIÇÃO DA MB PARA O DOMÍNIO DO CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR.....	44
-SEÇÃO II- A CONSTRUÇÃO DE REATORES "PWR".....	51
CAPÍTULO 4 - CONCLUSÃO.....	56
ANEXO A - ESTUDOS BÁSICOS.....	A-1
BIBLIOGRAFIA.....	B-1

LISTAS DE TABELAS

TABELA N°	TÍTULO	PÁGINA
1	POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO-ENERGIA FIRME..	2
2	CENÁRIOS MACROECONÔMICOS/PRODUTO INTERNO BRUTO...	13
3	PREVISÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	13
4	INÍCIO DO APROVEITAMENTO DA GERAÇÃO TERMELÉTRICA.	15
5	POTENCIAL COMPARTILHADO COM PAÍSES DO PACTO ANDINO.....	19
6	CAPACIDADE NUCLEAR MUNDIAL.....	24
7	RESERVAS GEOLÓGICAS DE URÂNIO EM TONELADAS DE U ₃ O ₈	30

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA Nº	TÍTULO	PÁGINA
1	ORIGEM DA PRODUÇÃO BRUTA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	8
2	POTENCIAL HIDROLÉTRICO A APROVEITAR.....	8
3	DISTÂNCIA DO POTENCIAL AMAZÔNICO AOS GRANDES CENTROS CONSUMIDORES.....	9
4	INTERLIGAÇÃO ELÉTRICA COM A ARGENTINA.....	18
5	ACEITAÇÃO DA ENERGIA NUCLEAR.....	38
6	CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR.....	45
7	LABORATÓRIO DE TESTES DE EQUIPAMENTOS DE PROPULSÃO.....	53

INTRODUÇÃO

A estratégia de geração de energia elétrica brasileira é baseada no aproveitamento do nosso enorme potencial hidroelétrico. Esse potencial, entretanto, é finito, prevendo-se que nos próximos 20 anos estará esgotado.

Como essa atividade exige um planejamento de longo prazo, os recursos envolvidos são elevados e, por ser o Brasil um país em desenvolvimento, a sua demanda é crescente, havendo, portanto, a necessidade de se buscar, o quanto antes, opções para complementar a geração hidroelétrica.

O Setor Elétrico já identificou algumas alternativas, dentre as quais a energia nuclear.

O aproveitamento dessa energia é sempre associada ao seu emprego militar e aos graves acidentes ocorridos em usinas nucleares dos Estados Unidos e Ucrânia.

Esses fatos e mais a pressão das grandes potências contra o uso da energia nuclear trouxeram grandes dificuldades ao nosso desenvolvimento nessa área.

O programa nuclear da Marinha, desenvolvido em parceria com a comunidade científica, contribuiu decisivamente para suplantar esses obstáculos ao conseguir o domínio do ciclo do combustível nuclear e ao projetar e construir um protótipo de um reator de potência.

Tais avanços tecnológicos permitirão ao nosso País se tornar independente no suprimento de combustível às nossas centrais nucleares, bem como projetá-las e construí-las.

CAPITULO 1

PANORAMA DA ENERGIA ELÉTRICA NO PAÍS

SEÇÃO I- AS FONTES GERADORAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Numa primeira análise das fontes primárias de energia pode-se afirmar: o aproveitamento do diferencial de temperatura das águas do mar encontra-se, ainda, em fase experimental; a utilização de fontes geotérmicas para produção de energia é pequena, somente a Itália e a Nova Zelândia desenvolvem pesquisas nesse campo; a captação direta da energia solar vem sendo objeto de estudos bastantes desenvolvidos em diversos países, onde a maior dificuldade se encontra na sua viabilização econômica; e quanto ao aproveitamento da energia das marés, dos ventos, dos resíduos orgânicos e do hidrogênio, também, encontram-se em fase de pesquisa tecnológica e/ou de desenvolvimento semi-industrial . O aproveitamento futuro dessas fontes, depende da evolução tecnológica e econômica, de sua utilização, e da viabilidade de sua penetração no mercado para substituírem as outras formas de energia, atualmente utilizadas.

Assim, sobre as energias hidráulica, térmica (combustíveis fósseis e outros) e nuclear encontram-se centrado o esforço de geração energética da quase totalidade dos países.

No Brasil são usadas como fontes geradoras de energia elétrica o potencial hidrelétrico de nossas bacias

hidrográficas, os derivados de petróleo, o gás natural, o carvão mineral, a energia nuclear, os resíduos de cana-de-açúcar, a biomassa florestal e dentre as chamadas fontes alternativas vislumbra-se a utilização da energias solar, eólica e dos resíduos orgânicos, a partir de 2015.

O potencial hidrelétrico total do País, segundo dados da ELETROBRÁS de 1994, corresponde a 129 GWano de energia firme¹ e cerca de 261 GW de capacidade instalável. O potencial a aproveitar, isto é, menos as usinas em operação e as em construção, é de 120 Gwano e 205 GW de capacidade instalável. A tabela 1 apresenta um resumo desse potencial.

Tabela 1
Potencial Hidrelétrico Brasileiro - Energia Firme (Mwano)

Bacia	Operação e Construção	Inventário/ Viabilidade/ Projeto básico	Estimado	Total
Amazonas	191,5	16662,2	37173,5	54027,2
Tocantins	3515,5	9531,1	1549,4	14596,0
Atlântico N-NE (1)	140,0	94,6	1329,0	1563,6
São Francisco	5707,0	2673,0	1270,5	9650,1
Atlântico Leste (2)	909,7	5579,9	1327,0	78187,1
Paraná	18717,2	6045,8	5426,1	30187,1
Uruguai	141,7	6268,0	1355,4	7765,1
Atlântico Sudeste (3)	743,8	765,1	1931,0	3439,9
Total	30064,4	47619,7	61361,9	9046,0
	23%	36,9%	49,8%	100%

(1) Compreende as bacias dos rios que desaguam no Oceano Atlântico, ao norte da bacia Amazônica e entre a foz do rio Tocantins e a do rio São Francisco

(2) Compreende as bacias dos rios que desaguam no Oceano Atlântico, entre a foz do rio São Francisco e a divisa RJ/SP

(3) Compreende as bacias dos rios que desaguam no Oceano Atlântico, ao sul da divisa RJ/SP

Fonte: Eletrobrás

Os derivados de petróleo tradicionalmente usados, no Brasil, na geração termelétrica são o óleo diesel e o óleo combustível.

¹ Energia firme é a potência média correspondente à vazão garantida de um reservatório de uma hidrelétrica levando em conta a frequência de chuvas e estiagens.

O óleo diesel, por ser intensamente utilizado no transporte de carga e de passageiros, não deve ter o seu emprego estimulado na geração de energia elétrica. Entretanto, o consumo de óleo diesel em sistemas elétricos isolados e de pequeno porte continua sendo necessário, o que implica em sua utilização, ainda, por muito tempo nessas termelétricas. Por razões operacionais ele, também, é utilizado, em pequena proporção, nas usinas térmicas a óleo combustível e a carvão mineral.

O óleo combustível, ao contrário do óleo diesel, não tem restrições de disponibilidade ao uso para geração termelétrica complementar nos sistemas interligados, uma vez que esse derivado não é crítico na matriz energética brasileira.

A geração de energia elétrica a partir da utilização, como combustível, de resíduos asfálticos e de vácuo, ou mesmo de coque de petróleo poderá a vir a ser viabilizada, caso haja disponibilidade desses produtos, os custos sejam compensatórios e se consiga reduzir os impactos ambientais decorrentes dessa utilização.

O gás natural é, atualmente, um dos combustíveis mais utilizados, no mundo, para geração de energia elétrica, sua utilização no Brasil, para esse fim, ainda, é muito reduzida. Essa limitação se deve a sua baixa disponibilidade. Como exemplo desse óbice, técnicos do setor elétrico, estimam que uma usina termelétrica de 1000 MW consumiria cerca de 6 milhões de metros cúbicos diários de gás, praticamente toda nossa produção disponível para

venda, que é da ordem de 7 milhões de metros cúbicos de gás. Dessa forma, uma expansão de geração termelétrica, com base no gás natural, somente, seria possível com a importação. A PETROBRÁS tem contemplado essa possibilidade, com a importação de gás natural da Bolívia e da Argentina.

O gasoduto Brasil-Bolívia, em fase final de construção, possibilitará o aporte de até 20 milhões de metros cúbicos que, no entanto, não será suficiente para atender, simultaneamente, às necessidades do mercado e das grandes usinas termelétricas, conforme previsões do Plano 2015 da ELETROBRÁS.

O carvão mineral, a nível mundial, é a principal fonte para geração de energia elétrica, com 40% do total produzido. É uma opção de geração de energia com tecnologia conhecida, necessitando apenas de maiores cuidados em relação às emissões de efluentes.

No Brasil, esse tipo de geração de energia representa, a médio prazo, uma alternativa, a custos competitivos, para ser utilizada em complementação à hidroeletricidade. Atualmente, isto está se tornando mais factível e seguro com o desenvolvimento de novas tecnologias de combustão em leito fluidizado e de equipamentos de controle de emissão de gases de enxofre, nitrogênio e partículas sólidas, que reduzem os impactos ambientais dessa forma de geração de energia.

A nível mundial, a energia nuclear é responsável por cerca de 17% do total de energia elétrica produzida.

A geração de energia elétrica, no Brasil, a partir da

energia nuclear está baseada na usina de Angra I, unidade PWR de 626 MW, em operação desde 1982. O programa nuclear brasileiro previa, ainda, a construção de oito centrais nucleares de 1245 MW.

Das oito previstas apenas duas foram contratadas, Angra II e Angra III, estando a primeira em fase final de construção, com inauguração prevista para 1999. O programa nuclear brasileiro sofreu muitos atrasos, inicialmente, devido a dificuldades tecnológicas e mais recentemente pela falta de recursos financeiros.

A produção de energia elétrica, tendo como combustível os resíduos da cana-de-açúcar, constitui um subproduto da indústria sucroalcooleira, que apresenta como vantagens para o setor elétrico, a descentralização da oferta de energia elétrica, a economia em redes de transmissão e distribuição, o aumento da confiabilidade e a redução dos custos para a expansão do sistema, além de representar uma forma de receita para o usineiro com a venda de energia.

A biomassa florestal é outro recurso disponível para geração de eletricidade, especialmente no nosso caso, que possuímos a maior parcela do planeta de florestas tropicais, correspondente a 30% do total mundial.

A utilização desse recurso depende, ainda, de uma avaliação do potencial disponível para geração de energia, que inclui um zoneamento florestal, tipologia, densidade florestal, possibilidades de aproveitamento múltiplo e manejo apropriado.

Dentre as "fontes alternativas", a ELETROBRÁS

considera como mais viáveis, para aproveitamento na geração de energia elétrica, a energia solar, a eólica e os resíduos orgânicos.

No Brasil, os níveis de incidência de radiação solar média são elevados e variam pouco durante o ano, apresentando condições favoráveis à utilização da energia solar para a produção de eletricidade, caso o desenvolvimento tecnológico permita viabilizá-la economicamente, uma vez que, nos dias atuais, os custos dessa forma de energia variam de 100 a 500 dólares por MWh, valores muito superiores às demais fontes (o custo da hidroeletricidade varia de 40 a 70 dólares por MWh).

A energia eólica apresenta as melhores condições de aproveitamento no litoral Nordeste. Entretanto, os problemas tecnológicos e econômicos para a sua utilização na produção de energia elétrica, ainda, não foram resolvidos. Na medida que esses problemas sejam solucionados, vislumbra-se o seu aproveitamento no sistema elétrico interligado².

Quanto aos resíduos orgânicos, a utilização do lixo para a geração de eletricidade nas grandes cidades é uma opção bastante interessante, especialmente se considerarmos o impacto positivo dessa medida na preservação do meio ambiente.

A opção pela hidroeletricidade e os custos desse modelo

² Sistema elétrico interligado é o sistema baseado no intercâmbio de energia entre as diversas regiões do País.

No Brasil, a produção de energia elétrica é predominantemente de origem hidráulica, o que se explica pela abundância de recursos hídricos, pelos custos inferiores aos das outras opções, pelo fato desta fonte ser renovável e pela pouca disponibilidade de recursos térmicos para utilização na geração de eletricidade. Isto fica claramente demonstrado pelos dados de 1992, fornecidos pela ELETROBRÁS, que de uma produção bruta total de 228 bilhões de KWh, cerca de 96,8% desse total são de origem hidráulica e os 3,2% restante de origem térmica, como pode ser visualizado na figura 1.

O potencial hidroelétrico a aproveitar, conforme a figura 2, é da ordem de 97409 Mwano, o que certamente daria para atender as nossas necessidades por mais duas décadas.

Entretanto, os aproveitamentos viáveis, aqueles mais próximos aos principais centros consumidores, já estão sendo utilizados, restando os mais distantes, como mostra a figura 3, que exigem maiores gastos com linhas de transmissão e que pela distância causam maior perda de energia pelo caminho. Esse grande potencial a aproveitar, cerca de 50% se localiza na Amazônia.

A ELETROBRÁS, esta procurando viabilizar a interligação entre os sistemas Norte/Nordeste e Sul/Sudeste/Centro-Oeste, que seria entre Imperatriz, no Maranhão, e Serra da Mesa, em Goiás. A linha de transmissão teria cerca de 1000 quilômetros de extensão, com capacidade de troca de energia entre os sistemas da ordem de até 1000 MW e ganho de 500 MW. Esse ganho seria obtido com a otimização do sistema,

Figura 1 - Origem da produção bruta de energia elétrica no Brasil

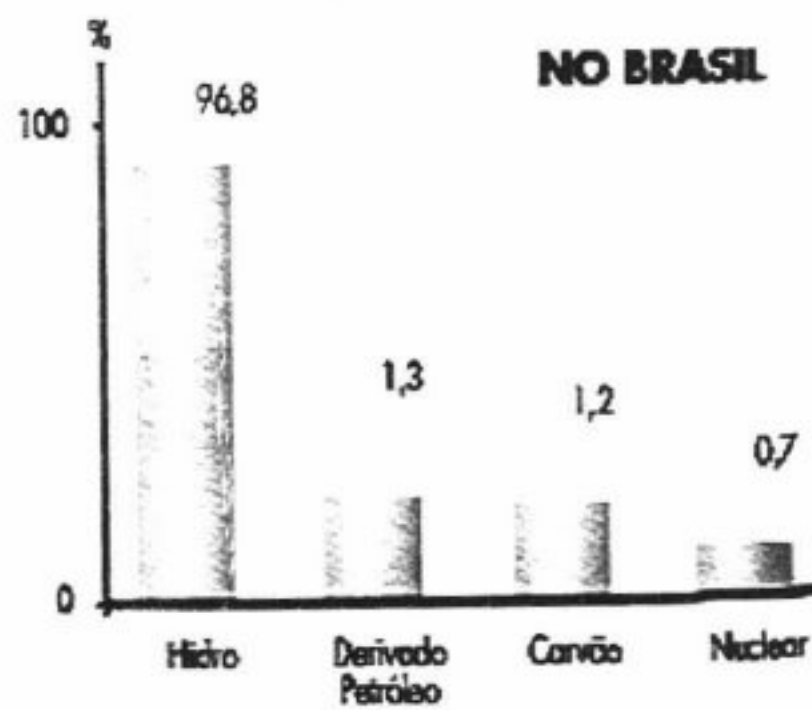


Figura 2 - Potencial hidroelétrico a aproveitar

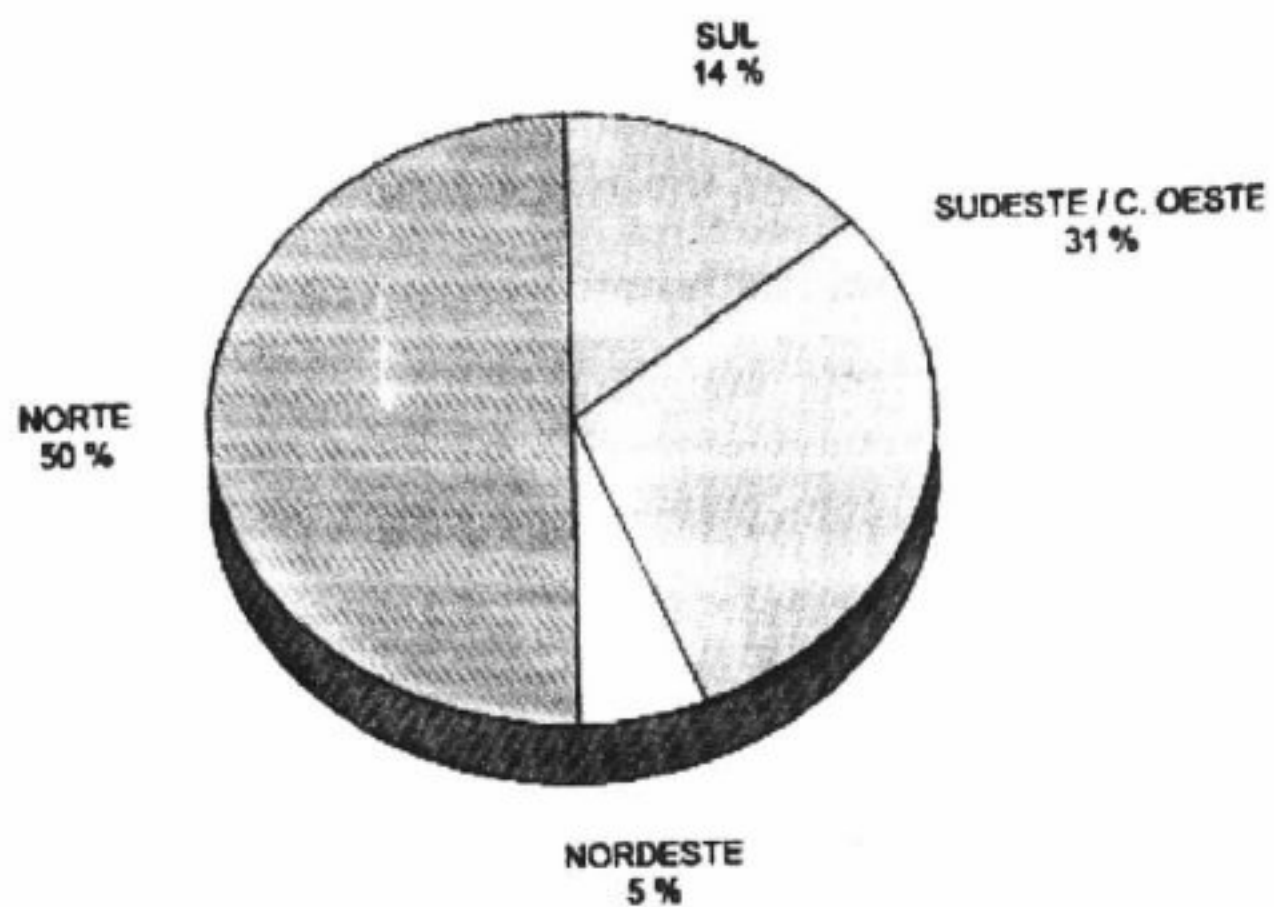
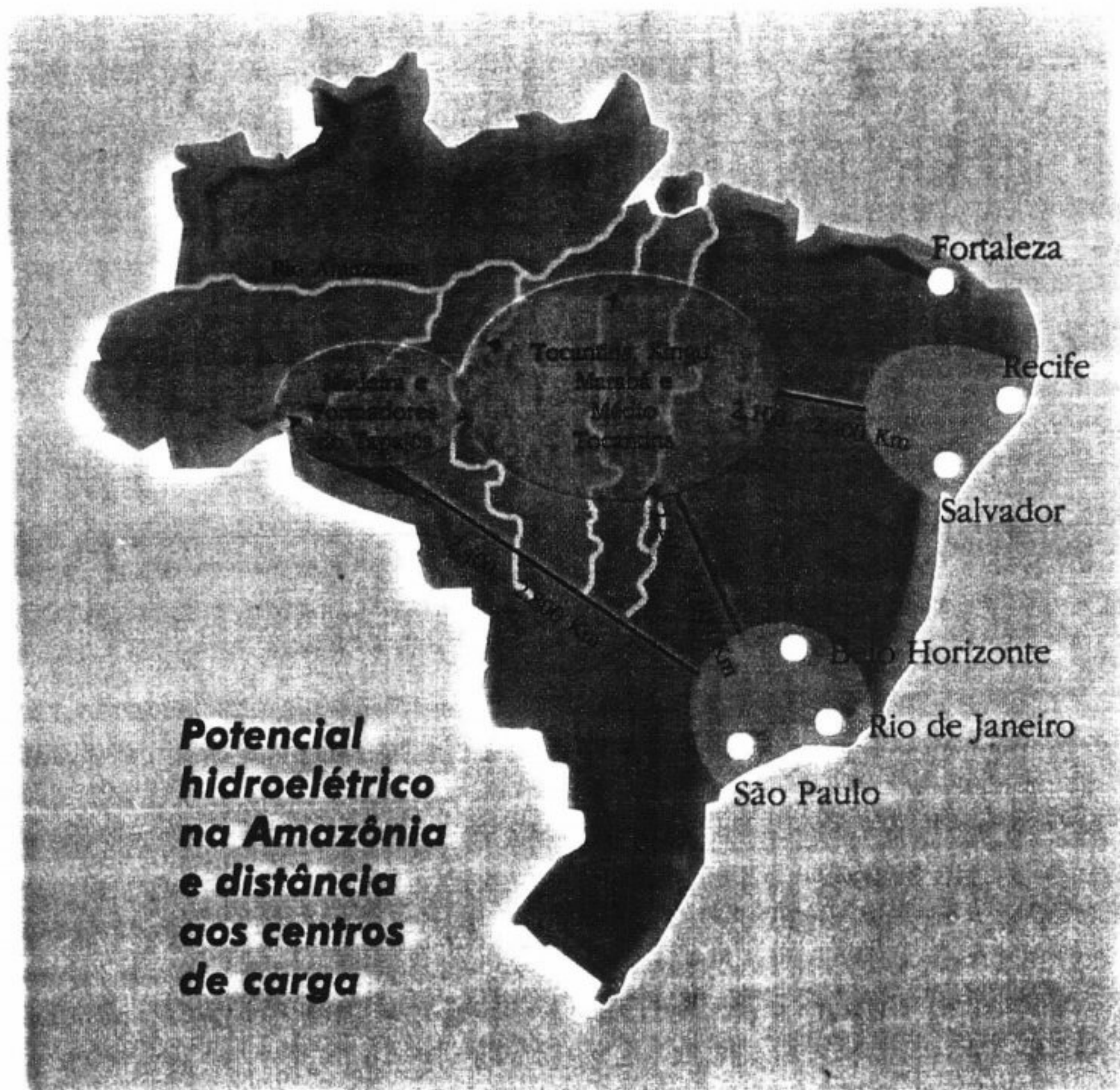


Figura 3 - Distância do Potencial Amazônico aos Grandes Centros Consumidores



por meio da transferência de energia de uma região que estivesse com seus reservatórios com excesso de água para áreas onde a demanda por energia estivesse muito alta, necessitando reforço energético. O projeto foi orçado em US\$ 500 milhões e prazo de implantação de dois anos, utilizando o sistema de corrente alternada, cujos custos são superiores à corrente contínua.

Outra dificuldade para a construção de novas hidrelétricas é a inundação de enormes áreas para servir de reservatórios das centrais e a conseqüente necessidade de desapropriação de terras e deslocamento das populações afetadas, com os seus custos financeiros e sociais decorrentes. Na Amazônia, esse aspecto sócio-ambiental fica mais acentuado, pois nessa região se concentra, junto com sua riqueza hidrelétrica, enorme potencial biológico e grande número de reservas indígenas. Para a inundação de uma área indígena há necessidade de autorização do Congresso Nacional, aumentando, com isso, as dificuldades para a implantação de qualquer projeto, face às condicionantes políticas envolvidas.

SEÇÃO II- A DEMANDA ATUAL E PROJETADA PARA O ANO 2015

A demanda por eletricidade no Brasil é atendida por três sistemas distintos, que são:

O Sistema Interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste, com uma capacidade instalada de 49483 MW, considerando somente

50% (6300 MW) da capacidade de Itaipu, possui 189 usinas hidrelétricas (39751 MW - 93%) e 25 usinas termelétricas (3432 MW - 7%).

Atualmente, a demanda máxima de energia nesse sistema, segundo dados do Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos da ELETROBRÁS, é da ordem de 40500 MW, portanto, próximo da capacidade instalada.

Mesmo considerando que podemos comprar do Paraguai energia de Itaipu a situação não é confortável, apesar de existir, ainda, no sistema um potencial hidrelétrico de 34356 MW, já inventariado, a aproveitar. Uma análise superficial dessa situação nos mostra que há deficiência de reserva nesse sistema, portanto, existe a necessidade, urgente, de se concluir as hidrelétricas em construção, se programar novas unidades de geração e viabilizar a interligação com o sistema Norte/Nordeste.

Em relação às necessidades energéticas do sistema Sul/Sudeste/Centro-Oeste, para o ano 2015, as medidas apontam no sentido da utilização intensiva do potencial hidrelétrico da Amazônia por meio da interligação com o Sistema Norte/Nordeste. Caso essa alternativa não seja implementada implicará, necessariamente, no emprego, em escala significativa, da geração termelétrica e em menor escala da energia nuclear e das demais fontes, inclusive, as fontes alternativas.

O Sistema Interligado Norte/Nordeste que tem uma capacidade instalada de 14172 MW, possui 18 usinas hidrelétricas (13879 MW - 97,9%) e 2 usinas termelétricas

(293 MW - 2,1%).

A sua capacidade hidrelétrica instalada representa 24,1% do total nacional, dispondo, ainda, de um potencial de 57807 MW, já inventariado, para ser aproveitado.

A demanda atual do sistema é da ordem de 9500 MW, existindo, portanto, uma disponibilidade que poderia ser transferida para a Região Sudeste onde, como mencionado anteriormente, já há indicações de déficit de energia.

No horizonte dos próximos 17 anos, a energia hidrelétrica da região amazônica poderá, não só, atender às necessidades do Sistema Norte/Nordeste, como do Sistema Sul/Sudeste/Centro-Oeste, caso seja viabilizado a interligação entre os dois Sistemas.

Os Sistemas Isolados localizam-se, na sua maioria, na Região Norte, totalizando cerca de 300 localidades eletricamente isoladas. Dentre elas, se destacam as seguintes capitais: Boa Vista, Macapá, Porto Velho, Rio Branco e Manaus.

A capacidade desses Sistemas é de 1680 MW, dos quais 1104 MW correspondem às usinas termelétricas e 576 MW às hidrelétricas. Esses Sistemas atendem de maneira deficiente cerca de 50% localidades por eles servidas, pois o atendimento diário é inferior a 24 horas, além disso, os racionamentos, ainda, persistem e são da ordem de 20% do mercado.

Para os próximos anos se prevê a implantação de unidades de ciclo combinado, utilizando gás natural da bacia de Urucu para atender os Sistemas de Manaus e de

Porto Velho. Para atender aos demais sistemas da Região Norte estão previstas unidades de ciclo aberto (turbinas a gás) e interligações elétricas com a Venezuela.

As alternativas para atender à demanda futura de energia

Nos estudos realizados pela ELETROBRÁS, para a expansão dos sistemas elétricos existentes, procurou-se definir a evolução desses sistemas para quatro cenários macroeconômicos e de consumo de energia elétrica, como mostrado nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2
Cenários Macroeconômicos/Produto Interno Bruto

	1996	2000	2005	2010	2015
Cenário I 10 ⁹ US\$	739,4	902,1	1151,1	1404,3	1713,2
Taxa Anual Média(%)	-	2,2	5,0	4,0	4,0
Cenário II 10 ⁹ US\$	739,4	1064,4	1362,4	1662,1	2027,7
Taxa Anual Média(%)	-	4,3	5,0	4,0	4,0
Cenário III 10 ⁹ US\$	739,4	1224,0	1689,1	2162,1	2767,5
Taxa Anual Média(%)	-	6,1	6,0	5,0	5,0
Cenário IV 10 ⁹ US\$	739,4	1285,2	1722,1	2307,6	3092,2
Taxa Anual Média(%)	-	6,7	6,0	6,0	6,0

Fonte: Eletrobrás

Tabela 3
Previsão do Consumo de Energia Elétrica

	1996	2000	2005	2010	2015
Cenário I TWh	257,6	293,8	384,0	467,2	563,0
Taxa Anual Média(%)	-	3,4	5,5	4,0	3,8
Cenário II TWh	257,6	329,5	430,6	523,9	631,3
Taxa Anual Média(%)	-	4,9	5,5	4,0	3,8
Cenário III TWh	257,6	360,7	473,2	589,7	731,4
Taxa Anual Média(%)	-	6,1	5,6	4,5	4,4
Cenário IV TWh	257,6	377,6	495,4	642,6	826,4
Taxa Anual Média(%)	-	6,7	5,6	5,3	5,2

Fonte: Eletrobrás

Foram adotadas três alternativas para balizar a expansão do parque gerador, tendo como referencial o início do aproveitamento do potencial hidrelétrico da Amazônia, face a sua importância para o desenvolvimento do sistema gerador de energia no País, a saber:

Alternativa de Referência: o aproveitamento do potencial amazônico se inicia a partir de 2005;

Alternativa com Adiamento, início do aproveitamento do potencial amazônico a partir de 2010; e

Alternativa Excludente, não se considera o aproveitamento do potencial Amazônico no horizonte de 2015.

O desenvolvimento estrategicamente mais seguro e mais econômico, continua sendo o aproveitamento do potencial hidrelétrico nacional, particularmente o da Região Amazônica. Nas alternativas que retardam o aproveitamento hidrelétrico dessa região, ocorrerá a necessidade do emprego, em grande escala, da geração termelétrica, que poderá chegar, no ano 2015, a até 28% da capacidade instalada do País nos cenários mais elevados de consumo de energia, conforme avaliação de técnicos do setor elétrico.

Dos 97 GWano correspondentes ao potencial hidrelétrico disponível cerca de 80 GWano mostram-se competitivos com as demais opções geradoras. Nesse quadro, o aproveitamento do Médio Tocantins apresenta as melhores condições seguido da bacia do rio Xingú. Com a viabilização dessas interligações estaria atendida a demanda de energia das regiões Sudeste e Centro-Oeste, num horizonte de até o ano 2015. Com a utilização dos potenciais dos rios Madeira e Tapajós a

capacidade de interligação se amplia em cerca de 11000 MW , aumentando o horizonte de atendimento da demanda para além de 2015.

Os custos desses investimentos serão, forçosamente, maiores, face às distâncias envolvidas, tornando a opção termelétrica atrativa. Tais custos, entretanto, não justificariam, a curto prazo, uma alteração significativa do perfil do nosso parque gerador.

Considerando que a alternativa de referência seja a escolhida, os estudos sob os aspectos estritamente financeiros indicam que o papel da geração termelétrica deverá ser significativa a partir de 2010, no cenário de maior consumo e a partir de 2020 no cenário de menor consumo, conforme mostra a tabela 4.

Tabela 4
Início do aproveitamento da geração termelétrica

	2010/2015	2015/2020	2020/2025
I			SE/Centro-Oeste
II		SE/Centro-Oeste	Nordeste Sul
III		SE/Centro-Oeste Nordeste	Sul
IV	SE/Centro-Oeste	Sul	

Fonte: Eletrobrás

Das diversas opções termelétricas, o carvão importado e o gás natural são as que se mostram mais econômicas, seguidas pelo resíduos asfálticos e de vácuo (RASF/RV), pelo carvão nacional e pela energia nuclear. Essa classificação não deve ser entendida como absoluta. A interpretação dos resultados, em termos dos recursos energéticos para geração térmica, estará condicionada aos

parâmetros específicos de cada caso. Assim, os preços do gás natural importado mais reduzidos, em função de excesso de oferta, poderão viabilizar essa opção de geração em qualquer das regiões do Brasil.

Nas demais alternativas, com o deslocamento temporal do aproveitamento hidrelétrico da Amazônia, ocorrerá uma antecipação na utilização da termoeletricidade, provavelmente, a partir de 2010, segundo previsões contidas no Plano 2015.

Nesse caso, também, a utilização do gás natural e do carvão importado, este em maior escala, se apresentam como opções mais econômicas.

As fontes alternativas poderão ser utilizadas em regime de complementação térmica. Dentre as fontes alternativas, destacam-se às opções de biomassa (florestal e resíduos de cana), eólica e solar como competitivas em um futuro próximo. Essa afirmação é baseada em experimentos realizados por meio de projetos pilotos instalados em locais isolados no interior do País. Nesses locais os custos de geração, utilizando tais fontes, foram inferiores às fontes tradicionais.

A interligação elétrica com os países vizinhos

Atualmente, vivemos um processo de integração regional por meio do MERCOSUL e de aproximação com o Grupo de Países do Pacto Andino e do Pacto Amazônico, dentro desses processos o Brasil vem desenvolvendo um grande esforço de integração energética.

No que se refere à integração elétrica do Brasil com os países componentes desses organismos, são as seguintes as perspectivas a médio e longos prazos.

No âmbito do MERCOSUL, a Argentina dispõe de recursos energéticos fósseis e hidrelétricos de razoável magnitude, um parque gerador de energia elétrica com acentuado grau de complementaridade hidrotérmica e custos relativos de geração termelétrica que ensejam uma natural atratividade econômica para o intercâmbio de eletricidade.

As possibilidades de integração elétrica se situam nos seguintes projetos:

a) Hidrelétricas binacionais

Brasil/Argentina (rio Uruguai)

UHE Garabi com capacidade de 1800 MW. O projeto prevê o início de operação da usina em 2001. A figura 4 mostra como será feita essa interligação.

UHE Roncador e UHE São Pedro com capacidades de 2700 MW e 750 MW, respectivamente. Os projetos, ainda, estão na etapa de análise de viabilidade.

Brasil/Uruguai (rio Jaguarão)

UHE Talavera e UHE Paso Centurion com capacidades de 6 MW e 32 MW, respectivamente. Projetos em fase de inventário.

c) Interconexões Elétricas

Com a Argentina temos um projeto para implantação de duas unidades conversoras de 450 MW cada uma, 50/60 HZ, associadas à futura hidrelétrica binacional de Garabi. Essa instalação permitirá a conexão do sistema interligado da

Figura 4 - Interligação Elétrica com a Argentina



Argentina ao sistema interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste, possibilitando a troca de energia entre os dois países.

Com o Uruguai existem dois projetos, sendo um de pequeno porte de 50 MW e outro em extra-alta tensão e de grande porte da ordem de 300 MW.

Em relação aos países do Pacto Andino, as possibilidades de integração energética são promissoras, uma vez que eles apresentam recursos energéticos abundantes e a custos competitivos. Os projetos se situam nos seguintes campos:

a) Aproveitamentos Binacionais

Nesse aspecto, apesar de existirem aproveitamentos hidrelétricos potenciais compartilhado entre o Brasil, Bolívia, Colômbia e Peru, a maioria foi avaliado como remanescente, com exceção da Bolívia que possui um potencial compartilhado identificado que ultrapassa a 9000 MW, muito superior à necessidade dos sistemas isolados adjacentes à fronteira entre os dois países, como pode ser visto na tabela 5.

Tabela 5
Potencial compartilhado com os países do Pacto Andino

Bolívia	Madeira	8492	1788	10280
	Abunã	616	36	652
	Acre	-	72	72
	Xipamaru	-	80	80
	Subtotal	9108	1976	11084
Colômbia	Traíra	-	80	80
	Icana	-	132	132
	Papuri	-	88	88
	Uaupes	-	500	500
	Subtotal	-	800	800
Peru	Breu	-	36	36
	S. Rosa	-	92	92
	Subtotal	-	128	128

Fonte : Eletrobrás

b) Suprimento de Gás Natural para Geração de Energia Elétrica

O Brasil vem, desde 1988, conduzindo negociações com a Bolívia para a utilização do seu gás natural. As negociações evoluíram para um projeto amplo que culminou na construção de um gasoduto da Bolívia ao Estado de São Paulo com ramificações para Belo Horizonte, Curitiba e Porto Alegre. O volume a ser importado pode chegar a 20 milhões de metros cúbicos de gás. A inauguração está prevista para o final de 1998.

Com o Peru existe a possibilidade de se adquirir energia elétrica produzida a partir de gás natural, para abastecimento do sistema Acre - Rondônia. Esse projeto está sendo desenvolvido pela iniciativa privada, com o propósito de atender tanto ao mercado interno quanto ao mercado brasileiro, para tal está previsto a construção de uma termelétrica de 200 MW em Quilabamba. Metade dessa potência estaria disponível para atender ao sistema Acre - Rondônia.

c) Suprimento de Carvão para Geração de Energia Elétrica

Em 1988, os governos do Brasil e Colômbia firmaram um "Memorando de Entendimento em Matéria de Intercâmbio e Cooperação na Área de Carvão". O interesse brasileiro no carvão colombiano se deve à sua excelente qualidade, inclusive, no que se refere ao aspecto ambiental, com baixos índices de elementos contaminantes e, além disso, o seu preço é convidativo (35 a 40 US\$/t).

No âmbito do Pacto Amazônico, o relacionamento do

Brasil é mais intenso com a Venezuela e esporádico com os demais (Guiana, Suriname e Guiana Francesa).

Com a Venezuela, o Brasil tem interesse em negociar a importação do Orimulsión³, por se tratar de um combustível que possui, atualmente, uma grande penetração no mercado internacional como fonte geradora de energia elétrica.

Além disso, o Brasil está em negociações para efetuar, numa primeira etapa, uma interconexão elétrica com aquele país, por meio de uma linha de transmissão, em 500KV, conectando as usinas hidrelétricas do rio Caroni, afluente do Orenoco, à Boa Vista, distante 600 Km. Posteriormente, se pretende estender essa conexão até Manaus, aumentando em mais 800 Km aquela linha de transmissão.

Em relação aos demais países, a perspectiva mais promissora é o convênio que está sendo negociado entre o Brasil e a Guiana Francesa, envolvendo a Eletrobrás e a Eletricité de France - EDF, para o desenvolvimento de um empreendimento binacional, visando a construção de uma hidrelétrica no rio Oiapoque, Salto Mariposa (Saut Maripa), com capacidade da ordem de 200 MW, a ser compartilhada pelos dois países.

O Plano 2015 da Eletrobrás

O Plano Nacional de Energia Elétrica 1993/2015, denominado Plano 2015, é o instrumento de referência para o planejamento, de longo prazo, do Setor Elétrico do País.

³ Trata-se de um combustível líquido, compreendendo 70% de betume e 30% de água, obtido por processo tecnológico apropriado, a partir do petróleo pesado.

Seu objetivo principal é consolidar o conhecimento e as expectativas do Setor Elétrico, no horizonte de longo prazo, explicitando a orientação estratégica que deverá balizar as alternativas de expansão do sistema elétrico, nas próximas décadas.

Este Plano substitui o Plano 2010, editado em 1987, concluindo-se, assim, novo ciclo de planejamento de longo prazo do Setor Elétrico, que prevê a elaboração de um novo plano a cada cinco/seis anos. Sua execução foi coordenada pela ELETROBRÁS e contou com a participação das empresas do Setor Elétrico, dos seus órgãos colegiados e de diversos outros agentes direta ou indiretamente envolvidos com o suprimento e a utilização da energia elétrica.

Elaborado num quadro de reestruturação da economia brasileira (1993), o Plano apresenta como característica principal a busca de novos padrões de qualidade e produtividade. Assim, foram examinados um leque distintos de cenários, de modo a possibilitar o delineamento de uma estratégia de expansão que evitasse a ocorrência de estrangulamento na oferta de energia ou a ociosidade e o uso pouco racional dos recursos existentes.

Os diversos trabalhos realizados, quando da elaboração do Plano, deram origem a um conjunto de relatórios técnicos que embasam e referenciam a orientação estratégica de expansão do parque gerador e as ações decorrentes, a serem implementadas.

Finalmente, foi elaborado um conjunto de estudos e análises referentes à energia elétrica e à expansão do

Setor Elétrico a longo prazo, constituindo os chamados "Estudos Básicos".

Os Estudos Básicos foram consolidados em 14 projetos, listados no anexo A.

CAPÍTULO 2

O APROVEITAMENTO DA ENERGIA NUCLEAR

SEÇÃO I - A PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA NUCLEAR NA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

No capítulo anterior foi apresentado um panorama da situação da energia elétrica no país, com dados obtidos dos órgãos do Setor Elétrico, em que se pode notar claramente a pequena participação da energia nuclear na geração de energia elétrica.

Devemos manter esse quadro ou incrementar o uso dessa fonte ?

Para se chegar a um entendimento de qual alternativa melhor se enquadra na estratégia de expansão do parque gerador do Brasil, analisaremos a situação atual do emprego da energia nuclear, a nível mundial, as dificuldades enfrentadas pelo país para condução de seu programa nuclear e as vantagens de sua utilização, para, finalmente, propormos um modelo de aproveitamento da energia nuclear.

A expansão do parque nuclear mundial

A energia nuclear já é a terceira fonte mais empregada, no mundo, na geração de energia elétrica (17% do

total), o carvão é o mais empregado (40%), seguido da hidroelétrica (18%). Para produção dessa energia existem, atualmente, mais de 400 reatores de potência instalados em 33 países, de acordo com a tabela 6.

Tabela 6
Capacidade Nuclear Mundial

País	Em operação		Em construção		% Nuclear da Geração Elétrica
	MW	UN	MW	UN	
África do Sul	1842	02			6.5
Alemanha	22017	20			29.1
Argentina	935	02			11.8
Armênia	376	01	692	01	
Bélgica	5527	07			55.5
Brasil	626	01	1245	01	
Bulgária	3538	06			46.4
Canadá	14907	21	881	01	17.3
China	2167	03			1.2
Coréia do Sul	9120	11	3870	05	36.1
Cuba			816	02	
Eslovênia	632	01			39.5
Espanha	7124	09			34.1
EUA	98784	109	1165	01	22.5
Finlândia	2310	04			29.9
França	58493	56	5810	04	76.1 //
Holanda	504	02			4.9
Hungria	1729	04			62.3 /
Índia	1695	10	808	04	1.9
Inglaterra	12908	35	1188	04	25
Iran			2146	02	
Japão	39917	51	3757	03	33.4
Lituânia	2370	02	1380	01	85.6
México	1308	02	654	01	6
Paquistão	125	01	300	01	
República Checa	1648	04	1824	02	20.1
República Eslovaca	1632	04	1552	04	44.1
Romênia			1300	02	
Rússia	19843	29	3375	04	11.8
Suécia	10002	12			46.6
Suíça	3050	05			39.9
Taiwan	4890	06			28.7
Ucrânia	13629	16	4750	05	37.8

Fonte: Boletim da Agência Internacional de Energia Atômica (JAN/96)

Países como a França e Japão, de extensões territoriais bem menores que o Brasil, apresentam elevados índices de produção de energia elétrica, a partir de usinas nucleares, 80% e 33%, respectivamente. No caso do Japão deve ser ressaltado que, mesmo tendo sofrido os

efeitos devastadores de duas bombas atômicas e convivendo com freqüentes abalos sísmicos, ainda assim utiliza a energia atômica. Tais indicadores demonstram que essa forma de geração de energia, cujo desenvolvimento tecnológico não possui mais de 50 anos, não deve ser desprezada como importante opção da matriz energética de qualquer país, e em particular para os países em desenvolvimento, em que a demanda de energia é crescente, como é o caso do Brasil.

As dificuldades para o desenvolvimento do programa de geração núcleo-elétrica

A primeira crise do petróleo da década de 70 motivou o incremento da utilização da energia nuclear para produção de eletricidade naqueles países que já dispunham dessa tecnologia, e despertou em outros a necessidade do emprego dessa fonte, inclusive o Brasil.

Além desse fato, havia no País uma forte demanda por energia elétrica, da ordem de 10% ao ano, tais acontecimentos levaram às autoridades a dar prioridade à conclusão da usina núcleo-elétrica Angra I e a buscar(1973/74) acordos de cooperação que possibilitassem o inteiro domínio da energia nuclear.

Nos anos que se seguiram começaram a surgir dificuldades, algumas que persistem até hoje, que vêm prejudicando o andamento do nosso desenvolvimento na área de aproveitamento da energia nuclear.

A primeira dificuldade foi o longo período para a conclusão das obras de Angra I, de 1971 a 1982. Depois

devido às freqüentes falhas em diversos equipamentos mecânicos, a sua operação ficou comprometida nos primeiros anos.

No tocante aos acordos de cooperação as dificuldades foram para a definição do país com o qual faríamos o acordo, de modo que nos fosse transferida a tecnologia necessária ao nosso desenvolvimento na área nuclear.

Inicialmente, foi tentado junto aos Estados Unidos a cooperação para a construção de quatro centrais nucleares e instalações para o ciclo do combustível. As negociações não lograram êxito, uma vez que, ao Governo americano só interessava a construção das usinas.

O Brasil, também, negociou com a França, que admitia vender o "pacote completo", mas sem transferir a tecnologia de enriquecimento de urânio, o que não nos interessava.

Finalmente, se encontrou na República Federal da Alemanha (RFA) um parceiro que mais se aproximava de nossas intenções. Dessa maneira, em 1975 foi assinado o acordo com a RFA, que permitia a transferência de uma tecnologia do ciclo do combustível, ainda, em fase de desenvolvimento. A consequência dessa limitação foi que o combustível para os nossos reatores continua, até hoje, sendo processado no exterior, tendo em vista que processo piloto de enriquecimento de urânio, previsto no acordo, não obteve sucesso.

Outro óbice ao nosso desenvolvimento nuclear surgiu com o acidente de Three Miles Island - TMI (1979), nos EUA, que, além de despertar na opinião pública um sentimento

anti-nuclear, gerou critérios de licenciamento mais rigorosos para operação das usinas nucleares, com isso aumentou os custos de Angra I, bem como provocou atrasos na sua construção.

Ademais, há de se acrescentar o aumento das condicionantes inibidoras ao nosso desenvolvimento nuclear na década de 70, seja por meio de mecanismos multilaterais (Tratado de Não Proliferação, Clube de Londres), seja em decorrência de ações unilaterais dos países fornecedores de materiais, de equipamentos e de tecnologia. Neste aspecto, vale ressaltar a política do Governo Carter que proibia, o fornecimento de urânio com teor de enriquecimento acima de 20%, a exportação de equipamentos e a transferência de tecnologia de enriquecimento, de reprocessamento⁴, de água pesada e de grafita.

Diante dessas dificuldades, o desenvolvimento nuclear brasileiro, na década de 70, baseado no acordo com a Alemanha ficou comprometida, motivando a criação, em 1979, do Programa Autônomo de Tecnologia Nuclear (PATN), com a finalidade de desenvolver a utilização de energia nuclear em todas as formas de aplicação pacífica.

No início da década de 80, as discussões eram no sentido de romper o acordo com a Alemanha, com isso abandonar a geração núcleo-elétrica; manter o acordo, mesmo com a sua credibilidade seriamente afetada; ou reorientar

⁴ Trata-se do processamento do combustível nuclear usado (irradiado) para recuperar o material físsil não utilizado.

os rumos do programa incorporando o desenvolvimento autônomo. A última opção foi adotada, isto é, manteve-se o acordo de modo a permitir a conclusão de Angra II e III, e foi dado continuidade ao desenvolvimento autônomo, o que permitiu, sem duplicações desnecessárias, implantar em diferentes estágios todos os aspectos da tecnologia nuclear.

Com isso, o programa de geração núcleo-elétrica continuou e hoje em dia de Angra I apresenta um excelente desempenho, sendo reconhecido que a falta de sua energia certamente ocasionaria problemas de abastecimento elétrico para os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

Considerando, ainda, o aumento da demanda de energia prevista para os próximos anos nesses Estados, a conclusão de Angra II passa ser fundamental, tendo em vista o esgotamento do potencial hidrelétrico da Região Sudeste.

Entretanto, não é só a necessidade de suplementação energética que justifica a opção núcleo-elétrica. A energia nuclear, atualmente, se apresenta como uma solução para a redução das emissões de gases causadores do "efeito estufa". De fato, a geração núcleo-elétrica não produz dióxido de carbono ou qualquer outro gás que provoque o efeito estufa, ao contrário das demais alternativas que utilizam combustíveis fósseis. Não produz também dióxido de enxofre ou óxidos de nitrogênio, causadores da "chuva ácida". Não emite partículas de metais prejudiciais à saúde. Dessa forma, sob o aspecto da preservação ambiental, fica evidente que a energia nuclear é uma energia limpa e

por isso deve ter a sua utilização incentivada.

Outro aspecto vantajoso na utilização da energia nuclear no Brasil é a abundância de urânio em nosso território, cuja quantidade, segundo técnicos das Industrias Nucleares Brasileiras (INB), é suficiente para o suprimento da Central Nuclear Álvaro Alberto (usinas Angra I, II e III) ao longo de toda a sua vida útil, aproximadamente 50 anos para cada usina.

Assim, as grandes reservas de urânio e as vantagens, sob o ponto de vista ambiental, da utilização dessa fonte, conferem à energia nuclear uma posição de destaque num cenário de aumento crescente da demanda e de sérias restrições ao uso de fontes energéticas poluidoras ou que causam forte impacto ambiental.

Deve ser lembrado, ainda, que a os aproveitamentos hidroelétricos economicamente viáveis (os mais próximos dos principais centros consumidores) já estão sendo utilizados, restando os mais distantes (da região amazônica), que exigem maiores gastos com linhas de transmissão e que pela distância causam maiores perdas.

Dessa maneira, não há dúvida de que a energia nuclear deve estar presente como uma das opções dentro da matriz energética brasileira e que seu uso como fonte complementar à energia hidroelétrica deve ser incrementada, especialmente, para atender à região Sudeste.

A exploração das reservas nacionais de urânio

Como mencionado anteriormente, as nossas reservas de

urânio são abundantes, superando, atualmente, a casa das 300 mil toneladas, sendo que somente 30% do território nacional foi prospectado, segundo dados oficiais.

As maiores jazidas se encontram nos municípios baianos de Lagoa Real e Caetité com 93190t de U_3O_8 e Itataia, no Ceará, com 142500t de U_3O_8 , como mostra a tabela 7.

Tabela 7
Reservas geológicas de urânio em toneladas de U_3O_8

Localização	UF	Medidas e Indicadas	Inferidas	Total
Poços de Caldas	MG	20.000	6.800	26.800
Figueira	PR	7.000	1.000	8.000
Quadr. Ferífero	MG	5.000	10.000	15.000
Itataia	CE	91.000	51.300	142.500
Lagoa Real	BA	61.840	31.350	93.190
Espinharas	PB	5.000	5.000	10.000
Amorinópolis	GO	2.000	3.000	5.000
Rio Preto	GO	500	500	1.000
Total		192.340	108.950	302.190

Fonte: INB

As Industrias Nucleares Brasileira - INB, em 1978, decidiram que a exploração comercial dessas jazidas começaria por Lagoa Real/Caetité e criaram um projeto específico para esse empreendimento. As razões dessa escolha foram a qualidade e a condição do minério: a rocha minério encontra-se à superfície (aflorante), o que possibilita a lavra a céu aberto; e o minério de urânio não está associado a nenhum outro, facilitando o tratamento e permitindo, com isso, a utilização da técnica de lixiviação⁵, bem mais econômica e simples, por eliminar várias etapas do processo industrial convencional.

O projeto Lagoa Real/Caetité, segundo a INB, será conduzido para garantir o abastecimento interno de

combustível para as usinas nucleares, uma vez que a exploração da mina do Cercado, localizada em Poços de Caldas (MG) está esgotada.

Também, já estão sendo planejados outros dois grandes projetos que gerarão um excedente de urânio, o qual poderá a vir a ser exportado, conforme afirmação do Presidente da INB, em entrevista à revista Brasil Nuclear divulgada via Internet.

Esses dois projetos são o de Itataia (CE), mencionado no início, e o de Pitinga (AM). Tanto um quanto o outro serão explorados pela iniciativa privada, com aporte tecnológico da INB.

O projeto de Pitinga apresenta um potencial de exploração comercial de urânio da ordem de 150 mil toneladas que, se for levado adiante, se somará às mais de 300 mil toneladas de reservas já conhecidas.

Portanto, as nossas reservas de urânio não só são suficientes para atender à demanda atual e futura do nosso setor nuclear, como poderão vir a ser uma fonte de divisas para o País.

SEÇÃO II - OS PROBLEMAS COM A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA NUCLEAR

As bombas atômicas lançadas sobre Hiroxima e Nagasáki fizeram com que a opinião pública mundial associasse a utilização da energia nuclear a esses terríveis episódios.

⁵ Tratamento do minério de urânio por meio de solventes.

Com os graves acidentes ocorridos nas usinas nucleares de Chernobyl , na Ucrânia, e de Three Miles Island, no Estados Unidos, bem como a tragédia de contaminação radioativa pelo Césio-137, em Goiânia, contribuíram, ainda mais, para tornar a imagem da energia nuclear, péssima, junto à opinião pública.

As falhas de projeto que originaram os problemas de operação de Angra I, o que lhe valeu o apelido de usina vaga-lume, a elevação dos custos do projeto para corrigir essas falhas e a opção governamental de conduzir um programa nuclear paralelo, que permaneceu secreto por muitos anos, gerando dúvidas sobre o propósito desse programa, também contribuíram para que houvesse enormes questionamentos a cerca da utilização da energia nuclear para fins pacíficos.

A desinformação e as distorções sobre o uso da energia nuclear

Como comentado anteriormente, as tragédias de Hiroshima e Nagasaki, os acidentes de Chernobyl, de Three Miles Island e de Goiânia criaram um estigma sobre utilização da energia nuclear, que dificilmente será esquecido.

Tendo como pano de fundo esses fatos, algumas organizações não governamentais (ONG) , alguns livros didáticos e outros de autores que aproveitam a "onda anti-nuclear" veiculada pela grande mídia, têm apresentado argumentos falaciosos contra a utilização da energia

atômica. Qual o propósito dessas desinformações e/ou distorções a cerca da energia nuclear? A quem interessaria essa situação?

Dentre as ONG, a Greenpeace é a mais atuante, produzindo documentos que são distribuídos aos estudantes com informações erradas e distorcidas. Nesse contexto, se situa a publicação "To be Y" distribuída aos alunos do curso de inglês Yásigi, na qual são feitas associações entre os acidentes nas usinas nucleares às explosões de bombas atômicas e aos morticínios coletivos; são distorcidos os dados de produção de Angra I, procurando demonstrar a sua ineficiência, bem como se especula sobre prováveis acidentes que teriam ocorrido na usina. A associações feitas não levam em consideração os critérios rígidos de segurança, observados na construção e no licenciamento de usinas nucleares pela Agencia Internacional de Energia Atômica(AIEA), os quais reduzem significativamente a possibilidade da ocorrência de acidentes. Em relação, ao desempenho de Angra I, que no início foi sofrível, hoje é excelente, respondendo por 12% do suprimento de energia do Estado do Rio de Janeiro, bem como não se tem notícia de que tenha ocorrido nenhum acidente na usina. Ocorreram algumas contaminações de pequena intensidade, que foram enquadradas na categoria de desvios, as quais são perfeitamente aceitáveis pela AIEA.

No que diz respeito aos livros didáticos, a Revista Brasil Nuclear apresenta uma série de livros com erros

grosseiros , meias-verdades e preconceitos.

Para demonstrar uma dessas meias-verdades, a revista cita um trecho do livro *Energia Nuclear*, publicado pela editora Ática, escrito pelo jornalista Fernando Portela e pelo físico Rubens Lichtenthäler, que ao se referirem ao programa nuclear brasileiro afirmam : " o local onde está instalada Angra I é inadequado para tal, por se tratar de uma falha geológica, cujo solo está sujeito a instabilidades tectônicas". Tal afirmação não deixa de ser verdadeira, pois realmente já foram registrados abalos sísmicos, de pequena intensidade, na região. Essas informações, retiradas dos relatórios técnicos elaborados por ocasião da construção da usina, foram distorcidas. Uma vez que, nesses relatórios são feitas referências a essas anomalias e considerações sobre o projeto de Angra I, sendo, entretanto, assinalado que a usina poderia suportar abalos de grande intensidade e no caso de ocorrerem seria desligada de forma segura e sem riscos para o meio ambiente. Esquecem os autores que o Japão, onde os abalos sísmicos são uma ameaça constante, é um dos países que mais constrói usinas nucleares na atualidade.

Em outro livro didático, *Geografia : O Brasil e suas regiões geoeconômicas* (Vol.2), da Editora Moderna, de autoria de Melhem Adas destinado a alunos do Primeiro Grau, ao ser abordado o mesmo tema, novamente, aparecem erros grosseiros, desinformações e meias-verdades. Nesse livro, pode-se notar, ainda, uma forte conotação política quando o

autor critica o modelo político vigente à época do acordo Brasil/Alemanha.

Sobre o referido Acordo, o autor diz que seriam construídas nove usinas nucleares (seriam 8) e, num tom eivado de rancor político, para um livro escolar e de Primeiro Grau, critica.

"o plano muito ambicioso para um país que, já em 1975 possuía grande dívida externa e que nem sequer(sic) tinha resolvido problemas básicos de milhões de brasileiros (subnutrição ou fome, falta de assistência médica, falta de escolas etc)". (...)alguns homens do Governo ou com forte influência sobre o governo da época vinham sonhando com o "Brasil Potência" ou "Brasil Gigante" (...) sem considerar a necessidade de tirar milhões de brasileiros das condições subumanas em que viviam e ainda vivem (...) A prioridade para eles era tornar o Brasil uma potência (nuclear?)temida em todo mundo, independentemente da miséria de seu povo".

Os fatos: o dimensionamento da quantidade de usinas foi baseada em projeções de demanda da época, em que se previa a necessidade mínima de seis e máxima de oito usinas para o País, segundo o Plano 90 da Eletrobrás. Não se esperava, é óbvio, a crise econômica dos anos 80 que, se por um lado reduziu a demanda por energia elétrica, por outro levou à falta de recursos não só para o programa nuclear, mas para todo o desenvolvimento tecnológico brasileiro.

Quanto às referências de ambições militares do programa, são conclusões do autor, sem nenhuma evidência concreta, pois o Governo sempre deixou claro o compromisso com o caráter pacífico da utilização da energia nuclear. E,

ao contrário do que diz o autor, a intenção do programa era ser um indutor de desenvolvimento, tanto econômico quanto científico e tecnológico, com todos os benefícios, inclusive sociais, que isso traria ao País.

Na lista dos livros que aproveitam a "onda anti-nuclear" veiculada pelos grandes meios de comunicação se enquadra o livro *Histórias Secretas do Brasil Nuclear*, de Tânia Malheiros.

Esse livro, além de desinformar, pode até confundir o leitor menos atento ao apresentar várias imprecisões científicas, como a afirmação à página 83 de que "uma bomba como a que destruiu Hiroshima poderia ser feita com o urânio enriquecido em Aramar, à taxa de 20%". Na verdade, a bomba denominada "Little Boy", lançada pelos americanos sobre aquela cidade japonesa, continha urânio 235 enriquecido a 95%.

O livro atenta, ainda, contra a imagem do Almirante Álvaro Alberto ao diminuir a sua importância como cientista, empreendedor e homem público.

Quais as razões que levam a essa guerra de comunicação, em que se torna imperativo mal informar, contra-informar e desinformar.

Alguns autores identificam, por trás dessa situação, interesses das grandes potências em desestimular o desenvolvimento na área nuclear dos países não possuidores dessa tecnologia. Esse argumento é sustentado por aqueles que denunciam o imenso poder da mídia na formação da

opinião das sociedades democráticas.

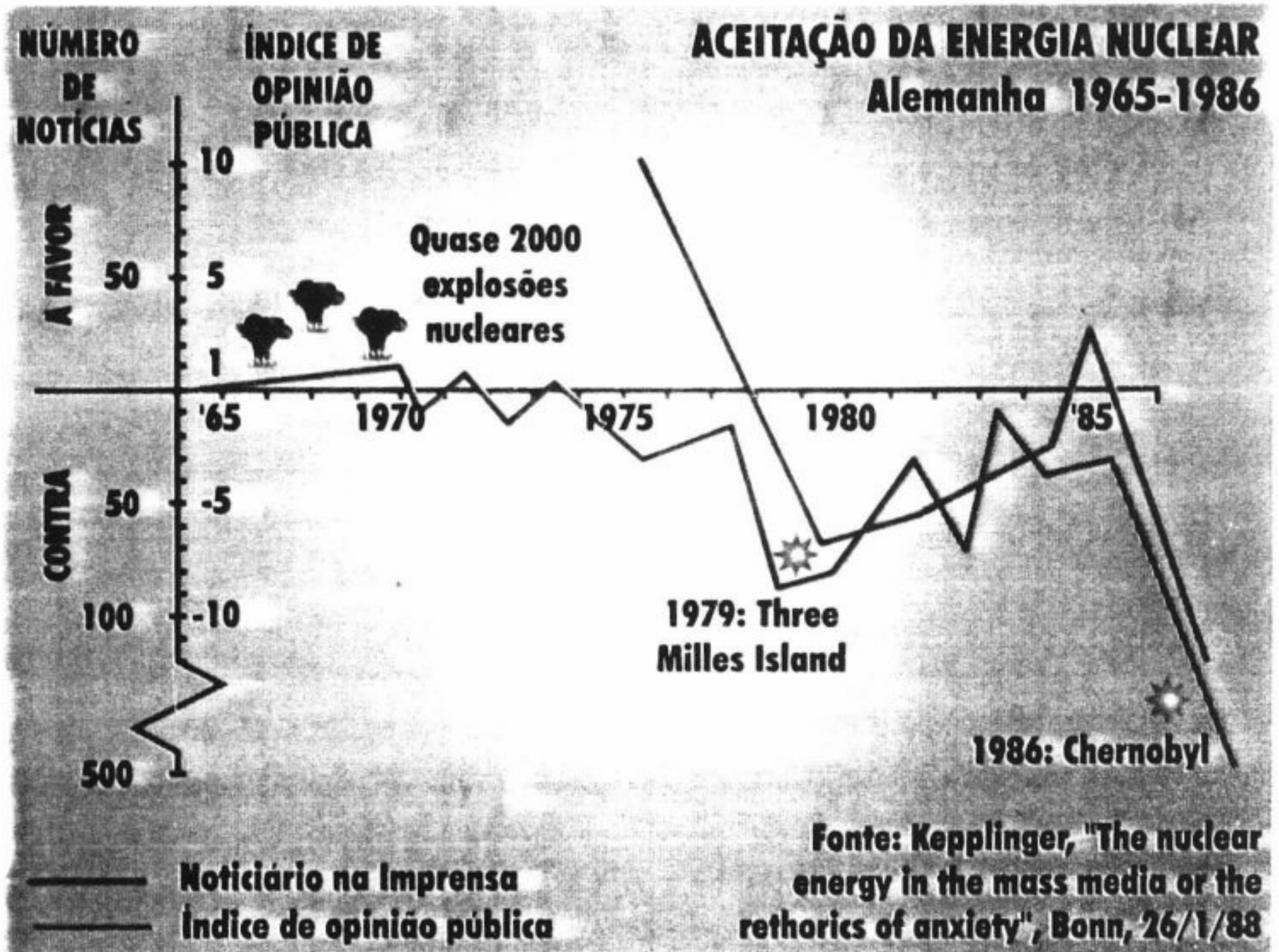
De acordo com o autor norte-americano, Noam Chomski, um dos defensores dessa tese.

" as pessoas de nossas sociedades não estariam mais pensando conforme as suas convicções. Os grandes jornais, revistas e redes de televisão teriam adquirido o poder de determinar o que o cidadão comum - e mesmo, o mais intelectualizado - precisa saber, ao decretar se um fato deve ser levado ao conhecimento público, ou não. Isso fica claro na importância que atribuem aos assuntos que lhes interessam, dedicando enormes espaços a essas matérias, as quais são apresentadas com títulos bombásticos. Assim, a mídia tenta orientar, quase sempre com sucesso, as reações das pessoas aos muitos eventos da sociedade, "fabricando" o consenso. Esse consenso, segundo o autor, serve aos interesses dos donos do poder econômico e político que, em última instância, sustentam ou, mesmo, controlam diretamente os meios de comunicação"⁶.

Várias evidências empíricas confirmam essa tese. A revista Brasil Nuclear publica um extrato de um trabalho do professor alemão Hans Mathias Kepplinger, publicado sob o título de "*The nuclear energy in the mass media or the rethorics of anxiety*", em que o professor demonstra que existe uma clara correlação entre o que pensa a opinião pública diante da energia nuclear e o tratamento, favorável ou desfavorável, dado pelos meios de comunicação a essa tecnologia. A Revista apresenta um gráfico, mostrado na figura 5, no qual se pode notar que até o início da década de 70, o noticiário da imprensa alemã era favorável à energia nuclear e a opinião pública, mais ainda. A partir daí, o noticiário passou a ressaltar os aspectos negativos,

⁶ VERA, Dantas. A fabricação do consenso. Brasil Nuclear, Rio de Janeiro, v. 4, n. 13, p. 2-3, abr./jun. 1997.

Figura 5 - Aceitação da Energia Nuclear



declinando, também, a aceitação pública. Nota-se, ainda, uma pequena atenuação do noticiário desfavorável durante a primeira metade dos anos 80, permitindo, também, uma nova ascensão da curva de aceitação . O grande espaço nos noticiários dado ao acidente de Chernobyl, entretanto, derrubou essa tendência.

Se fossem feitos levantamentos semelhantes em outros países, inclusive no Brasil, os resultados provavelmente seriam semelhantes.

Esse trabalho, também, permite uma curiosa associação entre o período em que "interessava" às potências nucleares uma boa imagem da energia nuclear, isto é, até o início dos 70, quando esses países realizavam testes nucleares para desenvolvimento de sua bombas atômicas.

Depois, quando o conhecimento acumulado já permitia o projeto de novos artefatos por meio de simulação em computadores, coincidentemente, as grandes potências firmaram entre si e levaram outros países a assinar acordos internacionais que reduziam paulatinamente os testes até a proibição total, que é a situação atual.

A conclusão que se chega, apesar de não se ter dados científicos que a comprove, é que, quando o "clube atômico" não mais precisava realizar testes reais, a opinião pública já podia ser mobilizada para impedir o desenvolvimento nuclear dos outros países.

A destinação dos resíduos radioativos

As atividades industriais, médicas e de pesquisa geram

resíduos perigosos que devem ser adequadamente gerenciados. No caso das atividades nucleares, esses resíduos são intitulados rejeitos radioativos.

Com o objetivo de melhor avaliar a segurança e fiscalizar a construção, a operação, o descomissionamento seguro de instalações nucleares, o armazenamento e a deposição final de rejeitos radioativos, bem como controlar o transporte de materiais radioativos foi criada pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), em 1995, a Coordenação de Rejeitos Radioativos (COREJ).

Ao contrário dos demais resíduos perigosos, a maioria dos rejeitos radioativos perdem sua periculosidade com o tempo, isto é, transformam-se em materiais não radioativos.

Cabe ressaltar que, de acordo com as características radiológicas que apresentam, os rejeitos podem ser descartados, imediatamente, como lixo comum, remetidos aos países de origem para serem reaproveitados ou armazenados por um período, até que possam ser descartados ou depositados, definitivamente, em repositórios.

Para se entender melhor a política brasileira para os rejeitos radioativos, apresenta-se abaixo a classificação dos rejeitos radioativos, segundo a AIEA. Esses rejeitos são classificados em 5 grupos, a saber:

Grupo I - Alto nível e vida longa - apresentam radiações $\beta\gamma$ de alta energia, presença elevada de radiação α e alta radiotoxicidade e alto calor;

Grupo II - Médio nível e vida longa - apresentam

radiações $\beta\gamma$ de média energia, presença elevada de radiação α , radiotoxicidade intermediária e pequeno calor;

Grupo III - Baixo nível e vida longa - apresentam radiações $\beta\gamma$ de baixa energia, presença elevada de radiação α , baixa/intermediária radiotoxicidade e calor insignificante;

Grupo IV - Médio nível e vida curta - apresentam média energia, presença insignificante de radiação α , radiotoxicidade intermediária e baixo calor; e

Grupo V - Baixo nível e vida curta - apresentam radiações $\beta\gamma$ de baixa energia, presença insignificante de radiação α , baixa radiotoxicidade e calor insignificante.

Os rejeitos radioativos são armazenados, de acordo com a AIEA, em repositórios próximos a superfície e de sub-superfície.

O repositório próximo a superfície pode ser simplesmente uma trincheira ou uma construção mais sofisticada, com barreiras de concreto. Esse tipo de repositório é utilizado por diversos países para a deposição de rejeitos dos grupos III, IV e V. Espanha, Inglaterra e França utilizam esse tipo de repositório.

Os repositórios de sub-superfície localizam-se a uma distância da superfície suficiente para eliminar os riscos de intrusão humana, animais ou contato dos rejeitos com plantas. Tais repositórios são classificados em três categorias, a saber:

- cavidades especialmente feitas pelo homem (Finlândia);
- minas abandonadas (Alemanha); e
- cavidades naturais.

Esse tipo de repositório aplica-se aos rejeitos dos grupos I, II e III.

A política de rejeitos radioativos adotada pelo Brasil é semelhante àquela de vários países (França, Inglaterra, Estados Unidos, etc..), estando de acordo com o recomendado pela AIEA, qual seja, a utilização de repositórios próximos a superfície, com as necessárias barreiras de engenharia, para a deposição final de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação.

O Brasil vem acompanhando a tendência mundial de armazenamento de rejeitos em depósitos intermediários, de tal forma a acumular quantidades que justifiquem a construção de depósitos finais.

Os principais rejeitos de baixo e médio níveis de radiação existentes no País são provenientes das instalações do ciclo de combustível nuclear, da indústria de beneficiamento de areias monazíticas, do uso de radioisótopos em medicina, indústria, pesquisa, agricultura e pecuária, da usina Angra I e do acidente radiológico de Goiânia, ocorrido em 1987.

Os rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação gerados pela usina Angra I, encontram-se armazenados na própria usina, em tambores especiais. O

depósito foi projetado e construído de acordo com as normas de segurança e radioproteção da CNEN.

Os elementos combustíveis irradiados durante a operação de Angra I encontram-se armazenados no prédio do reator, aguardando a definição quanto decisão de reprocessamento.

Os demais rejeitos oriundos de instalações radiativas, são armazenados, em segurança, nos locais onde são gerados até que possam ser removidos, conforme determina as instruções da CNEN.

A destinação final dos rejeitos radioativos é uma questão polêmica e motivo de preocupação para todos os países que utilizam a energia nuclear, exigindo portanto cuidados especiais que devem ser refletidos em legislação específica.

No Brasil, as leis 4118, de 27/08/89, 6178, de 16/12/74 e 7781, de 27/06/89 definem quais os cuidados que devem ser tomados e atribuem à CNEN a função de receber e depositar rejeitos radioativos, bem como de avaliar a segurança e proceder à fiscalização de repositórios.

Finalmente, há de se considerar que para garantir o confinamento seguro desses materiais, pelo tempo que se fizer necessário, três objetivos devem ser alcançados :

- a minimização de qualquer efeito nocivo às gerações futuras;
- a proteção à saúde humana; e
- a proteção ao meio ambiente.

CAPÍTULO 3

A MARINHA E O PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO

SEÇÃO I - A CONTRIBUIÇÃO DA MB PARA O DOMÍNIO DO CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR

O ciclo do combustível nuclear é um conjunto de sete etapas percorridas pelo urânio que vai desde a sua extração como minério bruto, a produção do concentrado de urânio (yellow cake), a conversão para hexafluoreto de urânio (UF₆), o enriquecimento, a reconversão (pó de urânio), a fabricação de pastilhas, até a fabricação do elemento combustível utilizado nos reatores das usinas nucleares, conforme mostrado na figura 6.

O domínio dessa tecnologia é uma aspiração nacional, que vem desde 1947, época em que o Almirante Álvaro Alberto era Presidente do Conselho Nacional de Pesquisas (atual CNPq).

Naquela época, os EUA exerciam o monopólio nuclear e mantinham fortes pressões, contra as pesquisas nucleares em outros países, com alegações de que essas atividades eram um risco à segurança mundial.

Entretanto, a explosão da primeira bomba soviética, em 1949, e os interesses de outros países industrializados no desenvolvimento nuclear permitiram o aparecimento de mecanismos internacionais que possibilitavam a cooperação nessa área.

Utilizando um desses mecanismos, em 1954, o Almirante

Figura 6 - Ciclo do Combustível Nuclear



Álvaro Alberto adquire três centrífugas na Alemanha, com o propósito de obter o conhecimento do ciclo do combustível nuclear.

A entrega desses equipamentos é fortemente dificultada pelos EUA. Tais dificuldades levaram o Almirante a renunciar ao cargo de Presidente do CNPq.

No ano seguinte é suspensa uma cooperação do CNPq com a França para produzir urânio metálico, forma do combustível nuclear de maior uso na época.

Esse quadro internacional nada favorável ao nosso desenvolvimento nuclear, não impede que o Brasil adquira dois reatores de pesquisa e sejam criados em 1955 e 1956, respectivamente, o Instituto de Pesquisas Radioativas - IPR, em Belo Horizonte (atual Centro de Desenvolvimento Tecnológico Nuclear - CDTN) e o Instituto de Energia Atômica - IEA (atual Instituto de Pesquisas Nucleares - IPEN), em São Paulo.

Ainda, em 1956, foi instalada no Congresso a primeira Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) para investigar as pressões para a mudança das diretrizes do CNPq. Essa CPI constata a insatisfação americana no caso das centrífugas.

O Governo americano alegava que a possibilidade de o Brasil dominar a tecnologia nuclear significava ameaça à segurança dos EUA e de todo hemisfério ocidental, com efeitos deletérios às relações entre os dois países (CPI - 1956).

Essa situação levou o Brasil, desde aquela época, a esboçar duas vertentes na sua estratégia para dominar os

usos da energia e do ciclo do combustível nuclear: uma, com base na cooperação externa e outra por esforço próprio.

A aquisição das centrífugas foi baseada na primeira vertente, entretanto, o próprio Álvaro Alberto lançou, ainda, em 1954, as bases de um programa independente.

O programa independente foi incrementado pelos dois primeiros presidentes da CNEN, Otacílio Cunha e Marcelo Damy de Souza Santos, o primeiro ao criar e o segundo ao dar prosseguimento, a um programa de qualificação profissional nas mais diferentes áreas do conhecimento nuclear, para possibilitar a construção, no Brasil, de forma autônoma, de reatores de pesquisa e o desenvolvimento de técnicas de beneficiamento de urânio.

Tais iniciativas permitiram a construção do Argonauta, reator de pesquisa instalado no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), e das primeiras usinas piloto do ciclo de combustível, no então IEA, em São Paulo.

A partir da segunda metade da década de 60 há uma reorientação nas atividades de desenvolvimento nuclear, com o início dos estudos para a construção de uma usina núcleo-elétrica no País. A escolha, em 1971, recaiu sobre um reator de 626 Mwe do tipo água pressurizada e urânio levemente enriquecido, por meio de um acordo com os EUA (Angra 1). Nesse acordo não havia nenhuma cláusula que possibilitasse a transferência de tecnologia de enriquecimento de urânio, somente garantia o suprimento do material combustível para a operação da usina.

Essa mudança de orientação ocasionou um arrefecimento

nas atividades de pesquisas independentes, conduzidas até então, e sinalizou a preferência, das nossas autoridades, pela cooperação externa.

Com a quase paralisação das atividades nacionais de pesquisa nessa área e seguindo a tendência citada anteriormente, o Brasil celebrou em 1975 um acordo com a Alemanha, cujo propósito principal era, sem dúvida, o domínio do ciclo do combustível nuclear. Na ocasião, a usina Angra 1 já estava em construção, o conhecimento já disponível e aquele que seria obtido em decorrência de sua construção, não seria ampliado com a implantação das demais centrais, previstas no acordo.

Além disso, o acesso à importação de "pacotes fechados" de usinas nucleares nunca foi vedado ao Brasil, as restrições e bloqueios de cunho político estavam, e continuam até hoje, concentrados na tecnologia do enriquecimento do urânio.

Naquela época, o País já dominava as etapas iniciais do ciclo do combustível - da mineração até a produção do "yellow cake"- nas instalações de Poços de Caldas, e o Centro de Engenharia Química do IPEN já dominava, em escala laboratorial, as etapas de reconversão e produção de pastilhas.

Todavia, a etapa do ciclo do combustível nuclear que representa o maior desafio tecnológico que é o enriquecimento do urânio estava longe de ser obtida. O acordo significava, portanto, a possibilidade de aquisição de uma tecnologia de enriquecimento.

O processo de enriquecimento que os alemães haviam desenvolvido e que, inicialmente, nos seria transferido era o da ultracentrifugação. Entretanto, por ocasião da assinatura dos contratos comerciais, os alemães alegando bloqueio da Holanda, um de seus parceiros no consórcio Urenco (formado por Alemanha, Holanda e Inglaterra), retiraram a possibilidade da venda da tecnologia de ultracentrifugação, oferecendo, em contrapartida, a tecnologia por jato centrífugo ("jet nozzle"), que se encontrava e, ainda, continua em desenvolvimento. Infelizmente, pagamos pelo o desenvolvimento de uma tecnologia que não logrou êxito.

Esse era o panorama, nada animador, do fim dos anos 70. A Marinha, entretanto, vislumbrou a possibilidade de reverter essas expectativas e lançou, em 1978, um programa integrado de pesquisa e desenvolvimento, em parceria com o IPEN.

O propósito desse programa seria a capacitação no projeto e construção de pequenos reatores, do tipo água pressurizada (PWR), para propulsão de submarinos. No escopo dessa iniciativa estava o retorno do País às atividades autônomas de pesquisa nuclear, uma vez que o programa compreendia, inicialmente, a viabilização do ciclo do combustível nuclear com tecnologia nacional, independente do acordo Brasil - Alemanha, para, finalmente, atingir a capacitação na propulsão nuclear de submarinos.

Como mencionado anteriormente, a etapa do ciclo do combustível que representa o maior desafio tecnológico é o

enriquecimento isotópico de urânio, por isso todos esforços foram concentrados na busca desse conhecimento.

O método escolhido para o desenvolvimento dessa tecnologia foi a ultracentrifugação, considerado econômico e tecnicamente o mais promissor para ser conduzido independentemente.

A conclusão da fabricação do primeiro protótipo de ultracentrífuga ocorreu em 1981, a partir do conhecimento obtido pela Marinha quando recuperou, em 1979, aquelas centrífugas alemãs adquiridas por Álvaro Alberto que estavam encostadas no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). No mês de setembro do ano seguinte, foi realizada com sucesso a primeira operação de enriquecimento de urânio com equipamentos projetados e construídos no Brasil.

Em 1983, o programa foi revisto e ampliado, passando do desenvolvimento de ultracentrífugas para o de usinas de demonstração de enriquecimento isotópico de urânio.

Em abril de 1988, com a presença do então Presidente José Sarney, foi inaugurado, no Centro Experimental Aramar, no município de Iperó, SP, o Laboratório de Enriquecimento Isotópico (LEI), que constitui a primeira etapa da usina citada no parágrafo anterior.

Atualmente, encontra-se em fase final de construção o primeiro módulo daquela usina, reunindo 700 ultracentrífugas instaladas e ligadas em cascata. O objetivo é instalar, nos próximos anos, mais 4 mil.

O combustível a ser produzido nessa usina piloto será utilizado nos reatores de pesquisa do IPEN, IEN e CDTN.

Atualmente, está em vias de ser assinado um convênio entre a Marinha e a INB para o fornecimento de ultracentrífugas às cascatas de enriquecimento de urânio da fábrica de elementos combustíveis daquela Instituição, situada em Resende, RJ.

Essa é a contribuição da Marinha para o domínio do ciclo do combustível nuclear.

Cabe ainda ressaltar que, no projeto das centrífugas diversas áreas da engenharia estiveram envolvidas para a produção de ligas especiais de alta resistência (aço "maraging"), materiais compostos, bombas de vácuo, dentre outros componentes, o que certamente, também, tem contribuído para o desenvolvimento do País.

SEÇÃO II - A CONSTRUÇÃO DE REATORES "PWR"

Cumprida a primeira etapa de seu programa que era o domínio do ciclo do combustível, a Marinha pôde iniciar o processo para obtenção da capacidade de construção de reatores de água pressurizada (PWR). Para alcançar esse objetivo foram estabelecidas metas intermediárias para capacitação nas áreas de projeto do núcleo de reatores, de termohidráulica de alta pressão e equipamentos a vapor, para, finalmente, se chegar ao projeto e construção de um reator de potência de pequeno porte.

Tais metas estão se concretizando por meio de grandes experimentos de validação. Dessa forma, em novembro de 1988, entraram em operação o reator nuclear de potência

zero IPEN/MB-01 e o circuito termohidráulico experimental de 150 bar, bem como está em fase final de construção o laboratório de testes de equipamentos de propulsão para desenvolvimento de equipamentos a vapor, figura 7.

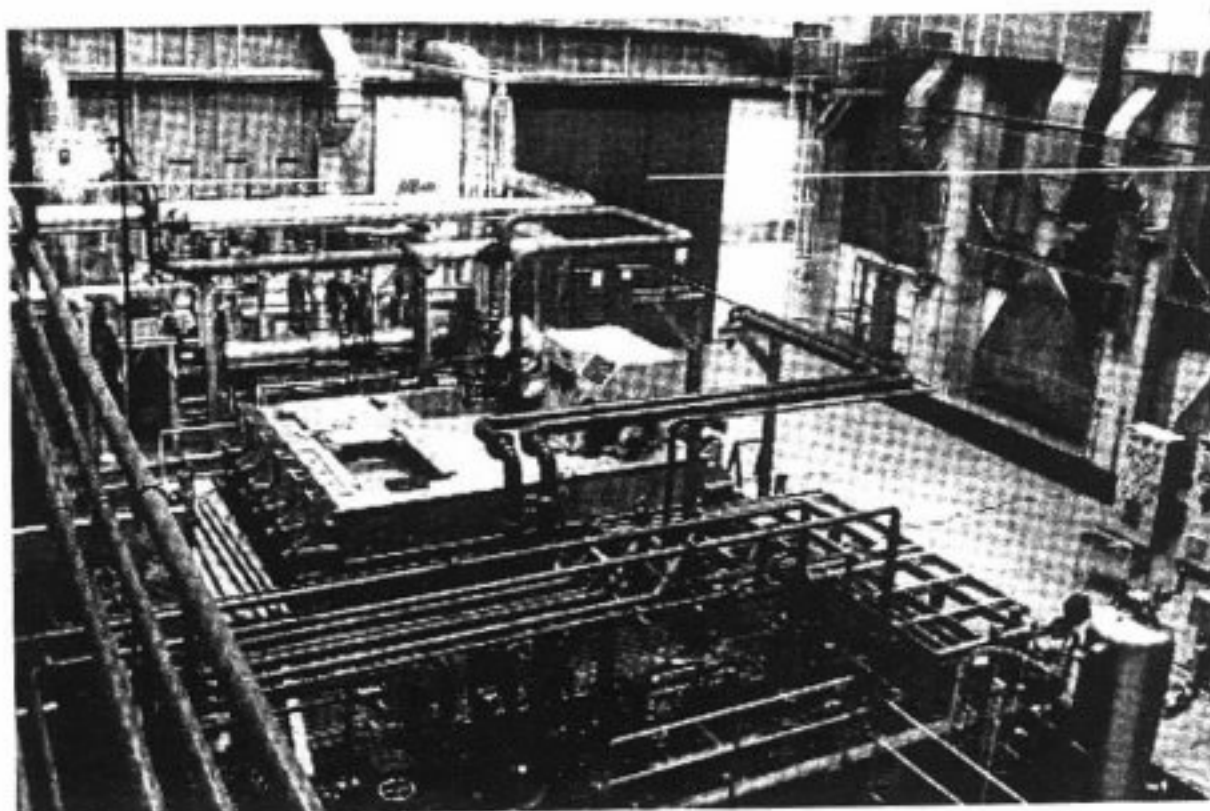
Todos esses empreendimentos foram projetados e executados ou ainda estão sendo executados por firmas nacionais.

A meta principal do programa, que é a construção da Instalação Nuclear de Água Pressurizada (INAP), já foi iniciada, uma vez que parte significativa de seus componentes estão em fabricação em nossa indústria e o local onde será instalada está sendo preparado. O reator dessa instalação será o primeiro reator nuclear de potência projetado e construído no País, e servirá como uma instalação-protótipo do sistema de propulsão nuclear.

À semelhança do domínio do ciclo do combustível nuclear que trouxe imensos ganhos qualitativos para o setor científico e tecnológico do País, os quais poderão ser utilizados em outras áreas além da nuclear, o projeto do reator de pequeno porte, do tipo "PWR", também, tem-se mostrado pródigo nesse sentido.

O desenvolvimento da INAP tem motivado avanços tecnológicos em diversos setores da engenharia nacional, ao exigir que na fabricação de componentes do reator sejam observados os modernos conceitos de utilização de Sistemas Intrínsecos de Proteção Aprimorada (SIPA). Esses conceitos tornam o reator intrinsecamente seguro, de acordo com atual tendência mundial para os reatores de potência.

Figura 7 - Laboratório de testes de equipamentos de propulsão



Outro aspecto digno de nota no projeto da INAP é o seu sistema de controle, desenvolvido inteiramente no Brasil, que corresponde, em termos internacionais, ao estado da arte da tecnologia de controles. Trata-se de um sistema digital, que incorpora muitas inovações tecnológicas, com possibilidade de aplicação em outras instalações industriais e navais.

Uma breve análise dos benefícios advindos da construção da INAP pode-se assinalar : a nacionalização de diversos de seus componentes, que não eram fabricados e muito menos projetados no País, atualmente já o são; a integração com a comunidade científica e a indústria, tendo em vista que, desde o projeto do reator até a sua execução final, sempre se contou com a participação desses setores da sociedade organizada; a cultura experimental que ao longo do desenvolvimento de todos os seus componentes esteve e continua presente para validar todos os seus empreendimentos; e a capacitação tecnológica, que tem o efeito salutar na disseminação de conhecimentos de ampla aplicação e na produção de "know-how", de uma maneira muito mais efetiva que qualquer pacote de transferência de tecnologia poderia oferecer, além, é claro, de aumentar a qualificação do pessoal técnico envolvido com o projeto.

Além dos benefícios mencionados acima, a principal contribuição da INAP deverá ser na utilização do seu tipo de reator na geração de energia elétrica , tendo em vista a energia nuclear ser uma das fortes candidatas à complementação de nossa matriz energética, num futuro

próximo. Por isso, é de fundamental importância que estejamos capacitados a exercer esta opção quando se fizer necessário, sem a dependência de tecnologia e fornecimentos externos.

Como a tecnologia utilizada na INAP é essencialmente a mesma da empregada em reatores de maior porte destinados à produção de energia elétrica, espera-se que, de modo similar ao ocorrido em outros países, a capacitação obtida por nossos técnicos no projeto do reator de propulsão nuclear venha a ser usada no projeto e construção de centrais núcleo-elétricas.

O domínio dessa tecnologia, certamente, propiciará apreciável redução de custos em moeda estrangeira, o que ocorreria com a importação dessas centrais, além de promover o fomento daquelas indústrias ligadas ao setor nuclear, podendo, inclusive, gerar condições de participação de nossa indústria no mercado de construção de centrais nucleares.

Sob esse enfoque, a Marinha propôs ao Grupo de Trabalho do Programa Nacional de Energia Nuclear (GT-PRONEN) o apoio da equipe técnica que desenvolveu a INAP aos outros órgãos do Governo e empresas privadas envolvidas no desenvolvimento do projeto de usinas de 100 MWe de potência. Esse tipo de usina, de construção padronizada e modularizada, poderá, eventualmente, ser usada para gerar eletricidade em sistemas isolados, conforme previsões de técnicos do Setor Elétrico.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÃO

O nosso parque gerador de energia elétrica, fundamentado, basicamente, na energia hidráulica atende a demanda e poderá continuar atendendo, ainda, por, pelo menos, mais 20 anos, desde que se utilize o grande potencial existente na bacia amazônica e se faça as interligações elétricas necessárias para permitir o aproveitamento desse potencial.

Entretanto, persistem as incertezas quanto a esse aproveitamento, de natureza econômica e ambiental, uma vez que seriam necessários elevados investimentos para levar essa energia aos grandes centros consumidores, bem como seriam inundadas enormes áreas para construção dos reservatórios. Tais aspectos, certamente, se constituirão em fortes óbices à consecução desse projeto, tendo em vista os poucos recursos orçamentários disponíveis e as pressões das entidades ambientalistas, tornando necessário a busca de soluções alternativas.

O Setor Elétrico brasileiro tem atuado nesse sentido, ao procurar novas opções de geração de energia para complementar a hidroeletricidade.

Dentre essas opções estão a utilização do gás natural da bacia de Urucu para abastecer Manaus e regiões em torno, a importação de gás da Bolívia e da Argentina, a interligação elétrica com a Venezuela e Argentina,

praticamente já acertadas, a conclusão de Angra II e Angra III, a utilização do carvão nacional e importado, e a implantação de projetos pilotos para o emprego da biomassa e das energias eólica e solar em pequenos sistemas isolados.

O emprego da energia nuclear como se pôde notar, se restringe à conclusão das obras de Angra II e III.

As razões desse aparente descaso, para com esse tipo de energia, são explicadas pelo fracasso do Acordo Brasil - Alemanha, que consumiu elevados recursos financeiros, não propiciou o almejado domínio do ciclo do combustível nuclear e motivou suspeitas de intenções militares por parte da opinião pública. Tais fatos só contribuíram para aumentar a polêmica em torno da utilização da energia nuclear e reforçar as fortes pressões que o Brasil sofria e continua sofrendo das grandes potências contra o nosso desenvolvimento nessa área.

Esses questionamentos, que vão desde a real necessidade da utilização dessa energia, passa pelo receio da ocorrência de acidentes, até a preocupação com a destinação dos resíduos radioativos, têm-se manifestado, algumas vezes de maneira tendenciosa, por intermédio das ONG, dos políticos, dos meios de comunicação em geral e, até mesmo, dos nossos autores de livros didáticos.

Nesse contexto de incertezas e dificuldades, a Marinha, em menos de 10 anos de desenvolvimento de seu programa nuclear, conseguiu chegar ao domínio do ciclo do combustível e construir um protótipo de um reator de

potência, o IPEN/MB-01 .

Essas conquistas tecnológicas obtidas pela Marinha em parceria com a comunidade científica brasileira, em especial com o Instituto de Pesquisas Nucleares (IPEN), demonstrou que o Brasil tem capacidade para resolver seus problemas estratégicos, mobilizando seus recursos materiais e humanos para alcançar um objetivo comum.

Todavia, os maiores benefícios desse salto tecnológico dizem respeito a nossa autonomia em relação à produção do combustível para as usinas nucleares e a obtenção da capacitação na construção de reatores de potência, do tipo PWR, que permitirá ao País projetar e construir centrais nucleares.

Cabe, ainda, acrescentar que o domínio do ciclo do combustível nuclear , as grandes reservas disponíveis de urânio e a capacitação no projeto e construção de usinas núcleo-elétricas, permitirão ao Brasil participar do mercado internacional de fornecimento de urânio enriquecido e de centrais nucleares.

Finalmente, deve ser considerado que apesar dos órgãos governamentais não atribuírem grande prioridade à geração núcleo-elétrica, é fundamental que o País esteja capacitado a exercer esta opção quando e se ela se fizer necessária, sem dependência de tecnologia e fornecimentos externos.

Nesse sentido, o Brasil já detém a tecnologia necessária a esse empreendimento.

ANEXO A
ESTUDOS BÁSICOS

Projeto 1: Metodologia e Processo de Planejamento da Expansão do Setor Elétrico.

Apresenta a metodologia adotada nos estudos de planejamento da expansão do sistema, indicando os principais critérios, parâmetros e modelos empregados.

Projeto 2: O Setor Elétrico e a Economia Brasileira.

Caracteriza diversos cenários econômicos e energéticos, destacando as diferentes implicações de cada cenário para o planejamento da expansão do Setor Elétrico.

Projeto 3: Perspectivas do Mercado e da Conservação de Energia Elétrica.

Analisa o papel da energia elétrica nos diferentes setores de consumo, caracteriza os fatores determinantes de sua evolução futura e discute a economicidade e as metas para uma política de conservação de energia.

Projeto 4: A Oferta de Energia Elétrica.

Relaciona e quantifica as principais fontes primárias disponíveis para geração de energia elétrica, detalhando suas respectivas tecnologias e custos.

Projeto 5: Sistemas de Transmissão de Energia Elétrica.

Apresenta a situação atual e as perspectivas de evolução dos sistemas de transmissão do País, incluindo a análise da transmissão a longa distância, em particular da Região Amazônica para o Nordeste e o Sudeste.

Projeto 6: Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica.

Avalia as tendências de evolução dos sistemas de distribuição urbana e rural, levando em consideração o desenvolvimento tecnológico e a melhoria na qualidade de fornecimento ao mercado consumidor.

Projeto 7: A Questão Ambiental e o Setor Elétrico.

Identifica os principais condicionantes e fatores de ordem ambiental, relevantes para o planejamento da expansão e da operação dos sistemas elétricos.

Projeto 8: A Questão Econômica - Financeira.

Analisa a situação econômico - financeira do Setor Elétrico, destacando seus níveis de endividamento , os fluxos financeiros entre as empresas e as possíveis estratégias de financiamento para a expansão do sistema.

Projeto 9: A Questão Institucional e a Participação Privada no Setor Elétrico.

Aborda a evolução do quadro institucional do Setor Elétrico Brasileiro, enfatizando suas possíveis modificações e as perspectivas de maior participação da iniciativa privada nos investimentos para expansão dos sistemas elétricos do País.

Projeto 10: A Política Industrial e o Setor Elétrico.

Analisa os reflexos da política industrial no Setor Elétrico, caracterizando sua atuação como agente de desenvolvimento industrial.

Projeto 11: A Política Tecnológica e o Setor Elétrico.

Apresenta a política de pesquisas e desenvolvimento tecnológico do Setor Elétrico, explicitando seus objetivos, diretrizes, agentes e necessidades.

Projeto 12: Estratégia de Expansão do Sistema - Oferta e Demanda.

Elabora os estudos de ajuste entre a oferta e a demanda de energia elétrica para os diferentes cenários considerados, definindo a estratégia de expansão do sistema em um contexto de incertezas.

Projeto 13: Os Recursos Humanos e o Setor Elétrico.

Define e analisa a composição do quadro atual e futuro dos recursos humanos empregados diretamente pelas empresas de energia elétrica e formula políticas de recursos humanos.

Projeto 14: Eficiência Energética Global

Analisa a eficiência energética global do País com base nas alterações da matriz energética e da economia brasileira . Apresenta as tendências tecnológicas dos usos finais da energia e fornece subsídios para identificar estratégias voltadas para o aumento da eficiência energética do País.

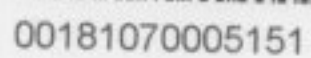
BIBLIOGRAFIA

1. ALVES, Rex Nazaré. A Situação da Pesquisa Nuclear no Brasil. Revista Marítima Brasileira, v.110, n.1/3, p. 93-127, jan./mar. 1990.
2. BELOTTI, Paulo Vieira. A Petrobrás e o Processo de Investimentos no Setor de Energia. A Defesa Nacional, Rio de Janeiro, v. 68, n.697, p. 137-146, set./out. 1981.
3. BRASIL, Sandra. O delírio acabou. Veja, São Paulo, v. 31, n. 29, p. 42-43, jul. 1998.
4. BRASIL. Escola de Guerra Naval. EGN-215. Guia para elaboração de teses e monografias. Rio de Janeiro, 1998.
5. CAMPOS, Roberto de Oliveira. Energia: Recursos e Problemas. A Defesa Nacional, Rio de Janeiro, v.68, n. 692, p. 135-141, nov./dez. 1980.
6. CARDOSO, Fernando Herinque. Mãos à obra, Brasil: proposta de governo. Brasília, 1994.
7. CARVALHO, Hervásio Guimarães de. Programa Nuclear Brasileiro. Rio de Janeiro, nov. 1978. Conferência proferida na ESG em 25 nov. 1978.
8. CARVALHO, Joaquim Francisco de. Considerações sobre as tendências do consumo de energia no Brasil. Segurança e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, v. 10, n. 176, p. 39-49, 1979.
9. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. A evolução das salvaguardas internacionais. Rio de Janeiro, 1979.
10. COSTA, Rubens Vaz da. A Transição Energética: Tempo, Capital e Tecnologia. A Defesa Nacional, Rio de Janeiro, v. 68, n. 694, p. 181-187, mar./abr. 1981.
11. DANTAS, Marcos. Reprovado!. Brasil Nuclear, Rio de Janeiro, v.3, n.12, p. 8-14, jan./mar. 1997.
12. ELETROBRÁS. Ciclo de Palestras. A Eletrobrás e a história do setor de Energia Elétrica no Brasil. Rio de Janeiro, 1995

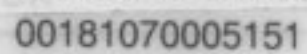
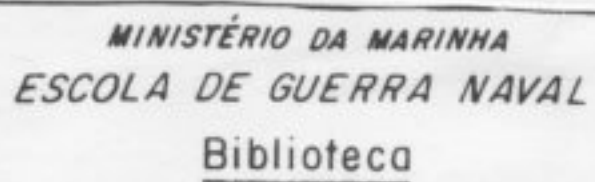
- 13.ELETROBRÁS. Grupo Coordenador para Operação Interligada. Relatório 1996. Rio de Janeiro, 1996.
- 14.ELETROBRÁS. Plano Decenal de Expansão-1997/2006. Rio de Janeiro, dez. 1997.
- 15.ELETROBRÁS. Plano Nacional de Energia Elétrica 1993-2015. Plano 2015. Rio de Janeiro, abr. 1994.
- 16.ELETROBRÁS. Relatório Anual 1995. Rio de Janeiro, 1996.
- 17.GIURLANI, Sílvia. O presente da Marinha. Brasil Nuclear, Rio de Janeiro, v. 2, n.7, p. 4-7, dez. 1995.
- 18.GUIMARÃES, Leonam dos Santos. Protótipos em terra de instalações propulsoras nucleares navais: conceitos básicos e aspectos gerais de configuração. Revista Marítima Brasileira, Rio de Janeiro, v. 118, n. 1/3, p. 165-174, jan./mar. 1998.
- 19.INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. Relatório Anual 1995. Rio de Janeiro, 1995.
- 20.MAGALHÃES, Luís Cláudio de Almeida. Energia Hidrelétrica. Segurança e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, v. 10, n. 175, p. 3-25, 1979.
- 21.MAIS energia para um Brasil em ação. O Globo, Rio de Janeiro, 12 jun. 1998.
- 22.A MARINHA e a Energia Nuclear. Tecnologia & Defesa, São Paulo, v. 9, n. 53, p. 24-26, jan./fev. 1993.
- 23.MONTEIRO, Marcelo. Mais energia!. Brasil Nuclear, Rio de Janeiro, v. 3, n. 11, p. 8-11, out./dez. 1996.
- 24.MOTOYAMA, Shozo. História e Energia Nuclear. Brasil Nuclear, Rio de Janeiro, v. 4, n. 15, p. 22, out./dez 1997
- 25.MÜLLER, Arnaldo Carlos. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo, Makron Books , 1995.
- 26.MALTA, Sérgio. Por um melhor balanço energético. O Globo, Rio de Janeiro, 09 jul. 1998.

27. OLIVEIRA, Evaldo César. Contribuição da Energia Nuclear na Oferta de Energia Elétrica no Brasil. In: Simpósio sobre a importância da energia nuclear no fornecimento de eletricidade após 1990: benefícios e dificuldades, 1989, Rio de Janeiro. Anais ... Rio de Janeiro : Comissão Nacional de Energia Nuclear, 1989. p. 228-249.
28. OMETTO, João Guilherme Sabino. Energia da Biomassa. A cana-de-açúcar no Brasil: Situação atual, Perspectivas e Políticas. Revista da Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, v. 10, n. 27, p. 137-147, ago. 1994.
29. PROJEÇÃO para o segundo meio século de energia nuclear. Conselho Internacional de Sociedades Nucleares. Rio de Janeiro : Associação Brasileira de Energia Nuclear, 1996. p. 68.
30. SOUZA, Jair Albo Marques de. Energia nuclear, solução para o impasse de Kioto. O Globo, Rio de Janeiro, 4 mar. 1998.
31. TORLONI, Hilário. Estudos de Problemas Brasileiros. 8. Ed. São Paulo, Pioneira, 1976.
32. VARGAS, José Israel. Energia como fator limite para o desenvolvimento sustentável. Estudos Avançados, v. 10, n. 27, p. 295-306, 1996.
33. VIANNA, Ivan de Aquino. Aramar e a radioatividade. São Paulo, 1997. Palestra proferida no CMTSP em 06 de jan. 1997.
34. VIANNA, Ivan de Aquino. Programa Nuclear da Marinha. São Paulo : Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, 1995. Palestra proferida na Federação das Indústrias do Estado de São Paulo em 24 de mai. 1995.
35. VIANNA, Ivan de Aquino. O Programa Nuclear da Marinha do Brasil. Tecnologia & Defesa, São Paulo, v. 13, n. 67, p. 44-46, 1996.
36. VIDIGAL, Armando Amorim Ferreira. O Regime de Não-Proliferação Nuclear - Salvaguardas. Revista Marítima Brasileira, v. 117, n. 10/12, p. 115-128, out./dez. 1997.

37. VIDOR, George. A imprensa e o programa nuclear: menos preconceito. Brasil Nuclear, Rio de Janeiro, v. 4, n. 13, p. 26, abr./jun. 1997.
38. WIEDMANN, Luiz Felipe da S. Brasil realidade e desenvolvimento. Rio de Janeiro : Biblioteca do Exército, 1972.



A Estratégia de energia elé
9-E-74



A Estratégia de energia elé
9-E-74

[illegible]