

WINSTON GOMES SCHMIEDECKE

**O PAPEL DO PRONUCLEAR (1976 – 1986) NA FORMAÇÃO DE
RECURSOS HUMANOS PARA A ÁREA NUCLEAR NO BRASIL**

HISTÓRIA DA CIÊNCIA

**PUC/SP
SÃO PAULO
2006**

WINSTON GOMES SCHMIEDECKE

**O PAPEL DO PRONUCLEAR (1976 – 1986) NA FORMAÇÃO DE
RECURSOS HUMANOS PARA A ÁREA NUCLEAR NO BRASIL**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de MESTRE em HISTÓRIA DA CIÊNCIA, sob a orientação do Prof. Doutor Paulo Alves Porto.

**PUC/SP
SÃO PAULO
2006**

FOLHA DE APROVAÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Paulo Alves Porto, por seus ensinamentos precisos, sua serenidade austera, sua disponibilidade em me atender nos horários menos ortodoxos e, principalmente, por não ter desistido de mim, evidenciando sua vocação como verdadeiro "formador de recursos humanos" destinados à área acadêmica.

Às minhas filhas, por me proporcionarem o exercício diário da paternidade; suado, por vezes extenuante, e, ainda assim, maravilhoso.

À Glaucimara e ao Mané, pelos novos delineamentos efetuados em minha vida, que me afastaram da letargia e em muito atenuaram a opacidade do meu olhar.

A todos os professores do Programa efetivamente envolvidos na minha formação, com especial gratidão ao Prof. Dr. José Luiz Goldfarb e à Prof. Dra. Ana Maria Haddad Baptista, que, além de me agradecerem com suas presenças no exame de qualificação, teceram comentários construtivos, elegantes e precisos.

Aos colegas da PUC-SP, em especial ao Maicol, parceiro na fé mosqueiteira, à Valéria, companheira nos vãos iniciais e ao Dr. Renato, co-irmão alvinegro – ainda que praiano – "causador" inconsciente da mudança nos rumos da minha dissertação.

Ao Prof. Marcelo Racy, por me abrir as portas da CNEN, onde pude encontrar os principais documentos embaixadores deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Cláudio Ubirajara Couto de Almeida, pela paciência com a qual me acolheu na CNEN, fornecendo informações preciosas sobre temas que careciam de uma documentação mais abundante.

Ao Prof. Dr. Ivan Pedro Salati de Almeida, pelas inestimáveis colaborações oferecidas ao corpo geral da minha pesquisa.

Ao Prof. Dr. Rex Nazaré Alves, pela entrevista a mim concedida nas dependências do IME, fundamentais à reorientação do histórico desta dissertação.

Ao eterno amigo Cássio, pelo auxílio na confecção do *Abstract* deste trabalho e por todo significado daquilo que construimos nessas mais de duas décadas.

Ao Colégio Marista Arquidiocesano, pela doação de grande parte dos recursos financeiros destinados ao pagamento da PUC-SP.

A alguém especial, pela transformação provocada em minha vida, fonte do incentivo original que me permitiu encarar esta aventura.

À D. Benita, síntese daquilo que entendo por amor,
e ao Alemão, meu mais antigo e essencial companheiro.

Resumo

Em 1975 foi assinado um acordo entre os governos do Brasil e da Alemanha Ocidental visando à construção de usinas nucleares em solo brasileiro, bem como prospecção, processamento e enriquecimento de urânio. Como efeito do primeiro choque do petróleo, e diante da perspectiva de crise energética mundial, o governo brasileiro voltou-se para a energia nuclear como alternativa para suprir as necessidades energéticas nacionais. Entretanto, sérias limitações estavam postas à transferência de tecnologia para um país periférico. Esta dissertação analisa alguns aspectos do processo de formação de recursos humanos especializados para a área nuclear no período de vigência do Acordo Brasil – Alemanha Ocidental.

Desde o início, o Acordo sofreu severas críticas da comunidade acadêmica brasileira especializada no estudo da física nuclear e suas aplicações. Concebidas e executadas em um período de ditadura militar, as decisões relativas ao Acordo em nenhum momento resultaram de debates entre os formuladores das políticas públicas e a comunidade acadêmica. Assim, o Acordo foi criticado sob diferentes pontos de vista: desde a necessidade da opção nuclear, passando por aspectos da viabilidade técnica, a suspeita de possíveis interesses bélicos, até a própria política de formação de recursos humanos para a área.

Um dos principais instrumentos dessa política foi o Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear (PRONUCLEAR), implantado em 1976 e desativado gradativamente a partir de 1983. Ainda que escassos, alguns resultados positivos podem ser identificados a partir da análise dos relatórios que acompanharam a trajetória do PRONUCLEAR. Dentre esses resultados, pode-se destacar: a criação de programas de especialização em tecnologia nuclear, o aprimoramento e a reorientação dos currículos de cursos relacionados aos objetivos do programa – o que proporcionou a formação de um expressivo contingente de técnicos, mestres e doutores em assuntos envolvendo o uso da energia nuclear.

ABSTRACT

In 1975, an agreement between the governments of Brazil and West-Germany was signed for the construction of nuclear power plants in Brazil as well as the extraction, processing and enrichment of uranium. As the result of the first oil crisis and facing the perspective of a continuous world energy crisis, the Brazilian government decided to turn to nuclear power as an alternative supply for the country's energy needs. However, serious limitations were present regarding the transfer of nuclear technology for a third world country. This paper analyzes some aspects of the process involved in the creation of the specialized human resources during the extent of the agreement between Brazil and West Germany.

Since its inception, the agreement received harsh criticism from the Brazilian nuclear physics and related fields scientific communities. Because the planning and implementation of the agreement took place during a period of military dictatorship, the decisions relating to the agreement were never debated between the policy makers and the scientific community. Not surprisingly, the agreement received plenty of criticism that ranged from the actual need for nuclear power to technical feasibility and suspicious of possible military uses and even the very policies created to prepare human resources to work in the nuclear area.

One of the most important tools of these policies was the *Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear* - PRONUCLEAR (Nuclear Sector Human Resources Program), implemented in 1976 and gradually deactivated starting in 1983. Although not many, some important positive results can be identified from analyzing reports describing the work and track record of PRONUCLEAR. Among these results, it is important to note: the creation of specialized training programs in nuclear technology and the improvement and redirection of the curriculum of courses related to the objectives of the nuclear program thus, fostering the creation of an expressive number of technicians, professors and doctors in nuclear energy and related fields.

SUMÁRIO

Introdução	5
Capítulo 1 – A Energia Nuclear no Brasil e o Acordo Nuclear Brasil – Alemanha Ocidental	9
Capítulo 2 – Vozes da Academia: pareceres e posicionamentos dos críticos do Acordo dentro da comunidade científica brasileira	32
Capítulo 3 – O PRONUCLEAR e a formação de recursos humanos na área de tecnologia nuclear	52
Considerações Finais	75
Bibliografia	81
Anexo 1 – Acordo sobre cooperação no campo dos usos pacíficos da energia nuclear, assinado entre a República Federativa do Brasil e a República Federal da Alemanha	87

Anexo 2 – Tabelas com projeções de demanda e levantamento de oferta de recursos humanos destinados ao setor nuclear no decênio 1977/1986, constantes do relatório do grupo de trabalho constituído pela Portaria Interministerial nº 93/75, 93

Anexo 3 – Tabelas dispendo dos dados referentes ao acompanhamento das atividades implementadas pelo PRONUCLEAR durante a sua vigência 102

Introdução

A seqüência de descobertas envolvendo as possibilidades de aplicação da energia nuclear evidenciou ao longo dos tempos as diversas – e adversas – facetas de uma área da ciência fadada à controvérsia, além do seu melhor alinhamento aos interesses de nações já estabelecidas em termos econômicos e tecnológicos. Desde a confecção de armamentos de destruição em massa, a aplicações em medicina que vão de exames laboratoriais a fabricação de radiofármacos, passando pela construção de usinas nucleares destinadas à produção de eletricidade, o manancial de possibilidades oferecidas pela tecnologia nuclear mostra-se, desde a sua origem, muito vasto e ao mesmo tempo merecedor de cuidados específicos.

Possuidor de um imenso potencial hidroelétrico, o Brasil historicamente concentrou sua captação energética nessa modalidade de geração de eletricidade. Entretanto, em diversas ocasiões, eminentes vozes oriundas de sua comunidade científica destacaram a viabilidade e a importância de se diversificar a matriz energética nacional. O destaque feito na presente dissertação recai sobre o histórico da introdução da energia nuclear na composição da matriz energética brasileira – a qual, em sua origem, foi feita com a justificativa de colocar o Brasil em sintonia com

os trabalhos feitos em países desenvolvidos, visando o conhecimento e o domínio da tecnologia nuclear.

Se o nascedouro da opção pela energia nuclear no Brasil remonta a discussões implementadas em nível acadêmico, o planejamento e a efetivação dos meios destinados à transferência do *know-how* nuclear ocorreu, entretanto, às margens de qualquer debate mais aprofundado com os membros da comunidade científica aqui estabelecida, em um período de regime político autoritário, liderado por militares.

Nesta dissertação são apresentados e analisados alguns aspectos do programa de formação dos recursos humanos destinados à execução das atividades relacionadas à rotina das usinas nucleares que aqui se pretendia construir, ao mesmo tempo em que se buscava a transferência tecnológica que daria autonomia ao Brasil na área nuclear. O histórico da opção nuclear feita no Brasil governado pela ditadura militar constitui as bases do primeiro capítulo deste trabalho. A partir da contextualização da momentânea e efêmera situação de crescimento econômico experimentada pelo país entre o final da década de 1960 e o início dos anos 1970 (o chamado "milagre econômico"), confrontada por sua vez com a realidade mundial de expectativa de um colapso energético provocado pela disparada dos preços dos derivados do petróleo nas duas grandes crises ocorridas em 1973 e 1979, buscaremos apresentar o acordo firmado entre os governos do Brasil e da Alemanha Ocidental: o "Acordo sobre cooperação no campo dos usos pacíficos da energia nuclear" – doravante identificado somente por "Acordo".

O segundo capítulo procura abarcar críticas e opiniões em relação ao Acordo, advindas de alguns dos principais expoentes da comunidade científica brasileira especializada nas questões envolvendo a tecnologia nuclear. Muitos aspectos foram objeto de debate em relação a esse polêmico acordo: o caráter centralizador e pouco transparente das tomadas de decisões, suas reais necessidades naquele momento, as salvaguardas impostas pelas potências mundiais na área nuclear, as características técnicas dos reatores nucleares adquiridos e a respectiva tecnologia subjacente, a efetividade do processo de transferência do *know-how* nuclear objetivado explicitamente no Acordo, bem como a própria política de formação de recursos humanos especializados para trabalhar na área de tecnologia nuclear. Buscamos reunir pareceres proferidos por físicos destacados – como Marcelo Damy, José Goldemberg, José Leite Lopes, Luiz Carlos de Menezes, Luiz Pinguelli Rosa, José Zaats, Rogério Cerqueira Leite e Mário Schenberg – envolvidos nas vivas discussões da época, proporcionando a possibilidade de se confrontar os teores e as fundamentações de suas diversas opiniões.

O terceiro capítulo aborda um aspecto ainda pouco estudado no que se refere às conseqüências do Acordo: os resultados obtidos na formação de recursos humanos. Para isso, buscamos apresentar material de referência encontrado na biblioteca da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), no Rio de Janeiro – organismo federal responsável pelo planejamento e fiscalização das atividades nucleares no país. Esse material abrange os relatórios, de circulação interna à CNEN e portanto não publicados, destinados à análise da criação e acompanhamento das atividades realizadas pelo Programa de Recursos Humanos

para o Setor Nuclear (PRONUCLEAR), no período compreendido entre 1976 e 1986 aproximadamente. A análise dos dados contidos nos relatórios foi subsidiada, simultaneamente, por depoimentos colhidos junto a profissionais atuantes na CNEN, como o atual assistente da presidência da CNEN, Cláudio Ubirajara Couto de Almeida, e Rex Nazaré Alves, ex-presidente da CNEN (1982 – 1990) e atualmente membro da Comissão Deliberativa desse mesmo órgão. Procuramos analisar as efetivas ações do PRONUCLEAR que, em meio a alguns equívocos, auxiliou na formação de um número expressivo de profissionais para a área nuclear em nível médio, de mestrado e de doutorado. Assim, este trabalho pretende representar uma pequena contribuição à análise do legado do PRONUCLEAR, um fruto do tão criticado acordo nuclear Brasil – Alemanha Ocidental, que representou a oportunidade de capacitação para centenas de profissionais brasileiros em uma área tão estratégica e polêmica.

Capítulo 1

A Energia Nuclear no Brasil e o Acordo Nuclear Brasil – Alemanha Ocidental

*A paz fez um mar da revolução
Invadir meu destino; A paz
Como aquela grande explosão
Uma bomba sobre o Japão
Fez nascer o Japão da paz.¹*

Obtida em dezembro de 1938 pelos alemães Otto Hahn e Fritz Strassmann, em meio a experiências com núcleos de urânio bombardeados por nêutrons no Instituto de Química *Kaiser Wilhelm*, em Berlim, que visavam à produção de átomos ainda mais pesados, a fissão nuclear surpreendeu o meio científico à época pela quantidade de energia liberada na “quebra” dos núcleos de urânio, deixando no ar as efetivas possibilidades tecnológicas desse novo fenômeno mesmo entre os seus autores. E aqui reside uma das mais fascinantes nuances da História da Ciência: nem sempre o autor de uma idéia ou o descobridor de um fenômeno tem a exata dimensão do alcance da sua criação.²

¹ *A paz*, canção de Gilberto Gil.

² M Schenberg, *Pensando a Física*, p. 41.

Passados seis anos, em dezembro de 1944, Hahn foi agraciado com o Prêmio Nobel de Química pela descoberta da fissão nuclear, enquanto o mundo – mais especificamente os habitantes das cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki – colhia os resultados da aplicação tecnológica menos nobre da sua conquista: as bombas atômicas detonadas em agosto de 1945 no Japão. Estava dada a largada da corrida nuclear, quando as potências surgidas do pós-Segunda Guerra visualizaram no uso da energia do núcleo do átomo possibilidades diversas e praticamente infinitas. Em concomitância, eram suscitados debates em nível mundial a respeito da ética científica.

Por se tratar de uma forma de conhecimento geradora de resultados que transcendem ao seu campo original de atuação, e onde a concepção de progresso encontra as mais recorrentes fundamentações, a ciência carrega consigo o ônus de ser supostamente a responsável final pela resolução inequívoca de equações compostas por muitas variáveis. Ainda que elucidativa, enriquecedora, empreendedora e “triumfante” quando comparada a outras formas de conhecimento, a ciência apresenta-nos com freqüência problemas graves associados exatamente a esse conhecimento que produz, às ações que determina e às sociedades que transforma.³

Mesmo sendo capazes de satisfazer às necessidades sociais e, assim, proporcionar importantes conquistas à nossa civilização, as descobertas em ciência trazem simultaneamente em seu bojo possibilidades nefastas de subjugação e, no

³ E. Morin, *Ciência com consciência*, p. 16.

caso específico da utilização da energia nuclear, a ameaça de aniquilamento da humanidade.⁴

Tomando como exemplo os Estados Unidos da América (EUA), observa-se como esse quadro apresenta muitas facetas que exemplificam a complexidade das interações entre a ciência e a sociedade. Por exemplo, uma das principais “vantagens competitivas” da economia norte-americana sempre foi sua capacidade de transferir rapidamente a tecnologia desenvolvida para fins militares em direção à produção civil.

Em tempos mais recentes, tivemos outros exemplos do rápido processo de desenvolvimento tecnológico que caracteriza a chamada 3ª Revolução Industrial (que tem como elementos centrais os desenvolvimentos em robótica, semicondutores e engenharia genética). A Internet, por exemplo, difundida em nível mundial na década de 1990, nasceu como uma rede de intercomunicação para tempos de guerra.⁵ Sob essa perspectiva, eram de se esperar resultados contumazes diretamente colhidos do chamado “Projeto Manhattan”, um aparato científico de proporções sem precedentes na história que mobilizou direta e indiretamente milhares de cientistas, engenheiros e técnicos que, em sua absoluta maioria, não faziam idéia do produto final do trabalho que desenvolviam.⁶ Implementado pelo governo norte-americano entre 1942 e 1945, tinha o objetivo de

⁴ *Ibid.*

⁵ J. Brener, “A globalização e o Brasil – a 3ª. Revolução industrial”, *Revista Pangea* (versão eletrônica - http://www.clubemundo.com.br/revistapangea/show_news.asp?n=191&ed=2, consultada em 26 de maio de 2003).

⁶ L. C. de Menezes, *De Angra a Aramar, os militares a caminho da bomba*, p.17.

construir, antes dos nazistas, uma arma de destruição em massa cujo princípio de funcionamento concentrava-se na energia contida no núcleo do átomo.

De posse do conhecimento de todas as fases do processo, qualquer país que almejasse o domínio da tecnologia nuclear deveria conhecer de forma inequívoca as fontes de obtenção do “combustível” utilizado em seus reatores, independente do seu destino final.

No caso específico do Brasil, os poucos esforços empreendidos na prospecção do nosso território indicavam um considerável potencial de extração de tório e urânio. Para se ter uma noção acerca desse potencial, pode-se considerar os dados do ano de 2001, que colocavam o Brasil como a 6ª. maior reserva geológica mundial de minérios daqueles elementos radioativos com viabilidade econômica de processamento, atrás somente de Cazaquistão, Austrália, África do Sul, Estados Unidos e Canadá. Vale destacar o fato de que os estudos geológicos geradores deste quadro foram realizados em apenas 25% do território nacional.⁷

Na tentativa de não perder o “barco do progresso”, inicia-se a história da energia nuclear no Brasil no pós-guerra, com os esforços do Almirante Álvaro Alberto de Motta e Silva em resistir às pressões americanas para alcançar o controle das reservas mundiais de tório e urânio, as quais ele qualifica como tentativa de desapropriação.

Alçado ao cargo de 1º. Presidente do recém criado Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), no governo Vargas, o Álvaro Alberto propôs uma legislação que

⁷ Dados extraídos do website das INB (Indústrias Nucleares do Brasil): <http://www.inb.gov.br/reservasbrasil.asp>, consultado em 04 de maio de 2006.

protegesse as reservas nacionais de tório e urânio contra a espoliação estrangeira. Neste contexto, ele defendeu a tese das "compensações específicas", o que valia dizer que nenhuma transação comercial com "minerais estratégicos" (termo cunhado por Álvaro Alberto) deveria se realizar em dólares, mas sim na base de troca de tecnologia⁸. Sobretudo, havia o CNPq estabelecido uma política nacional de desenvolvimento da energia atômica defensora dos interesses nacionais. O suicídio do Presidente Getúlio Vargas, em agosto de 1954, permitiu que o governo provisório que se instituiu fizesse fortes investidas contra esta política, modificando-a de forma a melhor atender aos interesses de grupos nacionais ligados à hegemônica política de energia nuclear dos norte-americanos.⁹

Em decorrência do potencial identificado no território brasileiro no fornecimento de combustível fóssil, o interesse norte-americano consubstanciou-se com a assinatura de um conjunto de acordos durante a década de 1940, ainda durante a 2ª. Grande Guerra Mundial e nos anos subseqüentes, como relatado a seguir por O. Guilherme:

"Em virtude dessa riqueza, o Brasil havia firmado uma série de acordos com os Estados Unidos, desde o ano de 1940. Naquela época, o governo brasileiro assinou um Programa de Cooperação Brasil - EUA para o estudo dos recursos minerais do Brasil, graças ao qual nosso território foi vasculhado, durante a guerra, por numerosas equipes de geólogos e especialistas americanos, que procederam a um levantamento, tão

⁸ Extraído do website <http://www.iis.com.br/~mporto/nuclear.htm>, consultado em 14 de setembro de 2003.

⁹ J. L. Lopes, *Uma história da física no Brasil*, p. 28.

minucioso quanto o permitiram as circunstâncias, do potencial de nossas reserva petrolíferas, mas, sobretudo, toríferas e uraníferas".¹⁰

As resistências de Álvaro Alberto foram insuficientes para impedir a tomada de assalto das jazidas brasileiras pelos norte-americanos, que já em 1952 importaram de uma só vez toda a cota de tório que lhes fora garantida pelos anos de acordo.¹¹

O presidente Juscelino Kubitschek (1956-61) buscou desenvolver projetos nucleares nacionais designando um Comitê de Investigação (Comissão Parlamentar de Inquérito - CPI) para examinar os acordos dos Estados Unidos com o Brasil. A CPI sugeriu que o Brasil adotasse uma postura nuclear independente, suspendendo, até segunda ordem, as exportações de urânio e tório e sugerindo a implantação de uma indústria nuclear no país. Como consequência direta, Kubitschek, por meio do Decreto Federal de número 39.872, de 31 de agosto de 1956, criou o IEA (Instituto de Energia Atômica, futuro IPEN). O sucessor de Kubitschek, Jânio Quadros (presidente de janeiro a agosto de 1961), continuou a política nuclear independente e assim também o fez seu sucessor, João Goulart (1961-64).¹²

Ainda em 1956 foi iniciada a construção do edifício que iria abrigar o primeiro reator nuclear do hemisfério sul: o Reator Nuclear IEA-R1, doado pelo governo norte-americano no contexto do programa "Átomos pela Paz", destinado a manter

¹⁰ O. Guilherme, *O Brasil e a era atômica: o livro negro dos acordos de minerais atômicos firmados entre o Brasil e os Estados Unidos*, apud P. Marques, *Sofismas nucleares: o jogo das trapaças na política nuclear no país*. p. 28.

¹¹ Extraído do website <http://www.energiatomica.hpg.ig.com.br>, consultado em 17 de setembro 2003.

¹² L. C. de Menezes, *op. cit.*, pp. 20-2.

um *pool* internacional que favorecesse o desenvolvimento de energia nuclear para fins civis, mas impedindo qualquer utilização militar dessa tecnologia.¹³

Os Estados Unidos modificaram sua legislação com a “Lei de Energia Atômica” de 1954, que definiu a cooperação nuclear no domínio civil, regulamentando a oferta de reatores nucleares a outras nações exclusivamente para fins pacíficos. No momento em que se deparavam com a quebra do seu monopólio envolvendo a tecnologia nuclear – pois a então União Soviética, em 1949, e a Grã-Bretanha, em 1952, já haviam construído armas nucleares, caminho posteriormente seguido pela França (1960) e pela China (1964) – os Estados Unidos concordavam em compartilhar a tecnologia nuclear, mas sem comunicar os aspectos essenciais relacionados ao controle dos processos¹⁴. Nas palavras do físico José Goldemberg:

“... provavelmente conscientes de que a tecnologia nuclear acabaria por se espalhar pelo mundo, (os EUA) decidiram tomar a dianteira e tentar orientar o desenvolvimento nuclear das nações menos desenvolvidas, criando um mercado para produtos nucleares produzidos pela indústria norte-americana”.¹⁵

A criação de um órgão internacional regulamentador e fiscalizador das atividades desenvolvidas através do programa “Átomos pela Paz”, de forma a se evitar a utilização dos reatores nucleares do programa objetivando a produção de material a ser empregado em bombas atômicas, ocorreu em julho de 1957. A Agência Internacional de Energia Atômica (*International Atomic Energy Agency* – IAEA), com sede na cidade de Viena (Áustria), deveria exigir das nações favorecidas

¹³ Dados extraídos do website <http://www.ipen.br>, consultado em 12 de julho de 2006.

¹⁴ C. Courau, “Esta imagem pertence ao passado?”, http://www2.uol.com.br/historiaviva/conteudo/materia/materia_72.html, consultado em 13 de julho de 2006 e J. L. Lopes, *Uma história da física no Brasil*, p. 91.

¹⁵ J. Goldemberg, *Energia Nuclear n Brasil*, p. 156.

pela aquisição dos reatores do programa "o compromisso de impedir em seus territórios toda atividade que conduzisse a aplicações militares" da tecnologia nuclear.¹⁶

Uma clara contradição se instalava, pois os países detentores e produtores de sistemas de armas atômicas ficaram isentos deste compromisso e, ainda, livres da necessidade de se submeterem às periódicas inspeções internacionais. Essas condições foram ratificadas posteriormente de maneira formal, entre 1968 e 1970, nos termos do *Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares* proposto ao mundo pelas grandes potências nucleares. Atento às discriminações contidas nesse tratado, o Brasil somente se tornou seu signatário no ano de 1997, após o domínio da tecnologia nuclear ter sido conquistado internamente, sob as condições que serão descritas mais adiante no corpo do presente trabalho.

Além do pioneiro reator IEA-R1, doado pelos EUA, um segundo reator passou a operar em 11 de outubro de 1960, em Belo Horizonte (MG). Foi um equipamento do tipo TRIGA-MARK-I (*"Training Research Isotope Production General Atomic"*), e estava sediado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN-CNEN/MG), antigo Instituto de Pesquisa Radioativas (IPR). Em 20 de fevereiro de 1965 iniciou-se a operação do primeiro reator de pesquisa totalmente nacional, do tipo ARGONAUTA (*"Argonne's Nuclear Assembly for University Training"*), instalado no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), no Rio de Janeiro. Ainda assim, os Estados Unidos retiveram controle da tecnologia e subprodutos criados por reatores

¹⁶ J. L. Lopes, *op. cit.*, p. 91.

brasileiros.¹⁷ Nesse entremeio, é criada a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), pela lei nº 4118 de 27 de agosto de 1962, com a competência de estudar e propor as medidas necessárias à orientação da Política Nacional de Energia Nuclear¹⁸.

Planos para a construção de um reator nuclear que produzisse eletricidade foram feitos com base no sucesso desses artefatos e a importação de um projeto com este objetivo foi apresentada a princípio como uma alternativa viável, desde que consigo incorporasse a possibilidade concreta de transferência da respectiva tecnologia.

Em 1968, sob a determinação do governo militar e após estudos visando a localização de um sítio na região centro-sul do Brasil que atendesse às condições para abrigar a primeira usina nuclear do país, a CNEN e a Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras) ficaram encarregadas do projeto da usina nuclear na cidade de Angra dos Reis, Estado do Rio de Janeiro. Três anos depois seria iniciada a construção de Angra I. Realizada a licitação internacional, a empresa norte-americana *Westinghouse Electric Corporation* venceu a concorrência, vendendo ao Brasil um reator do tipo PWR (*Pressured Water Reactor*), ficando responsável pelo projeto, fornecimento e montagem dos equipamentos, em regime de contrato *turn-key*, termo que literalmente significa “virar a chave”, pois se tratava de um artefato no melhor estilo de uma “caixa preta”, vindo pronto do fornecedor e que omitia em

¹⁷ Dados extraídos do website <http://www.ipen.br/scs/ipen-cidadao/perguntas-respostas/reatores.html>, em consultado em 17 de julho de /2006.

¹⁸ Lei nº 4118, de 27 de agosto de 1962, cap. 2, art.4º.

contrato todos os detalhes técnicos / tecnológicos a ele relacionados, restando ao usuário unicamente a função *on - off* do botão de funcionamento do bem adquirido.¹⁹

Para se compreender a opção pela tecnologia PWR, é preciso recuar até as origens da indústria nuclear. Como resultados das atividades desenvolvidas pelo Projeto Manhattan, havia grandes quantidades de urânio enriquecido acumuladas nos laboratórios militares norte-americanos após a fabricação das bombas atômicas utilizadas no final da 2ª. Guerra Mundial. Para utilizar esse urânio, a nascente indústria americana direcionou seus trabalhos no sentido da construção e comercialização dos reatores a água pressurizada (PWR). Subsidiadas diretamente pelo Estado, as empresas *Westinghouse*, *General Electric*, *Babcock & Wilcox* e *Combustion Engineering* constituíram o primeiro grande oligopólio do setor nuclear, e se credenciam ao atendimento das necessidades mundiais no tocante à construção de reatores PWR, que em pouco tempo dominaram o cenário nuclear mundial. Os primeiros clientes foram os países da Europa Ocidental que, após o domínio da tecnologia nuclear via cooperação técnica, administrativa e – não raro – financeira com as empresas norte-americanas, credenciavam-se à comercialização dessa linha de reatores com as demais nações interessadas a se iniciarem nos domínios da energia nuclear. Para se ter uma noção da supremacia norte-americana no tocante à exportação de reatores nucleares, em 1971, ano em que o Brasil fechou o acordo com a *Westinghouse* para a construção da usina de Angra I, os

¹⁹ J. Goldemberg, *op. cit.*, pp. 157-9.

EUA forneceram 90% do total de reatores comprados pelas diversas nações do mundo.²⁰

Sob a justificativa de apresentar o melhor desempenho dentre as usinas a água leve²¹ em funcionamento no mundo, com altos índices de economia e confiabilidade, a usina do tipo PWR adquirida pelo Brasil evidenciou na assinatura do contrato as salvaguardas impostas pelo governo americano à transferência da tecnologia nuclear associado ao projeto. Esse fato é corroborado pelas palavras da Comissão do Senado que avaliou o contrato em referência na CPI concluída no ano de 1983, quanto ao caminho percorrido pelo combustível da usina: “o combustível para Angra I (urânio enriquecido de 2,5% a 3,5%) seria assim obtido: o *yellow cake* viria da África do Sul, a Inglaterra transformaria o produto em hexafluoreto (urânio em forma de gás) e aos EUA caberia realizar o enriquecimento”.²²

Insatisfeitas com o programa da *Westinghouse* devido às barreiras impostas à transferência da tecnologia nuclear americana, no mínimo pelo fato do Brasil ter se tornado dependente do urânio americano para o reator, e os EUA, por sua vez, exigindo que Angra I ficasse sob salvaguarda da IAEA, as autoridades brasileiras engendravam formas de viabilizar a almejada aquisição da tecnologia nuclear e, se

²⁰ R. Arnt, *O que é política nuclear?*, pp. 10–11.

²¹ O termo *água leve* (H₂O) designa o material (*moderador*) utilizado para reduzir a energia dos nêutrons decorrentes da fissão do urânio (*combustível*), de modo a aumentar o controle da reação. São utilizados como moderadores a água comum (*água leve*), a *água pesada* (D₂O, constituída por deutério, isótopo do hidrogênio com um próton e um nêutron em seu núcleo) ou a grafita. O material que permite o transporte da energia térmica gerada pela fissão do urânio para sua utilização a *posteriori* é denominado *arrefecedor*, podendo ser a água leve, água pesada, gás carbônico ou sódio líquido. Por convenção, o *moderador* determina a classificação dos reatores nucleares.

²² *Relatório histórico da política nuclear do Brasil*. Capítulos do relatório da CPI do Senado, de 1983. *apud*. T. Malheiros, *Histórias secretas do Brasil nuclear*, p. 54.

possível, abafar as críticas dos setores da sociedade contrários à aquisição de Angra I.²³

Surgia, assim, um dilema técnico: desenvolver a tecnologia de urânio natural, que poderia ser mineirada independentemente, ou continuar procurando a tecnologia de urânio enriquecido mais cara e avançada, mas com ajuda externa. Políticos brasileiros elegeram a segunda opção, mas dado que os EUA tinham sido um provedor incerto, o Brasil viu-se forçado a procurar ajuda em outro lugar²⁴.

O entorno histórico desse quadro trazia em seu bojo duas realidades contrastantes: no ano de 1973 o Brasil vivia o auge do “Milagre Econômico”, enquanto o mundo era submetido, numa análise simplista, à decisão dos países árabes detentores do controle dos preços do barril do petróleo em elevar o valor do produto a níveis estratosféricos, sinalizando a possibilidade de uma crise energética mundial iminente.²⁵

O PIB brasileiro crescia, desde 1968, à média de 11% ano (a um custo social que não será discutido aqui, por fugir ao escopo do trabalho), trazendo consigo o conseqüente aumento no consumo de energia elétrica nacional. O aumento repentino nos preços dos derivados de petróleo encontrou o mercado mundial em desaviso – ainda que especialistas do setor esperassem da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) medidas de recuperação dos preços do produto

²³ L. C. de Menezes, *op. cit.*, 28-9 e L. P. Rosa, *Política nuclear e o caminho das armas atômicas*, pp. 32-3.

²⁴ L. P. Rosa, *op. cit.*, pp. 32-3 e J. Goldemberg, *op. cit.*, p. 160.

²⁵ F. G. Viana, “Histórico do planejamento energético no Brasil”, <http://www.comciencia.br/reportagens/2004/12/02.shtml>, consultado em 13 de julho de 2006.

que, desde os anos 1950, vinham caindo muito – fato gerador de profundas modificações na ordem econômica e social mundial²⁶.

A tabela a seguir mostra a evolução do consumo de barris de petróleo no Brasil e os respectivos preços do produto em dólares (atualizados para o ano de 2004), para o período compreendido entre 1965 e 1975. Oferece, ainda, o volume de barris de petróleo produzidos pelo Brasil no período.²⁷

Tabela 1

Ano	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Consumo diário de barris de petróleo (em milhares de unidades)	314	344	355	425	471	530	590	675	838	907	940
Valor unitário do barril de petróleo (em US\$ do ano de 2004)	11,20	10,86	10,57	10,15	9,63	9,09	10,86	11,64	14,52	46,07	42,04
Volume diário de barris de petróleo produzidos no país (em milhares de unidades)	96	117	147	161	176	167	175	171	174	181	178

Enquanto os preços do petróleo disparavam, entre o final de 1972 e o início de 1974, eram buscadas alternativas ao consumo do produto como fonte de energia, pois a diversificação das matrizes energéticas dos países mostrava-se imprescindível.

Os dados mostrados na Tabela 1 evidenciam a discrepância existente entre o volume de petróleo produzido (180 mil barris/dia) e o consumido (cerca de 1 milhão

²⁶ B. Fausto, *História do Brasil*, p. 485.

²⁷ Dados extraídos do boletim *British Petroleum statistical review of world energy* de junho/2006, do website <http://www.bp.com/statisticalreview>, consultado em 14 de julho de 2006.

de barris/dia) no país nos idos de 1975, escancarando nossa dependência quanto ao mercado externo.

Em meio a esse quadro mundial caótico, o fornecimento de urânio enriquecido a novos reatores que viessem a ser construídos no Brasil passa a não mais ser garantido pelo EUA, independente dos acordos previamente assinados. Este acontecimento corrobora a preocupação de alguns cientistas que há tempos reclamavam da política nuclear do governo, defensores da construção de reatores de água pesada, alimentados por urânio natural, com destaque para os físicos Rogério Cerqueira Leite e José Goldemberg.²⁸

Por outro lado, um levantamento encomendado pela Eletrobrás a respeito do potencial hidrelétrico do país à época subestimou a capacidade nacional de captação energética por meios hídricos, reforçando a tese de se buscar a eletricidade por meios diversificados. Nas palavras de Pinguelli Rosa, em 1985, "...este potencial (hidrelétrico) é de 213 milhões de quilowatts. O que houve por parte do governo foi uma subestimação do potencial hidrelétrico nacional, avaliando-o em cerca de 100 milhões de quilowatts, e um exagero na previsão de crescimento da demanda".²⁹

Em suma, a volatilidade dos preços do petróleo no mercado internacional, associada às necessidades energéticas de um país vivendo um momento de forte crescimento do seu PIB – e a precipitada avaliação de que esse ritmo de crescimento prosseguiria ao longo das duas décadas seguintes, ao menos –, sem a

²⁸ L. P. Rosa, *op. cit.*, p. 33.

²⁹ *Ibid.*, p. 39.

aparente perspectiva de aumento substancial das fontes hidrelétricas, ainda somadas aos anseios do domínio da tecnologia nuclear e da conseqüente apropriação dos conhecimentos das suas mais variadas possibilidades, constituem os argumentos básicos dos signatários de um documento assinado em 27 de junho de 1975 pelo governo brasileiro com o objetivo de equacionar essa profusão de variáveis: o Acordo Nuclear Brasil – Alemanha Ocidental.³⁰

Prevendo ao longo de sua vigência a construção de oito centrais nucleares a água leve, portanto baseados no enriquecimento do urânio, o objetivo final visava o domínio de todo o ciclo do combustível. O acordo trazia no seu bojo a necessidade de contornar as limitações impostas pelo governo norte-americano nas questões de transferência da tecnologia nuclear, às quais a Alemanha Ocidental não estava imune. Pressões de parte dos EUA não tardaram a surgir, com ameaças de retaliação direcionadas a ambas as partes pelo governo do então presidente Jimmy Carter. Nos termos do Acordo, cabia à Alemanha Ocidental assegurar o fornecimento de urânio para as usinas, efetivar um contrato de exportação de equipamentos e serviços nucleares que lhe garantissem o *status* de licenciadora e fornecedora industrial no setor nuclear, além de propor uma estratégia diferenciada de enriquecimento de urânio a ser compartilhada com os cientistas brasileiros envolvidos no programa.³¹

Analisando essas etapas, percebemos que o grande desafio alemão concentrava-se na transferência de uma tecnologia diferenciada e eficaz no

³⁰ Presidência da República, *Livro Branco – o acordo nuclear*. apud L.P. Rosa, F. de S. Barros & S. R. Barreiros, *A política nuclear no Brasil*, p. 38.

³¹ J. Goldemberg, *op.cit.*, pp. 160–1.

enriquecimento do urânio (pois o Brasil possuía grandes reservas de minério de urânio) a ser compartilhada pelas empresas alemãs credenciadas à fabricação dos componentes necessários à construção das usinas³².

Por força do Acordo, foram criadas diversas empresas brasileiras que serviriam de subsidiárias às suas equivalentes alemãs, com destaque para NUCLAM – Nuclebrás Auxiliar de Mineração, NUCLEP – Nuclebrás Equipamentos Pesados, NUCLEN – Nuclebrás Engenharia S/A e NUCLEI – Nuclebrás Enriquecimento Isotópico, todas subordinadas às Empresas Nucleares Brasileiras (Nuclebrás), criada pela lei federal nº 6189, de dezembro de 1974, em substituição à Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN) fundada em 1971. Pelo lado alemão, a responsabilidade ficou a cargo da *Kraftwerk Union* (KWU), empresa de controle acionário do grupo *Siemens*.³³

O decreto-lei nº 77.977 criou, em 7 de julho de 1976, o PRONUCLEAR (Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear). Como uma das mais imperiosas necessidades do Acordo, o PRONUCLEAR foi resultado das conclusões do Grupo de Trabalho (GT) constituído pela portaria interministerial nº 93, de 8 de setembro de 1975, que tinha como atribuições principais propor, coordenar e implementar um programa de recursos humanos para atender a política nacional de energia nuclear.³⁴

Rico em quadros e tabelas, onde constam estimativas das demandas de profissionais a serem formados pelo programa no decênio 1976/1985, o relatório do

³² K. R. Mirow, *Loucura Nuclear: Enganos do Acordo Brasil – Alemanha*, pp. 132–3.

³³ J. Goldemberg, *op. cit.*, p 161.

³⁴ Relatório do grupo de trabalho interministerial – 1975/76, p. 4.

GT ainda discorre a respeito dos resultados a serem alcançados. Apresenta conclusões, comentários e o detalhamento dos critérios adotados em sua constituição, e ainda destaca, analisa e comenta a oferta de recursos humanos em nível superior, técnico e médio existentes nas diversas instituições de ensino atuantes no país à época, registrando ao final as estimativas dos custos do programa a partir dos dados compilados nas tabelas. O detalhamento dos dados dos relatórios das atividades ligadas ao PRONUCLEAR e sua análise são parte integrante do capítulo 3 da presente dissertação.

Para o momento, é possível adiantar que – analisando seus números a partir da perspectiva atual – observa-se que a expectativa de crescimento da economia brasileira foi superestimada na ocasião, bem como o respectivo consumo energético do país no recorte temporal de sua abrangência.

Um fato interessante mostra-se de especial importância nesse ponto: o maior e mais bem equipado instituto de pesquisas do Brasil na área nuclear manteve-se praticamente excluído das ações implementadas pelo PRONUCLEAR, sob a justificativa inicial de não estar subordinado em termos administrativos ao âmbito federal. Sob a determinação do decreto 67.620, de 19 de novembro de 1970, o IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) surgiu da extinção do Instituto de Energia Atômica (IEA) como órgão integrante da CNEN. Mediante convênio entre a CNEN e a Universidade de São Paulo (USP), promoveu-se a integração dos programas e atividades do extinto IEA ao Plano Nacional de Energia Nuclear, vinculando-o ao Governo do Estado de São Paulo.

Apresentando ser uma mera transação burocrática, essa transferência permitiu ao IPEN uma maior liberdade de atuação em termos efetivos. Compras de equipamentos, convênios com institutos no exterior, com a iniciativa privada e com a própria USP efetivaram-se com a relativa autonomia de uma autarquia estadual. Na conclusão de sua recente tese de doutoramento sobre o histórico do IPEN, a Profa. Dra. Ana Maria P. L. Gordon, pesquisadora daquela instituição, afirma que: "...a mais importante conclusão desse trabalho é que a Instituição (o IPEN) não quis participar do acordo com a Alemanha, pois estava desenvolvendo a tecnologia do ciclo do combustível independentemente."³⁵

Esse período de "liberdade vigiada" estendeu-se até o final das eleições para governador de Estado em 1982 – a primeira feita por via direta desde o início do Regime Militar – quando o representante da oposição, André Franco Montoro, do PMDB (Partido do Movimento Democrático Brasileiro), venceu o pleito.

Em meio à verdadeira enxurrada de decretos estaduais assinados no período final do mandato por seu antecessor, o governador José Maria Marin, foi celebrado convênio entre o Governo do Estado de São Paulo e a CNEN, reintegrando as atividades do IPEN ao Programa Nacional de Energia Nuclear, subordinando-o novamente à União. Assim, "caberia à Universidade de São Paulo e ao governo do Estado apenas uma participação simbólica nas instâncias decisivas".³⁶

³⁵ A.M.P.L.Gordon, "Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (1956-2000) – Um estudo de caso à luz da história da ciência, da tecnologia e da cultura brasileira, p. 392.

³⁶ L. C. de Menezes, *op. cit.*, p. 45.

Fecharemos por ora estes breves parênteses relacionados ao histórico do IPEN, para retornar nosso foco ao PRONUCLEAR. Três anos após sua criação, o Programa recebia críticas de diversos setores da sociedade, inclusive de uma CPI que investigava aspectos do Acordo Nuclear Brasil – Alemanha Ocidental. O acordo previa intercâmbios com a Alemanha em moldes “*on the job training*” – algo como “aprenda trabalhando” – através dos quais, segundo o atual assistente da presidência da CNEN, Cláudio Ubirajara Couto de Almeida,

“diversos profissionais enviados às empresas e institutos alemães tentavam num curto espaço de tempo incorporar as especificidades das atividades ligadas à rotina das usinas nucleares a partir do acompanhamento de profissionais alemães e lendo manuais”³⁷

O PRONUCLEAR recebeu, no ano de 1979, alguns golpes importantes. O primeiro deles resultou de nova crise mundial do petróleo, que coincidiu com o gradual desaquecimento sofrido pela economia brasileira no final da década de 1970. A combinação dessas circunstâncias gerou impactos muito mais significativos do que a crise de 1973. A tabela³⁸ a seguir mostra o novo e espetacular salto do preço do petróleo entre os anos de 1978 e 1979:

Tabela 2

Ano	1976	1977	1978	1979	1980
Consumo diário de barris de petróleo (em milhares de unidades)	1006	1030	1125	1190	1155
Valor unitário do barril de petróleo (em US\$ do ano de 2004)	44,11	45,04	42,15	85,39	87,65

³⁷ Trecho extraído da entrevista feita com o atual assistente da presidência da CNEN, Cláudio Ubirajara Couto de Almeida, em 7 de julho de 2006.

³⁸ Dados extraídos do boletim *British Petroleum statistical review of world energy* de junho/2006, por meio do website <http://www.bp.com/statisticalreview>, consultado em 14 de julho de 2006.

O segundo golpe a atingir o PRONUCLEAR resultou de um acidente nos EUA. Falhas no sistema de refrigeração do reator nuclear da usina de energia elétrica de Three Miles Island, no estado da Pensilvânia, provocaram o pior acidente nuclear em instalações comerciais ocorrido nos EUA. Houve superaquecimento e derretimento parcial do núcleo do reator, acompanhado da produção de gás hidrogênio – o que poderia ter causado uma explosão de conseqüências devastadoras, pois geraria uma grande dispersão de radioatividade no ambiente. O acidente aumentou o interesse do cidadão comum em relação aos perigos da atividade nuclear. Desconfiança e receio retardaram a construção de novas usinas termonucleares, não somente nos EUA. Finalmente, o terceiro golpe estava relacionado ao fato de que a tecnologia do jato-centrífugo (*jet nozzle*) oferecida ao Brasil pelos técnicos alemães como alternativa à ultracentrifugação,³⁹ vetada pelos

³⁹ Na época do acordo eram comercializados pelos países detentores da tecnologia nuclear três métodos de enriquecimento do urânio: por ultracentrifugação (usado comercialmente pela grande maioria dos países que dispunham de usinas nucleares), por difusão gasosa e por jet-nozzle (jato centrífugo), este último em fase de desenvolvimento até então. Todos os três processos funcionam com base na produção do gás hexafluoreto de urânio (UF_6), no qual o urânio se associa com o flúor e constitui um produto em fase gasosa, facilitando a separação física dos seus isótopos. Como isótopos não se separam por processos químicos – uma vez que a única diferença existente entre eles está na massa atômica e não nas propriedades químicas – o processo é fundamentalmente físico. Na natureza, o urânio é constituído por três isótopos, que se apresentam nas seguintes proporções: 99,27% de urânio-238, 0,72% de urânio-235 e 0,0055% de urânio-234. Enriquecer o urânio é, na prática, extrair átomos ou isótopos de urânio-238 da amostra, que correspondem a sua composição majoritária, de forma a aumentar o teor de urânio-235. No sistema de ultracentrifugação, o UF_6 é centrifugado a velocidades que vão de 30 mil a 40 mil rotações por minuto, e as moléculas mais pesadas tendem a concentrar-se nas bordas da centrifugadora, enquanto as mais leves (caso das que contêm urânio-235) concentram-se no centro da máquina. Na difusão gasosa, o UF_6 é premido contra as paredes de um recipiente contendo orifícios microscópicos, por onde passam com mais facilidade as moléculas de UF_6 constituídas pelo urânio-235. O método do *jet-nozzle* deriva da ultracentrifugação, porém com grau de complexidade muito superior, onde a separação dos isótopos do urânio também envolve a força centrífuga. No caso do jato centrífugo, em vez de se fazer o gás girar a altas velocidades, ele é injetado numa composição de 95% de hidrogênio e 5% de UF_6 no interior de um dispositivo curvo, onde o gás mais "pesado" tende a escapar pelas laterais, enquanto o gás leve é recolhido, num sulco central presente no dispositivo. Este último processo jamais chegou a

americanos, mostrou-se complexa e ineficaz, retardando sobremaneira a aplicação do combustível enriquecido nos reatores. Esse fato desagradou setores ligados às forças armadas interessados na confecção de artefatos bélicos (bombas atômicas). Assim, nas palavras do físico Luiz Carlos de Menezes, "amadurecia entre os militares a idéia de montar um programa paralelo, absolutamente clandestino e sem fiscalização internacional, que desenvolvesse a tecnologia do urânio por ultracentrifugação".⁴⁰

Nesse contexto, os recursos destinados ao PRONUCLEAR rarearam, paralelamente aos sucessivos contratempos ocorridos nas obras de Angra II, emblemáticos sobretudo nos recorrentes problemas da sua fundação associados à falha geológica existente na região (problemas detectados já na construção de Angra I). Com inauguração prevista na época da assinatura do Acordo para meados de 1982, a usina nuclear de Angra II só veio a iniciar suas atividades no ano 2000, recorde negativo de atraso até então sem precedentes na história da indústria nuclear.⁴¹

Com o processo de redemocratização do país na década de 1980, que possibilitou uma série de denúncias da imprensa, o então obscuro Programa Nuclear Paralelo das Forças Armadas tornou-se público com o detalhamento de parte das atividades realizadas no Centro de Aramar, da Marinha, situado na cidade de Iperó (SP). Esse Centro contava com ultracentrifugas para enriquecimento de urânio em até 20% do isótopo 235, o qual oficialmente serviria como combustível dos

ser efetivado em termos comerciais devido, principalmente, ao elevado gasto energético inerente à sua execução.

⁴⁰ L. C. de Menezes, *op. cit.*, p.48.

⁴¹ L. P. Rosa, F. de S. Barros & S. R. Barreiros, *op. cit.*, pp. 45-6.

propulsores de um submarino nuclear. Foram descobertas, posteriormente, perfurações com mais 300 m de profundidade por 1 m de diâmetro, realizadas por militares na Serra do Cachimbo (PA). Tais perfurações poderiam servir para testes de explosões nucleares equivalentes aos realizados nos EUA nas décadas de 1950 e 1960⁴² – o que seria indício do interesse em se construir armas nucleares em solo brasileiro.

O anúncio oficial da existência do Programa Nuclear Paralelo veio na voz do Presidente José Sarney, em 4 de setembro de 1987, declarando à nação que o país havia obtido o domínio da tecnologia do enriquecimento do urânio, em fase de conclusão no Centro de Aramar. As instalações para o enriquecimento de urânio foram inauguradas oficialmente em 8 de abril de 1988 na presença do então presidente da Argentina Raúl Alfonsín.⁴³

Os dados obtidos a partir das tabelas publicadas no derradeiro relatório geral das atividades do PRONUCLEAR, englobando o período compreendido entre os anos de 1977 e 1986, mostram o esvaziamento dos programas de estágios de treinamento, doutoramento na Alemanha, visitas de técnicos alemães ao Brasil e respectivas assessorias prestadas por esses profissionais. Esse processo acentuou-se a partir do ano de 1982 e o PRONUCLEAR, na prática, extinguiu-se no ano de 1986. O declínio cronológico colocado em destaque é acompanhado às avessas pela evolução dos trabalhos associados ao Programa Nuclear Paralelo, fato

⁴² L. P. Rosa, *op. cit.*, p.72.

⁴³ L. C. de Menezes, *op. cit.*, p. 53.

sinalizador da provável migração dos investimentos entre esses programas ou, no mínimo, da mudança dos interesses do Estado brasileiro.

Procuramos, neste capítulo, fazer um breve histórico da opção nuclear feita pelos governantes brasileiros em meados da década de 1970. Tal opção encontrou muitos críticos, e alguns defensores, entre os principais elementos da comunidade científica já constituída no país na época da assinatura do Acordo Nuclear Brasil – Alemanha Ocidental. Entre eles encontramos desde os mais ferrenhos críticos à construção de usinas nucleares no país, até os francos defensores da “opção nuclear”, passando por aqueles que oscilaram entre o “não” e o “talvez”. No capítulo seguinte, faremos uma análise dessas diferentes posições, buscando lançar alguma luz sobre um complexo cenário constituído pelas questões decorrentes do uso da tecnologia nuclear.

Capítulo 2

Vozes da Academia: pareceres e posicionamentos dos críticos do Acordo dentro da comunidade científica brasileira

*A ciência é, no mundo, arma econômica,
arma política e arma bélica.
Mas é antes e acima de tudo uma das mais
nobres atividades do pensamento humano.
Juntamente com os escritores, os poetas,
os pintores, os criadores da música,
são os homens de ciência a mais preciosa
riqueza de uma nação.⁴⁴*

A determinação das autoridades governamentais brasileiras em dominar a tecnologia nuclear, formalmente confirmada pela assinatura do Acordo Nuclear Brasil - Alemanha Ocidental em meados do ano de 1975, encontrou na comunidade científica estabelecida no país o ceticismo de quem não identificava no Acordo os elementos efetivamente necessários à geração de políticas e práticas compatíveis com suas principais intenções.

⁴⁴ J. L. Lopes, *Ciência e desenvolvimento (ensaios)*, p. 83.

O professor do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) Luiz Carlos de Menezes, doutor em física pela Universidade de Regensburg (Alemanha) e crítico declarado do Acordo, destacou – em obra que aborda o nascimento do Programa Nuclear Paralelo dos militares – algumas das dúvidas que pairavam no meio científico da época acerca do Acordo. Uma delas se referia ao grau de confiabilidade da estimativa do potencial hidrelétrico do país na época, considerado subestimado. Também havia reservas quanto à eficácia do plano de transferência da tecnologia nuclear em todos os seus níveis, bem como uma suspeita a respeito da existência de interesses bélicos subjacentes à assinatura de um acordo nuclear por parte de uma ditadura militar. Além disso, questionava-se ainda o acerto na escolha do tipo de reator nuclear (a água leve) a ser colocado em operação nas usinas.⁴⁵

Além desses pontos, podem-se mencionar fatores econômicos envolvidos. Por se tratar de uma tecnologia historicamente cartelizada, sua importação podia gerar drásticos impactos sobre a economia de países em desenvolvimento – acentuando seus endividamentos por conta da aquisição e da manutenção de equipamentos, formação de pessoal, compra do urânio enriquecido (combustível dos reatores) e ajustes técnicos locais, a começar por uma rede apropriada de transmissão e distribuição de energia.⁴⁶

A opção nuclear simbolizada pelo Acordo foi uma decisão tomada independente de debates entre os diversos setores que constituem a sociedade civil, acerca destas ou de outras questões pertinentes, visto que o Brasil vivia um regime

⁴⁵ L. C. de Menezes, *op. cit.*, p. 35.

⁴⁶ R. Arnt, *op. cit.*, p. 12.

de exceção. Desde seu início, o Acordo foi objeto de críticas formuladas por representantes da comunidade científica brasileira. A falta de diálogo fomentou uma animosidade prejudicial ao país, visto que os recursos para o financiamento a pesquisas científicas no Brasil – como em muitos países em desenvolvimento – tinham, e ainda têm, sua origem majoritariamente no Estado.⁴⁷

O distanciamento entre os formuladores das políticas públicas e os cientistas brasileiros pode ser dimensionado pelas palavras de José Leite Lopes (1918 – 2006), físico de renome internacional, doutor pela Universidade de Princeton (EUA), fundador e integrante ativo de importantes centros de pesquisa no Brasil. Referindo-se à criação do Conselho Nacional de Energia Nuclear – realizada por decreto do Poder Executivo em 1956, o qual também colocou a sua regulamentação nas mãos no Congresso Nacional – escreveu Leite Lopes:

“Havendo sido limitado a cinco o número de membros da CNEN, em geral não especialistas, parece-me que, em face do que ocorrera antes, das dificuldades dramáticas com que se defrontaram os esforços para obter ajuda internacional, a primeira coisa a fazer seria a convocação, uma verdadeira mobilização de todos os cientistas e técnicos capazes e disponíveis no país, a fim de que se reunissem com a Comissão de Energia Nuclear, estudassem um programa verdadeiramente nacional, modesto mas eficiente, bem como as medidas para a execução efetiva do programa. Decorreu mais de um ano sem que nenhuma providência nesse sentido fosse adotada, apesar das sugestões privadas oferecidas espontaneamente por alguns dos nossos cientistas. As únicas notícias que se possuíam sobre as atividades desse órgão eram telegramas sucintos provenientes do exterior dizendo que o Brasil assinava novos acordos internacionais. Ou, então, entrevistas em nossa imprensa nas quais se afirmava que devíamos estar orgulhosos, pois, de vez em quando, calha a algum diplomata nosso presidir a reuniões internacionais sobre energia atômica. (Alguns dos nossos diplomatas estão promovidos à categoria de conhecedores

⁴⁷ F. Mayor & A. Forti, *Ciência e Poder*, p. 61.

profundos e autoridades máximas em energia atômica em círculos administrativos no País...)"⁴⁸

Com uma carreira acadêmica construída ao longo de mais de sete décadas, o físico e professor Marcelo Damy de Souza, primeiro superintendente do IEA (atual IPEN) e presidente da CNEN entre os anos de 1961 e 1964 (expurgado do cargo pelo golpe militar de 1964), profundo conhecedor das questões nucleares, compartilha dessa visão:

"...com freqüência, esses problemas (relacionados à ciência e à tecnologia) são resolvidos por "entendidos" e não por técnicos. Um dos melhores exemplos que comprovam essa asserção é o Acordo Nuclear Brasil – Alemanha, que foi feito por diplomatas 'entendidos' do assunto sem que qualquer cientista ou técnico de competência reconhecida fosse consultado".⁴⁹

Essas opiniões veementes carregam consigo o peso dos anos em que permaneceram, na prática, proibidas ou vigiadas pelos instrumentos de controle dos órgãos de repressão do governo militar. Caso tivesse havido intenção para dialogar, o interlocutor da parte do governo provavelmente teria sido Paulo Nogueira Batista. Engenheiro de formação, Batista foi um dos principais articuladores do Acordo, assumindo o cargo de presidente da Nuclebrás após a disputa pelo poder na área nuclear com o engenheiro militar coronel Carlos Sillus Martins Pinto, tornando-se posteriormente embaixador do Brasil nos EUA.⁵⁰

Em meio às controvérsias envolvendo o Acordo, Batista apresentava as justificativas técnico-econômicas e sociais dos detalhes e desdobramentos mais

⁴⁸ J. L. Lopes, *Ciência e desenvolvimento (ensaio)*, p. 75.

⁴⁹ M. Damy & E. Fernandes. *Entrevista concedida ao jornalista Eduardo Fernandes*, p. 6.

⁵⁰ L. P. Rosa, *A política nuclear e o caminho das armas atômicas*, p. 44 e T. Malheiros. *Histórias secretas do Brasil nuclear*, p. 57.

relevantes do Acordo, sendo seu eloqüente porta-voz oficial por conta da função de presidente da Nuclebrás que então ocupava. Quanto ao impacto diplomático e a previsão do seu significado e importância ao nosso país, ele afirmou que

“ainda é cedo para fazer uma avaliação exata da verdadeira dimensão diplomática do mesmo [referindo-se ao Acordo], embora não haja discrepância de opinião quanto à afirmativa de que seu impacto em nossa marcha para o desenvolvimento foi incalculável”.⁵¹

No que se refere às vultosas cifras envolvendo o Acordo, declarações de caráter técnico reafirmavam as principais estatísticas que lhe serviam de sustentação:

“O Brasil poderá financiar inteiramente ou ao menos parte considerável de seu projeto nuclear com a exportação de urânio (...) O quilo do urânio custa hoje 50 dólares no mercado internacional, mas com o agravamento da crise do petróleo deverá chegar rapidamente aos 100 dólares. Além das reservas brasileiras conhecidas, que oscilam entre 350.000 e 500.000 t, há indícios seguros de que existem novas e ricas jazidas, principalmente na Amazônia, capazes de garantir o abastecimento interno e as exigências do acordo”.⁵²

A oposição explícita ao Acordo se localizou, num primeiro momento, no meio científico – principalmente entre os físicos, efetivos conhecedores técnicos das questões envolvendo o surgimento e o uso da energia nuclear, que estavam, contudo, alijados de participação no programa. O mesmo pode-se dizer dos técnicos dos institutos do setor nuclear na esfera federal, com exceção feita a alguns poucos componentes do círculo de confiança estrita do núcleo do poder.⁵³ A desaprovação ao Acordo não tardou a ser expressa formalmente por parte dos cientistas.

⁵¹ K. R. Mirow, *Loucura nuclear: enganos do Acordo Brasil – Alemanha*, p. 40.

⁵² Entrevista de Paulo Nogueira Batista a Carlos Struwe, correspondente de *Veja*, in “Uma forte nação pacífica”, *Veja*, 2 de julho de 1975, p. 21. *Apud* K. R. Mirow, *op. cit.*, p. 40.

⁵³ L. P. Rosa, *op. cit.*, p. 41.

relevantes do Acordo, sendo seu eloqüente porta-voz oficial por conta da função de presidente da Nuclebrás que então ocupava. Quanto ao impacto diplomático e a previsão do seu significado e importância ao nosso país, ele afirmou que

“ainda é cedo para fazer uma avaliação exata da verdadeira dimensão diplomática do mesmo [referindo-se ao Acordo], embora não haja discrepância de opinião quanto à afirmativa de que seu impacto em nossa marcha para o desenvolvimento foi incalculável”.⁵¹

No que se refere às vultosas cifras envolvendo o Acordo, declarações de caráter técnico reafirmavam as principais estatísticas que lhe serviam de sustentação:

“O Brasil poderá financiar inteiramente ou ao menos parte considerável de seu projeto nuclear com a exportação de urânio (...) O quilo do urânio custa hoje 50 dólares no mercado internacional, mas com o agravamento da crise do petróleo deverá chegar rapidamente aos 100 dólares. Além das reservas brasileiras conhecidas, que oscilam entre 350.000 e 500.000 t, há indícios seguros de que existem novas e ricas jazidas, principalmente na Amazônia, capazes de garantir o abastecimento interno e as exigências do acordo”.⁵²

A oposição explícita ao Acordo se localizou, num primeiro momento, no meio científico – principalmente entre os físicos, efetivos conhecedores técnicos das questões envolvendo o surgimento e o uso da energia nuclear, que estavam, contudo, alijados de participação no programa. O mesmo pode-se dizer dos técnicos dos institutos do setor nuclear na esfera federal, com exceção feita a alguns poucos componentes do círculo de confiança estrita do núcleo do poder.⁵³ A desaprovação ao Acordo não tardou a ser expressa formalmente por parte dos cientistas.

⁵¹ K. R. Mirow, *Loucura nuclear: enganos do Acordo Brasil – Alemanha*, p. 40.

⁵² Entrevista de Paulo Nogueira Batista a Carlos Struwe, correspondente de *Veja*, in “Uma forte nação pacífica”, *Veja*, 2 de julho de 1975, p. 21. *Apud* K. R. Mirow, *op. cit.*, p. 40.

⁵³ L. P. Rosa, *op. cit.*, p. 41.

Em julho de 1975, durante a reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), realizada em Minas Gerais, era divulgado um documento / manifesto (o "Manifesto de Belo Horizonte", como ficou conhecido), onde físicos expressavam suas dúvidas quanto ao acerto técnico-econômico das escolhas constantes do Acordo, e questionavam o procedimento autoritário que marcou a condução de tal decisão. Pouco depois, houve manifestação equivalente produzida pelo Clube de Engenharia do Rio de Janeiro.⁵⁴

No histórico apresentado no capítulo 1 desta dissertação, foi destacada a subestimação dos recursos hidrelétricos brasileiros à época da assinatura do Acordo. Aparentemente, houve intenção deliberada de se exagerar as previsões sobre as necessidades energéticas do país nas duas décadas que se seguiriam, descritas no chamado *Plano 90* da Eletrobrás, de forma a nele caber o Programa Nuclear. Nesse sentido, há indícios de que houve uma pressão sobre os técnicos do setor elétrico encarregado do *Plano 90* para introduzir tal distorção.⁵⁵ De fato, o potencial hidrelétrico brasileiro foi estimado em 213 milhões de quilowatts, em uma avaliação posterior realizada pela própria Eletrobrás em maio de 1980,⁵⁶ evidenciando que a necessidade de energia nuclear como produtora de eletricidade à época da assinatura do Acordo não se mostrava urgente nem justificável, considerando-se que o país dispunha ainda de amplos recursos hidrelétricos.⁵⁷ Tomando os contornos de um erro na escolha de prioridades, corroborado pelos

⁵⁴ L. C. de Menezes, *op. cit.*, p. 34.

⁵⁵ L. P. Rosa, *op. cit.*, p. 40.

⁵⁶ *ibid.*, p. 41.

⁵⁷ J. Goldemberg, "Um programa nuclear alternativo", in D. N. Simon (ed.), *Energia Nuclear em questão*, p. 13.

elevados custos a ele associados, o Programa Nuclear viu-se constantemente obrigado ao convívio com a sombra das estimativas das disponibilidades hidroenergéticas brasileiras economicamente aproveitáveis.⁵⁸

O fator econômico faria posteriormente a balança pender para o lado do uso da energia hidrelétrica, pois os principais estudos feitos nessa seara indicaram claramente a sua vantagem sobre a modalidade nuclear no Brasil. Segundo Luiz Pinguelli Rosa, mestre em engenharia nuclear e doutor em Física com vasta produção acadêmica voltada ao levantamento e à análise das questões energéticas, tendo inclusive ocupado a presidência da Eletrobrás entre o janeiro de 2003 e abril de 2004, "há dados suficientes sobre os custos comparativos e sobre o potencial hidrelétrico brasileiro comparativamente à necessidade de potência instalada projetada até a primeira ou segunda década do próximo século".⁵⁹ Convém destacar que essas estimativas foram todas realizadas na década de 1980, quando as duas modalidades de produção de energia (hidrelétrica e nuclear) foram, na melhor das hipóteses, subaproveitadas em nosso país. Em outros países onde é concreta a identificação de alternativas factíveis à captação energética distintas da modalidade nuclear para a geração de eletricidade, a tendência é pela eliminação sumária da opção nuclear. O principal motivo para essa postura é evitar desgastes desnecessários junto aos diversos setores da sociedade civil.⁶⁰ De fato, não há um consenso entre os principais membros da comunidade científica internacional quanto à necessidade da opção nuclear.

⁵⁸ L. C. de Menezes, *op. cit.*, p. 28.

⁵⁹ L. P. Rosa, L. Sigaud e O. Mielnik, *Impactos de grandes projetos hidrelétricos e nucleares – aspectos econômicos e tecnológicos, sociais e ambientais*, p. 13.

⁶⁰ R. Arnt, *op. cit.*, p. 31.

Quanto ao fato de as necessidades energéticas brasileiras para as décadas de 80 e 90 do século passado terem sido superestimadas, não identificamos grandes divergências entre as opiniões e os dados que encontramos. Mas quanto à validade da opção em termos de diversificação das nossas matrizes energéticas, com ênfase no uso da energia atômica a médio e longo prazo, Marcelo Damy apresentou sua visão quanto à dicotomia energia hidrelétrica *versus* energia nuclear. Damy posicionou-se com vigor em relação às mais freqüentes opiniões dos críticos à construção das usinas nucleares em solo brasileiro, em entrevista concedida ao jornal *Hora do Povo*, publicada entre os meses de agosto e setembro de 1993:

"É extremamente curioso que existam pessoas que afirmem que o uso da energia atômica para a geração de energia elétrica é desnecessário por causa das grandes reservas de potencial hidrelétrico. Em primeiro lugar, os especialistas em idéias gerais que exprimem uma opinião como essa, demonstram uma ausência total de espírito científico e um desrespeito total com os técnicos que entendem desse assunto, como os técnicos da Eletrobrás que enviaram esse documento (o ofício nº 196/86 dos engenheiros Mario Penna Behring e Antonio Carlos Tatit Holtz, da Eletrobrás, enviado em abril de 1986 ao professor José Israel Vargas, nomeado pelo então presidente José Sarney para presidir a Comissão de Avaliação do Programa Nuclear Brasileiro, do qual o professor Damy foi membro)(...) Em segundo lugar, é necessário reconhecer que quando não se entende nada sobre um determinado tema, qualquer opinião é tão inútil quanto o nada e o coisíssima nenhuma. Compreende-se então que é fácil bater na mesma tecla e repetir a mesma ladainha sem qualquer variação do tema original e insistir sempre que possuímos enormes recursos hidrelétricos e que a energia atômica é uma coisa perigosa (...) Esses gênios universais curiosamente aparecem no momento em que a mídia propala eventos de grande destruição e de grande ameaça para a humanidade. Todas as vezes que um reator sofre um pequeno acidente, ainda que produza uma quantidade de radiação equivalente a que se encontra num aparelho de raios-X, utilizado numa clínica de tratamento de câncer, ou no consultório de um dentista, imediatamente aparecem nos jornais dois ou três nomes desconhecidos nos meios científicos, mas, curiosamente, sempre os mesmos, que afirmam, segundo fulan: "tantas mil pessoas vão morrer de câncer, tantas vão ter leucemia" e assim por diante

(...) Fogem completamente à ética científica emitindo opiniões sobre assuntos dos quais não têm conhecimento profissional".⁶¹

Antigo defensor do uso da energia nuclear para fins exclusivamente pacíficos, Damy elencou, na mesma ocasião, algumas desvantagens da construção de mais usinas hidrelétricas:

"Países como o Brasil, que dispõe de depósitos de urânio e tório, suficientes para gerar a energia que precisa, sem produzir devastação do meio, a inundação de áreas férteis para a construção de represas, que têm dimensões quase continentais, sem gastar um dinheiro inútil em longas linhas de transmissão, imprescindíveis para trazer energia hidrelétrica do Amazonas para o Rio Grande do Sul, não podem prescindir do uso da energia nuclear".⁶²

Nesse momento da discussão sobre as vantagens, desvantagens e limitações das duas opções em referência, percebemos que as opiniões são emitidas carregadas de juízos de valor, por eminentes nomes da ciência nuclear do país. Em 1985, Pinguelli Rosa já admitia limitações na opção hidrelétrica, mas em detrimento ao uso da energia atômica, apresentava alternativas para o problema da distribuição da energia hidrelétrica por longas distâncias:

"O último argumento sobre o potencial hidrelétrico é o da sua má distribuição, já que boa parte dos aproveitamentos hídricos ainda não utilizados localizam-se na região Norte, distante dos grandes centros de consumo do Centro – Sul. Este fato inviabilizaria sua utilização devido ao problema da transmissão da energia elétrica a longas distâncias. Entretanto, esta transmissão mostra-se perfeitamente viável, havendo inclusive a possibilidade do uso da corrente contínua para distâncias muito longas. Aliás, a linha de Itaipu ao eixo Rio – São Paulo possui cerca de mil quilômetros e pode ser considerada como de longa distância".⁶³

⁶¹ M. Damy & E. Fernandes. *op. cit.*, pp. 3-7.

⁶² *Ibid.*, p. 7.

⁶³ L. P. Rosa, *op. cit.*, p. 40.

Todavia, ainda que a opção pela construção de usinas hidrelétricas – com base na retificação do potencial desse recurso energético feito no início dos anos 1980 – se apresentasse como uma empreitada menos faraônica e suficiente para as necessidades dos trinta anos seguintes na visão de um número expressivo de cientistas, o interesse pela absorção da tecnologia nuclear permanecia latente, ainda que não obedecesse aos denominados “critérios energéticos”.⁶⁴ Ou seja, se as usinas termonucleares não representavam a melhor solução no momento da assinatura do Acordo como produtoras de eletricidade, uma vez em que o país dispunha de recursos hidroelétricos ainda inexplorados, a introdução dos reatores nucleares no Brasil se justificaria como método de obtenção dessa almejada tecnologia.⁶⁵

Um outro fator ligado ao Acordo, e gerador de discórdia entre os cientistas, estava relacionado ao tipo de reator mais adequado às possibilidades e pretensões brasileiras. Com base nos trabalhos do chamado “Grupo do Tório” – realizados por pesquisadores brasileiros no reator TRIGA, do IPR de Minas Gerais com o objetivo de se obter urânio-233 a partir do tório-232 (minério encontrado em solo brasileiro em maior abundância que o próprio urânio) – uma parcela significativa dos nossos cientistas defendia a construção de reatores de água pesada, passíveis de serem operados com três misturas de combustíveis distintas: urânio altamente enriquecido e tório, urânio natural e plutônio-tório. O próprio histórico das atividades desenvolvidas pelo “Grupo do Tório” indica as intenções e os principais resultados

⁶⁴ L. C. de Menezes e D. N. Simon, “Dois erros em cadeia: a política nuclear e a estrutura organizacional do programa nuclear brasileiro, *in* D. N. Simon, *op. cit.*, p. 29.

⁶⁵ J. Goldemberg, “Um programa nuclear alternativo”, *in* D. N. Simon *op. cit.*, p. 13.

obtidos no sentido de se viabilizar a almejada flexibilidade advinda desta opção, bem como o desinteresse do governo federal em investir em pesquisas que poderiam, ao menos, atenuar nossa dependência quanto à importação irrestrita da tecnologia nuclear:

“...a programação perseguida pelos pesquisadores do Grupo do Tório permitia a independência do Brasil, exatamente pela possibilidade de utilização de diversos tipos de combustíveis, dependendo apenas das condições de mercado. Assim, se o urânio enriquecido fosse de difícil aquisição, restaria a opção de uso do urânio natural, sobrando ainda a possibilidade de emprego do plutônio ou do tório. Aquele grupo realizou significativas pesquisas, também na área de desenvolvimento tecnológico de projetos de centrais nucleares. Suas atividades, entretanto, foram descontinuadas, em 1975, quando o poder central optou pela linha dos reatores a água leve e urânio enriquecido, ao firmar o Acordo com a Alemanha Ocidental. Importante notar que, no transcorrer de sua existência efetiva como centro de P&D (pesquisa e desenvolvimento), chegou a montar laboratório de neutrônica e instalação térmica. Lamentavelmente, a etapa seguinte, que consistia na montagem do protótipo de um reator, incluindo o sistema de geração de vapor, não chegou a se concretizar”.⁶⁶

A opção feita, expressa no Acordo, foi por reatores que utilizassem como combustível o urânio enriquecido, e a água leve como moderador. As principais vantagens que podem ser apontadas em favor dessa escolha são: maior rendimento energético, segurança, menor custo, e maior confiabilidade desse tipo de reator em comparação, por exemplo, com os reatores alimentados por urânio natural e moderados por água pesada (água deuterada).⁶⁷

⁶⁶ P. Q. Marques, *Sofismas Nucleares: o jogo das trapaças na política nuclear do país*, p. 52.

⁶⁷ L. C. de Menezes, *op. cit.*, p. 30. Neste ponto, verifica-se que as divergências entre os principais defensores individuais das duas opções de reatores tendem a se dissipar por uma questão predominantemente comercial: reatores que utilizam urânio enriquecido e são moderados com água leve já representavam mais de 80% do total mundial no momento em que o Acordo foi assinado – percentual praticamente mantido ao longo das mais de três décadas posteriores – onde o destaque às dificuldades impostas ao enriquecimento do urânio são, no mínimo, compensadas pelos custos de obtenção da água pesada, moderadora dos reatores que utilizam urânio natural. O próprio consumo de urânio é cerca de quatro vezes maior na “queima” realizada nos reatores a água pesada, fato que, em associação a outras desvantagens técnicas, minimizou ao longo dos anos o referido embate.

Como já destacado anteriormente nesta dissertação, as reservas brasileiras de urânio eram apreciáveis, fato que colocava o Brasil ao lado da então União Soviética como as duas únicas nações aptas em nível mundial à auto-suficiência no trato do urânio como combustível das usinas nucleares.⁶⁸ Contudo, a obtenção dessa auto-suficiência permitiria ao Brasil não somente construir usinas nucleares destinadas à geração de eletricidade. A tecnologia de enriquecimento do urânio admite a possibilidade de se obter o material físsil na concentração necessária à construção de armamentos nucleares.⁶⁹

Levando-se em conta que o país atravessava sua segunda década sob o governo dos militares, não faltou a desconfiança dos mais diversos setores da sociedade quanto às intenções que subjaziam à escolha pela tecnologia do enriquecimento do urânio. Um incidente ocorrido um ano antes da assinatura do Acordo alimentou de forma contundente essa desconfiança. Testes de explosivos nucleares realizados pela Índia em maio de 1974, no deserto do Rajastão, reforçaram o caráter "menos nobre" da opção nuclear. O episódio ensejou dúvidas quanto à eficácia da fiscalização realizada pela AEIA (Agência Internacional de Energia Nuclear) e pelas empresas licenciadoras de tecnologia na área nuclear, visto que a Índia desenvolveu toda a tecnologia necessária à construção de sua

⁶⁸ M. Damy & E. Fernandes. *op. cit.*, p. 18.

⁶⁹ Há basicamente dois modos de se obter uma bomba atômica de fissão. Um deles se dá pelo enriquecimento do urânio (U-235) a elevados percentuais de concentração, da ordem de 90%. A outra maneira deriva do reprocessamento do plutônio contido no combustível físsil utilizado nos reatores das usinas. O plutônio não existe na natureza, sendo criado artificialmente pela transmutação do urânio 238, processada dentro de um reator. Dentre seus vários isótopos, são físséis os de número de massa ímpar: Pu 239 e Pu 241. Como elemento gerador de energia, o plutônio é de uma capacidade extraordinária.

bomba atômica a partir do programa de cooperação mantido em parceria com o Canadá. A bomba nuclear indiana foi fruto da habilidade dos seus pesquisadores em substituir o urânio vindo do Canadá, que servia de combustível ao reator *Cyrus* (doado à Índia pelo Canadá e de fabricação norte-americana) pelo urânio processado no próprio território indiano. A usina doada pela estatal canadense utilizava como combustível o urânio natural e água pesada como moderador, não havendo, portanto, a necessidade de enriquecimento do urânio. Isso permitiu que os cientistas indianos, a partir do reprocessamento do combustível irradiado no reator, obtivessem o plutônio utilizado na fabricação do explosivo nuclear.⁷⁰

A tênue linha de separação entre os usos pacíficos e bélicos da tecnologia militar fora definitivamente rompida. Tornou-se evidente que a criação de uma indústria nuclear civil poderia proporcionar as condições necessárias à formação de pessoal qualificado e à criação de uma estrutura para a obtenção do plutônio destinado a fins militares. No caso indiano, o *know-how* necessário ao reprocessamento dos rejeitos atômicos foi adquirido pelos cientistas daquele país em função do intercâmbio com o *Comitê de Energia Nuclear* (AEC), situado na cidade de Idaho (EUA), no âmbito do acordo firmado com o Canadá. Esse intercâmbio visava familiarizar os profissionais indianos com os problemas técnicos da extração do plutônio do combustível irradiado em reatores a água pesada. Assim foi possível à Índia assimilar a tecnologia necessária à obtenção do plutônio, uma

⁷⁰ P. Q. Marques, *op. cit.*, p. 71.

das matérias-primas chaves para a construção de armas atômicas – e tudo foi feito sob o olhar “atento” dos fiscalizadores do programa “Átomos pela Paz”.⁷¹

No caso brasileiro – considerando-se os fatos que se sucederam às dificuldades de se garantir, via Acordo, a tecnologia do enriquecimento do urânio – o surgimento do Programa Nuclear Paralelo, em 1979, viria a corroborar, ainda que parcialmente, a desconfiança de setores da sociedade civil brasileira quanto à intenção do governo em desenvolver armamentos nucleares.

É preciso recordar que as potências mundiais detentoras de armas nucleares posicionaram-se com vigor no sentido de impedir que outras nações também desenvolvessem tecnologia nuclear com finalidades bélicas, o que foi consubstanciado no *Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares*. Leite Lopes teceu os comentários que se seguem, a respeito do tratamento desigual manifesto nesse tratado:

“Atualmente, desarmam-se os desarmados e armam-se em corrida vertiginosa os super-armados. E se a energia nuclear tem utilização para fins pacíficos e entre esses a produção de energia, o domínio completo de sua tecnologia evidentemente daria meios a uma possível utilização militar. Isto é verdade de todo sistema industrial, de qualquer tecnologia. Querer então proibir a indústria atômica com tais argumentos, deveria essa vontade ser acompanhada do impedimento das indústrias químicas, automobilística, siderúrgica, etc, que são imediatamente convertidas em indústria de guerra em caso de conflito como se viu, por exemplo, na Guerra Mundial de 1939. Invocar a proibição de uma possível utilização militar em todos esses casos, por parte de países menos desenvolvidos, que aspiram ao desenvolvimento, acarreta também o congelamento das atuais diferenças de desenvolvimento econômico das nações, impedindo às nações subdesenvolvidas o acesso e o domínio de tecnologias como a nuclear, a informática e as que forem descobertas”.⁷²

⁷¹ K. R. Mirow, *op. cit.*, p.230.

⁷² J. L. Lopes, *Uma História da Física no Brasil*, p. 91.

Marcelo Damy posicionou-se com equivalente indignação quanto às determinações constantes do *Tratado de Não Proliferação*, ao afirmar que “essa preocupação desses países em continuarem a ser senhores do mundo, trazem como resultado a imposição de um atraso ao desenvolvimento científico e industrial dos países do Terceiro Mundo que não pertencem ao chamado ‘Clube do Átomo’”⁷³, endossando portanto a postura do governo brasileiro em não tê-lo assinado até aquele momento. Percebe-se, portanto, que ao se tratar da energia nuclear, estava em jogo muito mais do que apenas uma questão técnica relativa às possibilidades de geração de energia. A questão do uso militar dessa tecnologia, incluindo as implicações éticas e morais denunciadas pelos movimentos pacifistas, estava indissociavelmente ligada a qualquer discussão em torno desse tema. Sendo assim, a transferência de qualquer aspecto da tecnologia nuclear constituía-se em problema delicado.

O pacote de compra das usinas term nucleares adquirido junto à Alemanha Ocidental tinha como base a transferência da tecnologia do enriquecimento do urânio em suas mais diversas etapas, da extração ao reprocessamento dos combustíveis irradiados no reator. As inevitáveis dúvidas que pairavam sobre as reais intenções e possibilidades da Alemanha Ocidental em honrar sua parte no Acordo, no tocante à transferência da tecnologia nuclear – visto que os EUA já se

⁷³ *Ibid.*, p. 10. Originalmente, o chamado “Clube Atômico” era composto por: Estados Unidos, Rússia (herdeira direta da ex-União Soviética), França, China e Grã-Bretanha, nações que ao final da década de 1960 já haviam realizado testes com armamentos nucleares.

manifestavam contrários a essa cláusula – foram vigorosamente rechaçadas pelos diplomatas alemães negociadores do Acordo.⁷⁴

Independente da palavra empenhada por parte dos alemães, as dificuldades ligadas à transferência da tecnologia nuclear rapidamente se manifestaram. As pressões originadas na Inglaterra e nos EUA sobre a Holanda, parceira nuclear alemã em conjunto com a Inglaterra no chamado consórcio URENCO, impediram-na de repassar ao Brasil a tecnologia do enriquecimento do urânio pela ultracentrifugação, processo consagrado em nível mundial àquela época.⁷⁵ Em substituição, os alemães ofereceram ao Brasil um processo que ainda se encontrava em fase de desenvolvimento, denominado *jet-nozzle*, ou jato centrífugo. Esse processo não era utilizado em escala industrial nem mesmo na própria Alemanha, não havendo portanto comprovação de sua viabilidade até aquele momento. No mais, esta opção viria a mostrar-se ao longo dos anos por demais dispendiosa quanto ao consumo de energia elétrica, o que colocou em xeque sua viabilidade e sua eficácia.⁷⁶ O próprio Prof. Erwin W. Becker, idealizador do processo de jato centrífugo, não chegou a sofrer cobranças, na época, relativas à transferência do processo de enriquecimento de urânio que inventara, visto que o Brasil havia enviado até o ano de 1977 um único engenheiro para ser treinado na usina protótipo alemã de Karlsruhe.⁷⁷

A dificuldade de se viabilizar o processo de jato centrífugo em escala industrial foi um dos principais obstáculos num processo de transferência de

⁷⁴ *Ibid.*, p. 40.

⁷⁵ L. C. de Menezes, *op. cit.*, p. 31.

⁷⁶ P. Q. Marques, *op. cit.*, p. 76.

⁷⁷ K. R. Mirow, *op. cit.* p. 136.

tecnologia fadado ao insucesso no seu nascedouro. Acrescenta-se a essa realidade o fato desse pretense repasse de tecnologia ser dependente direto da adequada capacitação de recursos humanos aptos a desempenharem as mais diversas funções da indústria nuclear que se desejava instalar no país. Essa capacitação foi colocada sob a responsabilidade de uma empresa (a KWU, já citada no capítulo anterior), e não de um grupo ligado a uma instituição de caráter acadêmico, o que caracteriza mais um equívoco de ordem estrutural que poderia ser evitado com base na discussão entre governo e cientistas. Nas palavras do Prof. Enos Vital Brasil, diretor da Fundação de Tecnologia Industrial em 1978, "a tecnologia está na cabeça de quem a idealizou e jamais será transferida (...) O que o Brasil está fazendo com o Acordo Teuto-Brasileiro é receber uma receita tecnológica de um bolo com o qual vai conviver durante muito tempo sem perspectivas de absorção de tecnologia em si".⁷⁸

As críticas nesse sentido são recorrentes. Para o físico José Zaats, "O Brasil está no papel do mecânico que aprende a trocar as peças do carro mas nunca será capaz de construir um motor"⁷⁹, opinião que se coadunava ao pensamento do físico e professor Mário Schenberg, o qual afirmava ter havido "uma confusão entre importação de tecnologia e importação, pura e simples, de equipamentos".⁸⁰

As palavras do presidente da KWU, Klaus Barthelt, explicavam o ideal da política de transferência de tecnologia segundo nossos parceiros alemães: "A

⁷⁸ Citado por K. R. Mirow, *op. cit.* pp. 136-7.

⁷⁹ *Ibid.*, p. 137.

⁸⁰ M. Schenberg, "Programa nuclear - importamos máquinas e não tecnologia", *Gazeta Mercantil*, 26 de outubro de 1977, p. 7, *apud* Mirow, *op. cit.*, p.137.

transferência de tecnologia se dará através do *training on the job* (treinamento no trabalho). Nós representamos uma empresa comercial e não uma universidade."⁸¹

O distanciamento entre os ideais de formação de recursos humanos tomados a partir de uma concepção empresarial e o ideal de formação desse contingente de profissionais visto da óptica de uma comunidade científica parece ter sido determinante das opiniões proferidas pelos membros deste segundo segmento. Vale aqui destacar que o papel da capacidade tecnológica nacional já existente no âmbito dos institutos de pesquisa nuclear fora, segundo a versão mais veiculada pelos críticos da execução do Acordo, pouco valorizada. Neste ponto, parece-nos possível, entretanto, afirmar que algo de efetivo se produziu visando a constituição de um quadro de pessoal apto aos trabalhos com a energia nuclear no país. Esta avaliação durante muito tempo esteve ausente das opiniões manifestadas pelos cientistas brasileiros – possivelmente pelo descontentamento dessa comunidade em relação à maneira centralizada que caracterizou todo o processo de tomada de decisões referentes ao programa nuclear brasileiro.

Ao referir-se especificamente à formação de cientistas e técnicos destinados à condução da rotina nuclear no Brasil, Leite Lopes criticou a natureza “diplomática” com a qual foi conduzido este importante elemento de transferência tecnológica que, segundo sua visão:

“foi elaborado e executado sem intercâmbio com as universidades e institutos de pesquisa (nacionais), senão totalmente fechado e hostil a essas universidades (...) Se os diplomatas são importantes para a negociação de acordos, para o estudo do quadro internacional em que se coloca este programa, só num país subdesenvolvido se entrega a

⁸¹ K. R. Mirow, *op. cit.* p. 138.

construção da infra-estrutura científica e técnica de uma tecnologia nova a não-especialistas”.⁸²

A respeito de recursos humanos no âmbito do Acordo, o então presidente da Nuclebrás, o futuro diplomata Paulo Nogueira Batista, afirmou em entrevista que “depois da obtenção de tecnologia, o problema mais sério será a formação de pessoal especializado”. O físico, professor, ex-reitor da Universidade de São Paulo, ex-ministro da Ciência e Tecnologia e ocupante de uma série de cargos públicos nas últimas duas décadas, José Goldemberg – profundo estudioso das questões energéticas – criticou a ordem dessas preocupações, partindo da premissa de que a capacidade de se produzir tecnologia evidencia o único indício seguro de se avaliar o grau de desenvolvimento de um país.⁸³ Ou seja, o programa de capacitação de técnicos e cientistas deveria naturalmente anteceder o processo de transferência tecnológica ou, em última instância, ocorrer em concomitância ao mesmo.

Todavia, mesmo mantendo em segundo plano as discussões envolvendo a ordem das principais providências necessárias à eficaz execução das determinações constantes do Acordo, devemos neste ponto buscar identificar as relações entre essas providências, colocando nosso foco na questão da formação de pessoal. Afinal, a capacidade de uma nação atingir um nível de desenvolvimento sustentável depende da provisão de uma massa crítica de mão-de-obra qualificada nos diversos campos científicos e técnicos destinados à sustentação da tecnologia almejada.⁸⁴ Nas palavras do bioquímico e ex-diretor geral da UNESCO, Frederico Mayor:

⁸² J. L. Lopes, *Uma história da física no Brasil*, p. 92.

⁸³ J. Goldemberg, *Energia Nuclear no Brasil*, p. 163.

⁸⁴ F. Mayor, “Ciência e poder hoje e amanhã”, in F. Mayor & Augusto Forti, *op. cit.*, p. 136.

“A capacidade de um país promover o desenvolvimento depende também de adequadas estruturas programáticas, legais, reguladoras e políticas. Depende de sua capacidade de escolher a tecnologia adequada. Capacidades, conhecimentos, *know-how* técnico e um número suficiente de gente treinada são necessários para desenvolver tecnologias endógenas sólidas e para absorver e adaptar tecnologias importadas através da transferência de tecnologia. O treinamento do tipo, e em número, certo de cientistas, especialistas, técnicos e professores é uma necessidade crucial, talvez a mais crucial de todas”.⁸⁵

O capítulo seguinte procura confrontar esta visão com os dados obtidos a partir da leitura dos relatórios produzidos pela comissão responsável pelo acompanhamento dos resultados efetivamente atingidos pelo PRONUCLEAR, bem como descreve uma experiência feita em solo nacional, o “Chapéu Nuclear”, com o objetivo de complementar internamente os intercâmbios dos nossos técnicos e pós-graduandos enviados à Alemanha Ocidental na época do Acordo.

⁸⁵ *Ibid.*, pp. 136-7.

Capítulo 3

O PRONUCLEAR e a formação de recursos humanos na área de tecnologia nuclear

*Se a ciência evolui, é muitas vezes porque um aspecto
ainda desconhecido das coisas se revela subitamente;
nem sempre em consequência do surgir de aparelhagem nova,
mas graças a uma maneira diferente de examinar os objetos,
que passam a ser vistos sob um novo ângulo.⁸⁶*

O artigo I do Acordo Nuclear Brasil – Alemanha Ocidental, assinado em 27 de junho de 1975, tem a seguinte redação:

Dentro do quadro do presente Acordo, as Partes Contratantes fomentarão a cooperação entre instituições de pesquisa científica e tecnológica e empresas dos dois países, abrangendo o seguinte:

- Prospecção, extração e processamento de minérios de urânio, bem como produção de compostos de urânio;
- Produção de reatores nucleares e de outras instalações nucleares bem como de seus componentes;
- Enriquecimento de urânio e serviços de enriquecimento;
- Produção de elementos combustíveis e reprocessamento de combustíveis irradiados.⁸⁷

⁸⁶ F. Jacob, *O jogo dos possíveis*, p. 28.

⁸⁷ Acordo entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Federal da Alemanha sobre cooperação no campo dos usos pacíficos da energia nuclear, *in* P. Q. Marques, *op. cit.*, p. 133.

Um documento que explicitava objetivos iniciais dessa magnitude estava a exigir a criação de dispositivos legais de equivalente grandeza para a sustentação, o encaminhamento e a supervisão dos meios necessários para atingi-los.

Ao vislumbrar as repercussões diretas da celebração do Acordo, não somente nas entidades ligadas às atividades nucleares, como também no sistema produtivo industrial de um modo geral e, principalmente, nas instituições de ensino e pesquisa, o Governo Federal criou, por meio de uma portaria interministerial⁸⁸, um Grupo de Trabalho (GT) com a atribuição fundamental de propor um programa de formação e treinamento dos recursos humanos. Esse programa deveria atender às necessidades nacionais imediatas e futuras nesse âmbito, com a prioridade específica voltada à execução dos objetivos que integravam o Acordo Teuto – Brasileiro.⁸⁹

Parâmetro crítico do programa, a disponibilidade de mão-de-obra especializada em nível técnico e acadêmico no país foi levantada junto a algumas das principais instituições de ensino superior e médio do Brasil. Confrontados com as estimativas feitas considerando as metas estabelecidas pelo governo, os dados desse levantamento permitiram aos componentes do GT interministerial a confecção de uma tabela⁹⁰, aqui simplificada, computando o número de profissionais a serem formados no decênio 1976 / 1985:

⁸⁸ Portaria Interministerial nº 93, de 8 de setembro de 1975.

⁸⁹ PRONUCLEAR – Relatório de atividades 1976 / 1979 do Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear, p. 2.

⁹⁰ PRONUCLEAR – Relatório do Grupo de Trabalho Interministerial (1975 / 1976), p. 25.

Tabela 3

Pessoal de Nível Superior				Pessoal de Nível Médio	
Graduados	Mestres	Doutores	Total		
1837	892	421	3150	4525	Sem perdas
2501	1238	596	4335	5585	Com perdas ⁹¹

Como resultado concreto dos estudos desenvolvidos pelo GT interministerial, foi criado o PRONUCLEAR, o programa oficial do Governo Federal destinado à formação dos recursos humanos para o setor nuclear, no início do ano de 1976. Os relatórios das atividades realizadas pelo PRONUCLEAR foram produzidos em maior quantidade no período compreendido entre os anos de 1976 e 1981; a partir desse ano passaram a rarear progressivamente, extinguindo-se em definitivo com o encerramento das atividades do PRONUCLEAR no final do ano de 1986.

A leitura dos primeiros relatórios evidencia os cuidados dos seus realizadores em termos do esclarecimento / reforço das finalidades do programa, as estratégias a serem implementadas, a organização dos cursos que deveriam ser ministrados internamente (nas universidades e institutos nacionais), e o detalhamento dos respectivos programas, convênios com instituições de ensino no exterior que recebiam os alunos brasileiros, os custos, etc.

O relatório referente ao período 1976 / 1979, por exemplo, descreve as estratégias para atender as necessidades de recursos humanos:

"Para o pessoal de nível superior, a habilidade inicial na área nuclear é adquirida, no país, posteriormente à graduação, seja através de cursos de pós-graduação, seja através de cursos de especialização nuclear. Sua preparação requer prazos

⁹¹ As perdas de pessoal constantes da tabela levam em consideração as possíveis evasões durante a formação, falecimentos, aposentadorias, desvios de carreira, emigração de técnicos, etc.

mais prolongados devido à natureza e complexidade dos conhecimentos a serem fornecidos e, considerando a necessidade da assimilação acelerada deste pessoal procurou-se dar ênfase inicial ao planejamento de especialização nuclear deste tipo de mão-de-obra (...) A inclusão de disciplinas optativas durante a graduação que permitisse aos alunos dos últimos semestres universitários complementar sua formação básica nos assuntos indispensáveis, adquirir conhecimento generalizados sobre áreas correlatas de possível especialização e motivá-los na direção do setor nuclear (*sic*).

Para o pessoal de nível médio, o treinamento na área nuclear implica na aquisição de conhecimentos bem específicos e relativamente pouco profundos, sendo possível afirmar que a preparação deste pessoal requererá um tempo mais reduzido e, portanto, o planejamento para este tipo de mão-de-obra será menos crítico, comparado ao treinamento do pessoal de nível superior".⁹²

Um processo de formação que exige excelência acadêmica concomitante ao cumprimento de metas ambiciosas a serem atingidas num espaço de tempo exíguo pode ser considerado, no mínimo, como temerário. Na época, o então presidente da Nuclebrás, Paulo Nogueira Batista, declarou: "a meta de independência tecnológica em 10 anos exigirá esforço na área de formação de recursos humanos"⁹³. Suas palavras deixam entrever uma tensão entre a necessidade de formação de pessoal capacitado ao domínio de uma tecnologia complexa, e cercada por riscos inerentes aos fenômenos físicos a ela associadas, e o efetivo tempo que tais profissionais teriam para a sua assimilação eficaz.

Uma síntese dos principais pontos que envolvem alternativas para a preparação de pessoal, segundo o mesmo relatório referente a 1976 / 1979 do PRONUCLEAR, destaca:

- Criação de cursos de mestrado e doutorado no país e no exterior;
- Criação de cursos de especialização e aperfeiçoamento visando a formação segundo especificações oferecidas pela Nuclebrás;

⁹² PRONUCLEAR – Relatório de atividades 1976 / 1979 do Programa de recursos humanos para o setor nuclear, p. 12.

⁹³ K. R. Mirow, *op. cit.*, p. 133.

- Adaptação de currículos de cursos de graduação quanto a disciplinas de formação profissional;
- Criação de cursos de formação de tecnólogos;
- Criação de cursos de nível médio, para a formação de técnicos;
- Treinamentos em serviço para todos os níveis de formação.⁹⁴

Essa última alternativa mostrou-se ao longo dos anos uma prática comum, denominada *training on the job* – e foi motivo da crítica referenciada no capítulo anterior. Nessa modalidade de treinamento, profissionais brasileiros foram enviados para a Alemanha Ocidental com o objetivo de acompanhar seus colegas alemães na execução de tarefas do dia-a-dia da indústria nuclear, visando a incorporação dos conhecimentos das principais especificidades de cada atividade individual, em “cursos”, na média, de curtíssima duração. A tabela 4 apresentada mais adiante mostra que a grande maioria desses cursos apresentava duração não excedente a três semanas.

A preocupação com a eficácia desta prática é explicitada nas “Notas sobre Treinamento em Serviço na RFA” que integra um relatório especial do PRONUCLEAR produzido no mês de junho de 1980:

“A preocupação em integrar toda a comunidade nuclear nacional num esforço organizado de absorção de *know-how* está levando o PRONUCLEAR, no que se refere a estágio na RFA, a ampliar a oferta de vagas. No entanto, procura destinar essas oportunidades àqueles candidatos que demonstram poder particular de participar de um processo de transferência, em que a responsabilidade é muito maior para ‘receptores’ do que para ‘doadores’, os quais devem estar em níveis de conhecimento não muito diferentes. Nesse sentido, lembra-se que para seleção é bastante significativo o grau de correlação existente entre as atividades do candidato

⁹⁴ *Ibid*, pp. 12-3.

atual, pretendida na RFA e prevista para após o regresso. Durante o treinamento, *o cumprimento do programa e a obtenção e assimilação das informações desejadas, dependerão muito da atitude e do relacionamento do treinado com os seus colegas alemães*".⁹⁵ (grifo nosso)

Ainda consultando o relatório de atividades de 1976 / 1979, encontramos dados referentes aos cursos realizados por profissionais brasileiros com a cooperação da República Federal da Alemanha (RFA), apresentados resumidamente nas tabelas a seguir. A Tabela 4 refere-se a alguns dos cursos realizados em 1978, com a participação de um total de 330 alunos brasileiros.

⁹⁵ PRONUCLEAR – Relatório especial nº 06/80 das atividades do Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear, junho/1980, pp. 1-2.

Tabela 4

Programa (Cursos Avançados)	Período
Nuclear Reactor Chemistry	09/02 a 02/03
Reactor Component Design	03/03 a 15/03
Reactor Safety	13/03 a 31/03
Chemical Analysis in Reprocessing Chemistry	28/08 a 01/09
Reprocessing Chemistry	28/08 a 22/09
Reprocessing Techniques	02/10 a 20/10
Characterization and Analysis of Fuel for Power Reactor	25/09 a 06/10
Uranium / Thorium Fuel Cycle	02/10 a 20/10
Compressor Gas Turbines for HTR	08/09 a 29/09
Nuclear Process Heat Application	04/09 a 15/09
Powder Metallurgy	18/09 a 27/09
Fuel Element Behavior	09/10 a 20/10
Welding	09/10 a 20/10
Reactor Dynamics	26/06 a 01/07
Practical Course on Reactor Dynamics	16/10 a 15/11
Design of Reactor Components	16/10 a 15/11
Application of Computer Codes	02/10 a 27/10
Reactor Steels	16/10 a 23/10
Principles of Reactor Safety	09/08 a 15/08
Non-Destructive Testing	10/10 a 31/10
Reactor Physics	01/01 a 31/01

Por mais abrangente e diversificada que se mostre essa grade de programas – em teoria oferecendo, inclusive, tópicos relacionados ao tratamento dos combustíveis a serem utilizados nas usinas em termos de beneficiamento, enriquecimento e reprocessamento dos sub-produtos colhidos nos reatores – a eficácia do aprendizado adquirido no âmbito desse processo é naturalmente

questionável. Pode-se ponderar que a transferência desses conhecimentos baseava-se na total e imediata empatia que *a priori* deveria surgir entre seus principais agentes, a despeito das evidentes diferenças sócio-culturais existentes entre os técnicos alemães e brasileiros.

A Tabela 5 reforça as dúvidas lançadas quanto à efetividade dos esforços empreendidos pelos articuladores do PRONUCLEAR no tocante ao convênios firmados junto às entidades localizadas na Alemanha, apresentando dados referentes aos cursos iniciados no ano de 1977, com um total de 720 participantes.

Tabela 5

Programa	Período	Participantes
Nuclear Power System Design		
• Fundamentals	15/08/77 a 10/09/77	15
• Aplications	19/09/77 a 11/10/77	12
Enrichment Process	05/09/77 a 30/09/77	27
Reprocessing and Waste Treatment		
• Reprocessing Chemistry	22/09/77 a 10/10/77	46
• Reprocessing techniques	28/09/77 a 14/10/77	46
• Waste	17/10/77 a 04/11/77	46
Chemical Analysis Technique in Reprocessing and Waste Treatment	01/08/77 a 02/09/77	43
Materials for Nuclear Reactor		
• Materials Engineering	01/08/77 a 02/09/77	23
• Welding	05/09/77 a 23/09/77	35
• Fuel and fuel Elements	26/09/77 a 01/11/77	123
Materials Testing		
• Mechanical Materials Testing	01/09/77 a 10/09/77	34
• Non-Destructive Testing	12/09/77 a 23/09/77	84
Cursos Avançados		
• Reactor Safety	10/10/77 a 04/11/77	57
• Reactor Physics	01/01/77 a 31/01/77	19
• Thermo-Hydraulic Analysis	13/02/77 a 03/03/78	28
• Radiation Protection	26/09/77 a 14/10/77	47
• Radiation Waste	19/12/77 a 05/01/78	35

Uma consideração importante a ser feita é que o total de participantes dos cursos relacionados nas tabelas não coincide com o respectivo número de concluintes desses cursos. Uma justificativa possível para esse fato está relacionada

ao baixo grau de interesse despertado nos futuros especialistas nucleares pelos conteúdos desses cursos. Por exemplo, um curso envolvendo segurança de reatores, ministrado pelos professores A. Ziegeler e K. Mueller, coordenado pela CNEN, iniciou com 67 alunos e terminou com apenas 20.⁹⁶ Cabe destacar que a falta de preocupação e interesse com a segurança dos equipamentos e das rotinas ligadas ao coração de uma usina nuclear (o reator), área de suprema importância no trato diário da energia nuclear, demonstra uma falha grave na formação de pessoal. Aparentemente, o descaso em relação à questão de segurança se relaciona a uma falta de planejamento estratégico que priorizasse esse aspecto essencial do dia-a-dia de uma instalação nuclear. Um claro exemplo a este respeito pode ser encontrado no *Relatório do Grupo de Fiscalização e Segurança Nuclear*, publicado recentemente pela Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Câmara dos Deputados. Esse relatório enfatiza que a estrutura organizacional da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) prevê que ela exerça a função de órgão regulamentador e fomentador das atividades nucleares no país, e que acumule ainda a função fiscalizadora de tais atividades – tornando-se, na prática, “fiscal de si mesma”.⁹⁷

Rogério Cerqueira Leite, físico e pesquisador da UNICAMP, assim expressou sua opinião sobre o PRONUCLEAR: “A Nuclebrás induziu algumas universidades brasileiras a inserir em seus currículos alguns cursos superficiais ‘para despertar o

⁹⁶ “Só 800 treinados em 10 mil”, in *O Estado de São Paulo*, 2 de abril de 1978, apud. In K. R. Mirow, *op. cit.*, p.133.

⁹⁷ Relatório da Comissão do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Câmara dos Deputados sobre o setor nuclear brasileiro, março de 2006.

interesse', mera perfumaria de valor formativo nulo."⁹⁸ Críticas dessa natureza destacam equívocos na execução do programa, mas não destituem de valor as ações advindas do PRONUCLEAR em termos de interferência direta na incorporação, aos cursos já existentes em universidades brasileiras, de disciplinas voltadas às aplicações da energia nuclear.

Considerando que grande parte dos técnicos necessários ao Programa Nuclear não eram necessariamente "engenheiros nucleares", foram estabelecidos pela CNEN contatos com várias universidades brasileiras, nas quais se identificavam nichos de excelência em certas áreas. Após uma visita de avaliação junto à instituição de ensino destacada, era firmado convênio para incluir nos programas de mestrado já existentes algumas disciplinas que dessem aos alunos noções do que era uma central nuclear, e de quais os requisitos adicionais da área nuclear em relação à sua área de atuação.⁹⁹

Para atrair os alunos para esse esforço adicional, eram concedidas bolsas de maior valor do que as normais, e aventada uma possível contratação por algum órgão do Programa Nuclear após a conclusão do curso. Também os professores destes cursos eram incentivados a participar do programa nuclear através de trabalhos de consultoria, muitas vezes transformados em tema de dissertações dos alunos de mestrado. A CNEN dava suporte ao programa promovendo também a vinda de técnicos alemães que proferiam palestras ou mini-cursos nessas

⁹⁸ K. R. Mirow, *op. cit.*, p.133.

⁹⁹ PRONUCLEAR – Relatório de atividades 02/80 do Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear, junho/80, p. 76.

universidades, abordando temas mais específicos da tecnologia alemã de centrais nucleares ou do ciclo do combustível.¹⁰⁰

Os programas de mestrado se subdividiam em duas áreas principais: Mestrado em Engenharia Nuclear, e o que foi chamado de "Mestrado Convencional com Complementação Nuclear". Os cursos ligados a esta última vertente relacionavam-se às diferentes áreas de engenharia, ou ainda geologia ou meteorologia, nos quais introduziam-se disciplinas específicas referentes à área nuclear. Essa complementação recebeu a alcunha de "Chapéu Nuclear" entre os profissionais da área, assim grafada de forma recorrente nos relatórios do PRONUCLEAR redigidos após 1980.

O Programa de Mestrado em Engenharia Nuclear era ministrado em cinco instituições:

- IME – Instituto Militar de Engenharia (RJ), programa criado em 1969. Posteriormente, essa mesma instituição passou a oferecer o Mestrado em Instalações Nucleares (1987);
- COPPE / UFRJ - Coordenação dos Programas em Pós-Graduação em Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ), criado em 1968. Os Programas de Mestrado e Doutorado em Engenharia de Fatores Humanos foram criados na COPPE em 1997;
- IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (SP), ligado à Universidade de São Paulo (USP), como Mestrado e Doutorado em

¹⁰⁰ Entrevista concedida por Cláudio Ubirajara Couto de Almeida, assistente da presidência da CNEN, em 6 de julho de 2006.

- Tecnologia Nuclear (1976), com complementações em Aplicações (1997) e Reatores (1997);
- UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, criado em 1968. A partir de 2004 a instituição passou a oferecer também o Mestrado em Ciências das Radiações (2004); e
- UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, criado logo no início da efetiva atuação do PRONUCLEAR em 1977. Em seguida vieram os programas de Mestrado em Aplicações de Radioisótopos (1978), Dosimetria e Instrumentação (1981), Engenharia de Reatores (1996) e Fontes Renováveis de Energia (1996) e os Doutorados em Tecnologias Energéticas Nucleares (1997), Aplicações de Radioisótopos (1997), Dosimetria e Instrumentação (1997), Engenharia de Reatores (1997) e Fontes Renováveis de Energia (1997).¹⁰¹

O Programa de Mestrado Convencional com Complementação Nuclear (“Chapéu Nuclear”) abrangia 18 cursos em diversas instituições de ensino e pesquisa distribuídas pelo país, conforme relação apresentada a seguir:¹⁰²

¹⁰¹ Dados constantes no website <http://www.capes.gov.br>, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), referentes aos históricos dos cursos de pós-graduação existentes nestas instituições. Os números apresentados entre parênteses referem-se aos anos de criação dos respectivos cursos.

¹⁰² PRONUCLEAR – Relatório de atividades 02/80 do Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear, junho/80, p. 76.

Tabela 6

Curso	Instituição
Engenharia Mecânica	<ul style="list-style-type: none"> • Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) • Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ) • Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Engenharia Civil	<ul style="list-style-type: none"> • Coordenação dos Programas em Pós-Graduação em Engenharia (COPPE/UFRJ) • Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ) • Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS)
Engenharia Metalúrgica	<ul style="list-style-type: none"> • Instituto Militar de Engenharia (IME) • Coordenação dos Programas em Pós-Graduação em Engenharia (COPPE/UFRJ) • Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS) • Universidade de São Paulo (USP)
Meteorologia	<ul style="list-style-type: none"> • Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE, SP)
Engenharia Elétrica e Eletrônica	<ul style="list-style-type: none"> • Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA, SP) • Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) • Universidade Federal da Paraíba (UFPB) • Universidade de São Paulo (USP)
Geologia	<ul style="list-style-type: none"> • Coordenação dos Programas em Pós-Graduação em Engenharia (COPPE/UFRJ)

Além de conceder as bolsas de estudos aos alunos, o PRONUCLEAR subvencionava as instituições participantes dos programas de mestrado. Era feito um acompanhamento que buscava verificar se havia sintonia entre os temas das

dissertações e as pesquisas em andamento em cada instituição, com o objetivo de se manter a hierarquia de prioridades do setor nuclear originalmente estabelecida pelos estudiosos que criaram o programa.¹⁰³ Os desvios identificados eram sistematicamente tabulados, e suas correções tornavam-se partes integrantes do programa de seleção dos novos candidatos do ano letivo subsequente. O levantamento realizado em 11 de agosto de 1980,¹⁰⁴ referente às dissertações de mestrado em andamento, classificadas por área e pela formação universitária dos bolsistas mantidos pelo programa, é apresentado a seguir e exemplifica as bases desta prática:

Formação Universitária	Quantidade
A. Engenharia Mecânica / Materiais	36
B. Engenharia Civil	42
C. Engenharia Elétrica / Eletrônica	58
D. Engenharia Metalúrgica	29
E. Engenharia de Minas / Geologia	14
F. Engenharia Química / Química / Química Industrial	32
G. Física	43
H. Outros (Matemática / Meteorologia, etc)	3

As letras utilizadas para identificar cada uma das habilitações profissionais são utilizadas na Tabela 7 a seguir, que se refere unicamente aos bolsistas do

¹⁰³ *Ibid.*, p. 76.

¹⁰⁴ *Ibid.*, p. 82.

Mestrado em Engenharia Nuclear, relacionando as áreas de pesquisa dos bolsistas com a sua formação universitária inicial.¹⁰⁵

Tabela 7

Áreas / Cursos	IME	UFRJ / COPPE	UFMG	IPEN	UFPE
Análise instrumental			1F 1G		
Física de Reatores		1G			
Instrumentação			2C 1G		
Materiais Nucleares	1G		3G	1E	2F
Neutrônica	1C	3G		1A	2F
Radioproteção e Dosimetria	1C	3G		1A	2F
Técnica de Reatores		2F 1G		2S 2C	2C 1G
Aplicações de Radioisótopos			2B		1B 1F
Engenharia de Reatores	1B 2C 1G	1A 1B 4C 1G	1A 1G	1B 2C 1F	1B
Física Atômica e Nuclear		1G	1G		1F
Física do Estado Sólido			1G		
Reprocessamento					
Segurança de Reatores	3C 3G	2C 4G		1B	2B
Tecnologia de Reatores	1G		1B	2G	
Enriquecimento			1G	1F	
Medicina Nuclear				1F	
Química / Centrais Nucleares		1A 2F		3F	1F
Metalurgia				1F	1C
Geologia					
Controle Ambiental		1C	2G		
Economia de Reatores	1A 1G	1A 1G	1A 1C 1G	2C 1G	
Economia de Energia		3C			
Salvaguardas		1F			

¹⁰⁵ *Ibid.*, p. 83.

Com base nesses dados, há um destaque no relatório quanto à carência de engenheiros mecânicos e ao excesso de físicos, acompanhada de uma observação prevendo a correção desta discrepância através da seleção dos novos candidatos para os anos letivos de 1981 e 1982.¹⁰⁶ O planejamento era, portanto, acompanhado por um grupo de trabalho que controlava o cumprimento das metas estipuladas pelo programa, fato que merece destaque. Este acompanhamento era extensivo aos demais níveis, conforme ilustram os levantamentos e tabelas distribuídos ao longo de toda a extensão do mesmo relatório 02/80, de junho de 1980. Em contrapartida, nota-se a ausência de pesquisadores destinados aos trabalhos de reprocessamento do combustível irradiado nas usinas – possível reflexo das restrições implementadas em nível internacional pelos países construtores de armamento nuclear. Igualmente nula mostra-se a participação no programa dos profissionais oriundos da área de Geologia, cuja presença poderia sinalizar o interesse na prospecção do solo brasileiro com o objetivo de se identificar localidades detentoras de minerais radioativos.

A seqüência dos relatórios do PRONUCLEAR revela ainda outros dispositivos de ajustes às necessidades de preparação de pessoal destinado às atividades nucleares no país ligadas às determinações do Acordo. Cursos de especialização foram criados com o objetivo de aprofundar os conhecimentos necessários em algumas áreas específicas e que não eram suficientemente cobertos pelos cursos normais de graduação e pós-graduação. Dentre os cursos de especialização

¹⁰⁶ *Ibid.*, p. 77.

apbiados pelo PRONUCLEAR que também se destinavam à seleção do pessoal de nível superior a ser contratado pela Nuclebrás, no período de 1980 a 1984, merece destaque o curso de Tecnologia Nuclear, realizado na COPPE / UFRJ e na UFMG.

Uma forma de reação do governo federal às críticas tecidas ao Acordo – como o “Manifesto de Belo Horizonte” produzido pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) em julho de 1975, referenciado no primeiro capítulo deste trabalho – foi a criação de dois programas para a formação de técnicos: o próprio PRONUCLEAR, da CNEN, e o Projeto Urânio, da Nuclebrás.¹⁰⁷

Entre os anos de 1975 e 1978, período anterior ao seu alinhamento e coadunação com as atividades do PRONUCLEAR, o Projeto Urânio foi responsável pela criação de cursos de especialização e pelo treinamento específico de pessoal em setores de aplicação da tecnologia nuclear, dentre os quais se destacam:

- Especialização em Tecnologia Nuclear;
- Garantia de Qualidade;
- Treinamento de Operadores de Centrais;
- Engenharia de Centrais;
- Prospecção, Lavra e Beneficiamento;
- Enriquecimento;
- Elemento Combustível; e
- Reprocessamento e Tratamento de Rejeitos.¹⁰⁸

¹⁰⁷ P. Q. Marques, *op. cit.*, p. 77.

¹⁰⁸ PRONUCLEAR – Relatório de atividades do Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear no período 1976 / 1979, p. 32.

A Tabela 8 apresenta as quantidades de bolsas de pesquisa distribuídas e o respectivo número de formados em "Especialização em Tecnologia Nuclear" com a participação do PRONUCLEAR no período em que o mesmo financiou o Projeto Urânio, compreendido entre os anos de 1980 e 1984:¹⁰⁹

Tabela 8

	1980				1981		1982		1983		TOTAL	
	COPPE		UFMG		COPPE		COPPE		COPPE		Bolsas /	
	Bolsas /	Formados										
Engenharia Mecânica	25	17	1	1	15	10	19	15	20	7	80	50
Engenharia Civil	2	1	1	1	5	5	3	1	4	3	15	11
Engenharia Elétrica/Eletrônica	3	2	5	3	15	13	13	9	13	7	49	36
Engenharia Química/Química	4	2	8	6	8	6	8	2	2	2	30	18
Engenharia Metalúrgica	4	2	4	1	7	5	9	7	7	5	31	20
Física	1	1	5	4	2	2	-	-	-	-	8	7
Total	39	25	24	16	52	41	52	34	46	24	213	140

Além do Projeto Urânio, foram também realizados no âmbito do PRONUCLEAR os Cursos de Especialização em Química, Direito Nuclear, Soldagem, Biociências, Tecnologia Nuclear, e de Formação de Inspetores Técnicos Independentes do Instituto Brasileiro de Qualidade Nuclear (IBQN). Os resultados referentes ao período 1977 / 1986 podem ser observados na Tabela 9,

¹⁰⁹ PRONUCLEAR – Relatório de atividades do Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear no período 1977 / 1986, p. 90.

considerando-se aqui o número de formados a cada ano nesses Cursos de Especialização.¹¹⁰

Tabela 9

Titulo	Entidade	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	Total
Tecnologia Nuclear	UFRJ UFMG	-	-	-	41	41	34	24	-	-	-	140
Química Nuclear e Radioquímica	UFRJ	16	-	-	8	-	-	-	-	-	-	24
Biociências Nucleares	UERJ	-	-	-	-	9	-	11	-	-	-	20
Soldagem	UFSC	-	-	-	15	-	8	10	5	-	-	38
Inspetores Técnicos Independentes	IBQN	-	-	-	-	-	4	5	6	9	5	25
Direito nuclear	UERJ	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18

Chama a atenção, nesse quadro, o fato de o curso de Direito Nuclear somente haver sido oferecido uma vez, no primeiro ano de vigência dessa modalidade. Pode ser um indício da ausência de preocupação em se formar um contingente humano questionador das decisões e rumos tomados pela política nuclear no país.

Tendo como referência as metas originais de formação de pessoal para o setor nuclear brasileiro derivadas do Acordo, os números constantes da seqüência de tabelas apresentadas no presente trabalho podem efetivamente sinalizar o não cumprimento de tais objetivos – mas, ainda assim, não permitem desqualificar por inteiro o PRONUCLEAR como elemento de uma política de capacitação técnica e

¹¹⁰ *Ibid.*, p 89.

acadêmica dos principais profissionais que vieram a ocupar funções em diversos níveis da hierarquia do setor nuclear no Brasil.

Uma noção aproximada da evolução das ações do PRONUCLEAR ao longo de sua existência pode ser obtida através da análise dos recursos financeiros colocados à disposição do programa em cada ano, para efeito de comparação, em milhares de dólares de junho de cada ano, os quais são relacionados a seguir na Tabela 10.¹¹¹

Tabela 10

Ano	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Milhares de dólares	4571	6780	5503	6971	5497	4835	2383	1180	609,8	476,3

A conclusão apresentada no relatório do PRONUCLEAR do período 1977 / 1986 destaca sua drástica desaceleração a partir do ano de 1983, e evidencia que o problema da expansão da demanda de recursos humanos para o setor nuclear deixou de ser a preocupação maior do PRONUCLEAR, com a desativação de muitos cursos e a acentuada diminuição do número de bolsas oferecidas para os remanescentes, neste caso com especial destaque ao Doutorado no Exterior. O derradeiro relatório do PRONUCLEAR faz a ressalva de que manteria todos os seus sistemas e programas em funcionamento "com toda a intensidade", aguardando o reaquecimento do Programa Nuclear Brasileiro.¹¹²

¹¹¹ PRONUCLEAR – Relatório de atividades do Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear no período 1977 / 1986, p. 261.

¹¹² PRONUCLEAR – Relatório de atividades do Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear no período 1977 / 1986, p. 262.

A gradual perda de fôlego do PRONUCLEAR marca ainda um outro processo. Os profissionais que retornavam do exterior, após a conclusão de seus programas de doutoramento, encontravam um mercado profissional adverso e absolutamente inusitado: não havia vagas para se recolocarem. Nem as empresas do grupo Nuclebrás, nem tampouco as instituições de ensino da área nuclear conseguiam absorver de forma efetiva tais profissionais, em função da desaceleração na execução do Acordo. Diante desse quadro, muitos desses profissionais se direcionaram para a iniciativa privada.¹¹³

Na prática, o Acordo já se encontrava finalizado no ano de 1983. Em 6 de janeiro de 1983, o então Presidente da República, João Baptista Figueiredo, declarou oficialmente a suspensão, por prazo indeterminado, das obras das usinas de Iguape I e II, no litoral paulista, que dentro do plano original deveriam funcionar a partir de 1991.¹¹⁴

Deslocando-se na contra-mão desse processo estava o Programa Nuclear Paralelo, ganhando força e gradual presença nos noticiários até o seu reconhecimento oficial, em maio de 1988. É razoável supor que este fosse o novo destino das verbas originalmente destinadas ao Programa Nuclear "oficial" derivado da assinatura do Acordo Brasil – Alemanha Ocidental. Indício nesse sentido foi a posterior descoberta de contas bancárias (as chamadas "contas Delta") ligando autoridades militares da época aos orçamentos oficiosos – contudo astronômicos – do Programa Nuclear Paralelo. O detalhamento dessa questão não será realizado

¹¹³ Entrevista concedida por Cláudio Ubirajara Couto de Almeida, assistente da presidência da CNEN, em 6 de julho de 2006.

¹¹⁴ L. C. de Menezes, *op. cit.*, pp. 39–40.

aqui, por fugir ao escopo desta dissertação. Nas palavras do físico Luiz Carlos de Menezes, “a derrota do Programa Nuclear oficial era, ao mesmo tempo, uma vitória do Programa Nuclear Paralelo”.¹¹⁵

Assim, o PRONUCLEAR encerrou suas atividades de forma melancólica, oficialmente incorporado ao Programa Nuclear Paralelo no final da década de 1980, momento em que o governo Sarney transformava a Nuclebrás nas Indústrias Nucleares Brasileira (INB)¹¹⁶. A falência do Acordo Nuclear Brasil – Alemanha Ocidental foi então reconhecida, iniciando-se uma etapa de negociações, visando a manutenção dos principais compromissos firmados e a tentativa de se minimizar os estragos por ele causados.¹¹⁷ Das oito usinas nucleares que seriam construídas no Brasil nos termos do Acordo, apenas uma (Angra II) foi efetivamente construída e entrou em operação – ainda assim, somente após inúmeros percalços e um estouro monumental em seu orçamento inicial.

Desta maneira, chegava ao fim a maior tentativa sistemática de caráter oficial de formação de recursos humanos destinados à área nuclear já realizada no Brasil. Seu histórico, apesar de recente, permanece em grande parte desconhecido pela maioria dos críticos da opção nuclear no país. A ausência de uma documentação organizada e atualizada que faça referência ao seu legado constitui-se em mais um obstáculo para o que seria um saudável debate acerca da história recente da tecnologia nuclear no Brasil.

¹¹⁵ *Ibid.*, p. 40.

¹¹⁶ Decreto – lei nº 2464, de 31 de agosto de 1988.

¹¹⁷ L. C. de Menezes, *op. cit.*, p. 40.

Considerações Finais

A utilização da energia nuclear em programas de captação de energia elétrica tem suscitado diversos debates entre os principais setores sociais onde quer que essa opção seja aventada, principalmente motivados pelas possibilidades da destinação bélica da tecnologia nuclear. O Brasil não haveria de se mostrar imune a essa realidade.

A tentativa de alçar o Brasil ao nível das potências mundiais detentoras do *know-how* nuclear foi historicamente matizada por atos de caráter político-burocrático que deliberadamente excluíram, dentre outros setores, a comunidade científica da tomada de decisões nesta área. O custo financeiro de uma opção desta magnitude certamente é elevado, ainda mais para um país considerado “em desenvolvimento” – destino natural das recorrentes investidas feitas pelas nações desenvolvidas no sentido de aqui aplicar um aporte de capital relativamente baixo com a garantia da obtenção de lucros elevados, beneficiando-se de regimes autoritários coniventes com os interesses estrangeiros, em detrimento às necessidades e possibilidades nacionais de crescimento em termos científicos e sociais.¹¹⁸

¹¹⁸ R. Arnt, *op. cit.*, p. 13.

Assim, a assinatura do Acordo não gerou os dispositivos necessários à sua sustentação e ao seu êxito naquilo que se referia à efetiva transferência da tecnologia nuclear manifestada abertamente em sua redação, uma vez que a atividade científica pré-existente à sua criação foi em grande parte desprezada. Quando o nível de consciência científica de uma nação é relegado a um plano inferior em se tratando da tomada de decisões que naturalmente deveriam passar por seu crivo, corre-se o risco de adquirir patentes e tecnologias incompatíveis com suas necessidades e tradições, de explorá-las de modo equivocado e/ou insuficiente, de fadá-las à obsolência.¹¹⁹

Entretanto, diversas vozes oriundas da classe científica relutaram em se calar, mesmo em um período em que o direito à opinião – assim como outros direitos fundamentais – encontrava-se suprimido pela ditadura militar que governava o Brasil. Neste contingente intelectual destacam-se críticos e defensores da opção nuclear, que mesmo divergindo quanto às necessidades do emprego desta tecnologia no país, compartilhavam do sentimento de total exclusão de um processo onde estariam credenciados a protagonizar seus principais atos.

Na formação deste quadro complexo, acrescentam-se as pressões internacionais das potências nucleares, detentoras de uma formidável indústria voltada para a construção de armamentos nucleares, no sentido de impedir a divulgação do seu mais precioso legado tecnológico nessa área. Sob a justificativa de resguardar a segurança de suas populações de possíveis intenções beligerantes embutidas nos programas nucleares das nações excluídas do chamado “Clube

¹¹⁹ F. Mayor & A. Forti, *op. cit.*, p. 77.

Atômico", as potências nucleares, capitaneadas pelos EUA, envidaram esforços visando obstaculizar o desenvolvimento das aplicações da energia nuclear no Brasil – independente do destino final da tecnologia ser para uso pacífico ou bélico, de maneira a garantir para si próprias esta última prerrogativa. A insatisfação com essa realidade foi certa vez destacada por Marcelo Damy, nos seguintes termos: “a ameaça à segurança da Humanidade é devida aos países que não têm armamento nuclear, enquanto os que detêm armamento nuclear representariam condições de segurança. Sabemos pela experiência de Hiroshima e Nagasaki que é exatamente o contrário”.¹²⁰

Há que se destacar o imenso potencial que deixou de ser explorado e aproveitado por conta do não cumprimento das metas originalmente estabelecidas para o Programa Nuclear Brasileiro quando da assinatura do Acordo com a Alemanha Ocidental. Mais da metade de toda energia elétrica consumida atualmente no Estado do Rio de Janeiro tem origem nuclear, gerada pelas usinas de Angra I e Angra II,¹²¹ realidade que nos aproxima da exata dimensão do potencial energético representado por esta modalidade. Operam atualmente, em 31 países, aproximadamente 440 reatores nucleares destinados à geração de energia, e outros 33 encontram-se em fase de construção. Cerca de 17% da energia elétrica consumida no mundo é de origem nuclear, praticamente a mesma proporção do uso de energia hidroelétrica e de energia produzida por gás, sendo somente superada pela energia gerada a partir da queima do carvão (40%) – cujos danos causados ao

¹²⁰ M. Damy & E. Fernandes, *op. cit.*, p. 11.

¹²¹ Segundo informações constantes no website <http://www.cnen.com.br>, consultado em 25/07/2006.

meio ambiente têm sido objeto de numerosos estudos. Alguns países desenvolvidos têm seu abastecimento de energia elétrica com alto percentual de geração nuclear. Dentre eles destacam-se a França (78%), a Bélgica (57%), a Suécia (46%), a Suíça (40%), o Japão (39%), a Coreia do Sul (39%) e a Alemanha (30%). Os 104 reatores em funcionamento nos EUA, por exemplo, geram 20% da eletricidade daquele país, produzindo mais eletricidade que todo o sistema brasileiro de geração elétrica.¹²²

Extrapolando o alcance primário desses números, o principal aspecto que procuramos evidenciar no presente trabalho, a partir da leitura sistemática dos documentos que relatam a criação de um programa de formação de recursos humanos destinados à atuação na área nuclear – o PRONUCLEAR – está relacionado aos “acertos”, ainda que poucos, de tal iniciativa, apesar de ter sido originada de um acordo internacional de contornos obscuros e possibilidade de êxito praticamente nula.

Ao se proceder o detalhamento das atividades realizadas pelo PRONUCLEAR e a sua respectiva análise, é possível notar que um número não desprezível de profissionais do setor nuclear foi, de fato, beneficiado por suas ações, com um aumento expressivo na variedade dos cursos de nível médio e superior abordando esta ciência, gerando o conseqüente crescimento no número de profissionais habilitados à execução das principais funções existentes na hierarquia das atividades ligadas à área nuclear. Há indicativos concretos da efetividade da sua atuação, ainda que tal dispositivo tenha nascido e sido conduzido às margens do imprescindível debate com a sociedade civil que daria maior legitimidade as suas

¹²² I. P. S. de Almeida e O. D. Gonçalves, “Energia Nuclear”, *Ciência hoje*, p. 42.

ações e, principalmente, maior longevidade a elas. Todavia, o obscurantismo que caracterizou as ações dos agentes negociadores / executores do Programa Nuclear brasileiro – merecedor, sem dúvida, do mais veemente repúdio por parte de qualquer cidadão que compartilhe dos ideais de governo democrático – parece ter ofuscado a visão dos cientistas alijados da efetiva participação em suas principais etapas. Analisando-se os comentários produzidos pelos mais destacados representantes da comunidade científica brasileira, é difícil identificar quaisquer destaques positivos à política de formação de recursos humanos desenvolvida em nível oficial através do PRONUCLEAR.

O que esperamos principalmente evidenciar com este trabalho é a necessidade de criação de dispositivos que viabilizem e fomentem as discussões entre os diversos setores da sociedade quanto aos assuntos de caráter estratégico – caso da energia nuclear, modalidade embebida de aspectos que interferem de forma direta no progresso e na segurança da nação. Desta forma, seria possível minimizar eventuais distorções encontradas nas opiniões proferidas pelos muitos agentes desta dinâmica, originadas em parte pela animosidade existente entre eles. Uma vez identificadas como relevantes, viáveis e factíveis as possibilidades de aplicação da energia nuclear no Brasil, os estudos necessários à constituição de toda a estrutura destinada à formação dos recursos humanos (pesquisadores, técnicos, administradores, etc.) ligados ao setor nuclear encontraria no PRONUCLEAR seu natural ponto de partida. Dessa maneira, uma análise feita de forma ampla, profunda e dialogada pelos representantes dos diversos setores da sociedade envolvidos no projeto, permitiria a identificação dos principais erros históricos já cometidos, bem

como viabilizaria o aproveitamento e a otimização dos procedimentos e decisões que de fato mostraram-se eficazes às intenções e aos objetivos do programa.

Bibliografia

- **Livros e periódicos**

Alfonso-Goldfarb, A. M. *O que é História da Ciência*. São Paulo, Brasiliense, 1994.

Almeida, I. P. S. de & O. D. Gonçalves, "Energia nuclear", *Revista Ciência Hoje*, nº. 220, (out-2005), p. 42.

Andrade, A. M. R. de. *Físicos, mésons e política: a dinâmica da ciência na sociedade*. São Paulo, HUCITEC/MAST, 1999.

Arnt, R. *O que é política nuclear*, São Paulo, Brasiliense, 1983.

Azevedo, F. de. *As ciências no Brasil*. Rio de Janeiro, Melhoramentos, 1955, 2 vols.

Bachelard, G. *A formação do espírito científico*. Trad. E. dos S. Abreu. Rio de Janeiro, Contraponto, 1998.

Boss, V. *Newton and Russia: The Early influence, 1698-1796*. Cambridge (EUA), Harvard University Press, 1972.

Costa, I. R. "O acidente radiológico de Goiânia e suas implicações legislativas".
Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2001.

Damy, M. & E. Fernandes, *Marcelo Damy – entrevista concedida ao jornalista Eduardo Fernandes*, São Paulo, IPEN, 1994.

Fausto, B. *História do Brasil*. São Paulo, Edusp, 1996.

- Ferraz, M. H. M. *As Ciências em Portugal e no Brasil (1772-1822): O Texto Conflituoso da Química*. São Paulo, Educ/FAPESP, 1997.
- Gauthier, J. C. "O renascimento da opção nuclear" *Revista Brasil Nuclear*. Rio de Janeiro, 25 (jun-ago/2002)
- Guardia, E. "Investimento estratégico na soberania do país" *Revista Brasil Nuclear*. Rio de Janeiro, 25 (jun-ago/2002)
- Goldemberg, J. *Energia no Brasil*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1978.
- _____. *Energia nuclear: sim ou não?* Rio de Janeiro, José Olympio, 1987.
- Gordon, A. M. P. L. "Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (1956 – 2000): um estudo de caso à luz da história da ciência, da tecnologia e da cultura brasileira". Tese de doutoramento. Universidade de São Paulo, 2003.
- Guimarães, E. A. & F. Erber e J. T. De Araújo Jr. *A política científica e tecnológica*. Rio de Janeiro, J. Zahar, 1985.
- Hobsbawn, E. J. *Era dos extremos: o breve século XX: 1914 – 1991*, Trad. M. Santarrita. São Paulo, Companhia das Letras, 1995.
- Jacob, F. *O jogo dos possíveis*. 2ª. Ed. Lisboa, Gradiva, 1992.
- Kuhn, T. S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México, Fondo de Cultura Económica, 1986.
- Lopes, J. L. *Ciência e desenvolvimento (ensaios)*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro; Niterói: Universidade Federal Fluminense, 1987, 2ª.ed.
- _____. *Uma história da física no Brasil*. São Paulo, Livraria da Física, 2004.

- Malheiros, T. *Brasil, a bomba oculta - o Programa Nuclear Brasileiro*. Rio de Janeiro, Gryphus, 1993.
- _____. *Histórias secretas do Brasil nuclear*. Rio de Janeiro, WVA, 1996.
- Marques, P. Q. *Sofismas nucleares: o jogo das trapaças na política nuclear do país*. São Paulo, HUCITEC, 1992.
- Mayor, F & A. Forti. *Ciência e poder / Frederico Mayor e Augusto Forti*, Trad. R. L. Ferreira. Campinas, Papirus, 1998.
- Menezes, L. C. de. *De Angra a Aramar: os militares a caminho da bomba*. Rio de Janeiro, CEDI, 1988.
- Mirow, K. R. *Loucura nuclear: os enganos do acordo Brasil-Alemanha*. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1979.
- Morin, E. *Ciência com consciência*. 7ª. ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2003.
- Navarro, A. C. "Um Estudo de Caso Sobre a Ciência no Brasil: os trabalhos em fisiologia no Instituto de Ciências Biomédicas e no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo". Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2005.
- Pauli, N. A. F. de. "A química em instituições secundárias e superior: Araraquara nas primeiras décadas do séc. XX". Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2003.
- Popper, K. R. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo, Cultrix, 2001.
- PRONUCLEAR – *Relatório do grupo de trabalho interministerial – 1975 / 1976*.
- PRONUCLEAR – *Relatório de atividades 1976 / 1979*.
- PRONUCLEAR – *Relatório de atividades 1980*.

PRONUCLEAR – Relatório de atividades 1981.

PRONUCLEAR – Relatório de atividades 1977 / 1986.

Relatório da comissão do meio ambiente e desenvolvimento sustentável da Câmara dos Deputados sobre o setor nuclear brasileiro, mar-2006.

Rosa, L. P. *A política nuclear e o caminho das armas atômicas.* Rio de Janeiro, J. Zahar, 1985.

_____. *A política nuclear no Brasil.* Rio de Janeiro, Greenpeace, 1991.

Schenberg, M. *Pensando a Física*, 5ª. Ed. São Paulo, Landy, 2001.

Shwartzman, S. "A pesquisa científica no Brasil: matrizes culturais e institucionais". *Revista Pesquisa Médica*. 1 (1982): 137 – 160.

_____. "Ciência e tecnologia no Brasil: a capacitação brasileira para a pesquisa científica e tecnológica", vol. 3, Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1996, pp. 117-214.

_____. *Formação da comunidade científica no Brasil.* São Paulo / Rio de Janeiro, Financiadora de Estudos e Projetos, 1979.

Simon, D. N. *Energia nuclear em questão*, Rio de Janeiro, Instituto Euvaldo Lodi, 1981.

Soares, F. G. S. "Contribuição ao estudo da política nuclear brasileira". Tese de doutorado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 1974.

Távora, V. *Acordo sobre cooperação no campo dos usos pacíficos da energia nuclear, assinado entre a República Federativa do Brasil e a República Federal da Alemanha*, Brasília, Imprensa Oficial da União, 1976.

Torres, C. M. A. *Física: ciência e tecnologia.* São Paulo, Moderna, 2001.

Winnácker, K & K. Wirtz. *Milagre incompreendido: energia nuclear na Alemanha*.
São Paulo, Edgard Blucher, 1978.

- **Sites da Internet**

<http://www.bp.com/statisticalreview>, consultado em 14/07/2006.

<http://www.comciencia.br/reportagens/2004/12/02.shtml>, consultado em 13/07/2007.

http://www.clubemundo.com.br/revistapangea/show_news.asp?n=191&ed=2,
consultado em 17 de junho de 2006.

<http://www.energiatomica.hpg.ig.com.br>, consultado em 17/09/2003.

<http://www.iis.com.br/~mporto/nuclear.htm>, consultado em 14/09/2003.

<http://www.inb.gov.br/reservasbrasil.asp>, consultado em 04/05/2006.

<http://www.ipen.br/scs/ipen-cidadao/perguntas-respostas/reatores.html>, consultado
em 17/07/2006.

http://www2.uol.com.br/historiaviva/conteudo/materia/materia_72.html, consultado
em 13 de julho de 2006.

ANEXO 1

**ACORDO ENTRE O GOVERNO DA REPÚBLICA FEDERAL DA ALEMANHA E O
GOVERNO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL SOBRE
COOPERAÇÃO NO SETOR DOS USOS PACÍFICOS DA ENERGIA
NUCLEAR**

Ò Governo da República Federal da Alemanha e o

Governo da República Federativa do Brasil tendo por base relações amistosas entre os seus países, e dispostos a aprofunda-la ainda mais,

Tendo em vista e dando prosseguimento ao Acordo sobre Cooperação nos Setores da Pesquisa Científica e do Desenvolvimento Tecnológico, concluído entre as Partes Contratantes a 9 de junho de 1969,

CONSIDERANDO o Acordo de Cooperação das Utilizações Pacíficas da Energia Atômica entre o Governo da República Federativa do Brasil e a Comunidade Européia de Energia Atômica, de 9 de junho de 1961,

CONSIDERANDO os progressos atingidos no âmbito da cooperação científica entre os seus países, particularmente no setor dos usos pacíficos da energia nuclear,

CONVICTOS de que a bem sucedida cooperação científica no setor dos usos pacíficos da energia nuclear cria boas condições para uma cooperação industrial nesse campo,

CÔNSCIOS de que semelhante cooperação será de proveito econômico e científico para as duas Partes Contratantes,

TENDO EM VISTA as diretrizes para a cooperação industrial entre a República Federal da Alemanha e a República Federativa do Brasil no setor dos usos pacíficos da energia nuclear, de 3 de outubro de 1974,

CONVIERAM no seguinte:

Artigo 1

Dentro do quadro do presente Acordo, as Partes Contratantes fomentarão a cooperação entre instituições de pesquisa científica e tecnológica e empresas dos dois países, abrangendo o seguinte:

Prospecção, extração e processamento de minérios de urânio, bem como produção de compostos de urânio;

Produção de reatores nucleares e outras instalações nucleares, bem como de seus componentes;

Enriquecimento de urânio e serviços de enriquecimento;

Produção de elementos e reprocessamento de combustíveis irradiados.

A cooperação acima referida abrange o intercâmbio das necessárias informações tecnológicas.

Tendo em vista a importância que o financiamento, inclusive a concessão de créditos, tem para a cooperação acima referida, as Partes Contratantes esforçar-se-ão para que, dentro das disposições vigentes nos dois países, as operações de financiamento e crédito sejam realizadas nas melhores condições possíveis.

Artigo 2

As Partes Contratantes declaram-se partidárias do princípio da não-proliferação de armas nucleares.

Artigo 3

A pedido de um exportador, cada uma das Partes Contratantes concederá, no âmbito das respectivas disposições legais em vigor, licenças de exportação para o fornecimento de material fértil e fissil especial, equipamentos e materiais destinados ou preparados para a produção, utilização e processamento de material fissil especial, bem como para a transmissão das respectivas informações tecnológicas ao território da outra Parte Contratante.

Tal fornecimento ou transmissão pressupõe que, com relação à Parte Contratante importadora, tenha sido concluído um acordo sobre salvaguardas com a Agência Internacional de Energia Atômica, assegurando que esses materiais, equipamentos e instalações nucleares e o material fértil e fissil especial nelas produzido, processado ou utilizado, bem como as respectivas informações tecnológicas, não sejam usados para armas nucleares ou outros explosivos nucleares.

Artigo 4

Os materiais, equipamentos e instalações nucleares, bem como as respectivas informações tecnológicas exportadas ou transmitido do território de uma Parte Contratante ao território da outra Parte Contratante só poderão ser exportados, reexportados ou transmitidos dos territórios das Partes Contratantes para terceiros países não detentores de armas nucleares a 1º de janeiro de 1967,

se, com relação ao País importador, tiver sido concluído acordo sobre salvaguardas tal como previsto no artigo 3.

Os materiais, equipamentos e instalações nucleares sensitivos, bem como as respectivas informações tecnológicas que tiverem sido exportados ou transmitidos do território de um a Parte Contratante para o território da outra só poderão ser exportados, reexportados ou transmitidos para terceiros países com o consentido da Parte Contratante fornecedora.

São materiais, equipamentos e instalações nucleares sensitivos:

a) Urânio enriquecido com urânio 235 acima de 20%, urânio 233 e plutônio, exceto quantidades diminutas desses materiais necessárias, por exemplo, para fins de laboratório;

b) Usinas de produção de combustíveis, quando utilizadas para a produção de elementos que contenham material referido na alínea a;

c) Usinas de reprocessamento de elementos combustíveis irradiados;

d) Usinas de enriquecimento de urânio.

Artigo 5

Cada Parte Contratante tomará as providências necessárias para garantir a proteção física dos materiais, equipamentos e instalações nucleares no seu território, bem como no caso de transporte entre os territórios das Partes Contratantes ou para terceiros países.

Essas providências deverão ser de tal natureza que excluam, na medida do possível, riscos, por exemplo, de danos, acidentes, furtos, sabotagens, roubos, desvios, prejuízos ou trocas e outros durante o transporte.

As Partes Contratantes entender-se-ão sobre as providências adequadas para os fins acima.

Artigo 6

A Comissão Mista formada em decorrência do Acordo sobre Cooperação nos Setores da Pesquisa Científica e do Desenvolvimento Tecnológico levará devidamente em conta as atividades previstas no presente Acordo e fará, quando for o caso, propostas relativas ao prosseguimento de sua implementação.

Artigo 7

A pedido de uma delas, as Partes Contratantes entrarão em consultas sobre a implementação do presente Acordo e eventualmente em negociações para a sua revisão.

Artigo 8

Às divergências que não puderem ser solucionadas da maneira acima será aplicado o processo de arbitragem previsto no Artigo 10 do Acordo sobre a entrada de navios nucleares em águas territoriais brasileiras e sua estada em portos brasileiros, concluído entre as Partes Contratantes em 7 de junho de 1972.

Artigo 9

As obrigações da República Federal da Alemanha em decorrência dos tratados que instituíram a Comunidade Econômica Européia e a Comunidade Européia de Energia Atômica não são atingidas pelo presente Acordo.

Artigo 10

O presente Acordo aplicar-se-á também ao "Land" de Berlim, desde que o Governo da República Federal da Alemanha não apresente declaração em contrário ao Governo da República Federativa do Brasil dentro dos três meses que se seguirão à entrada em vigor do presente Acordo.

Artigo 11

O presente Acordo entrará em vigor, por troca de notas, tão cedo quanto possível.

A vigência do presente Acordo será de quinze anos, contados a partir do dia fixado no item 1, acima, e prorrogar-se-á tacitamente por períodos de cinco anos, desde que não seja denunciado por uma das Partes Contratantes pelo menos doze meses antes da expiração.

As medidas de salvaguarda e proteção física, necessárias em decorrência do presente Acordo, não serão afetadas pela expiração do mesmo.

FEITO em 27 de junho de 1975, em dois originais nos idiomas alemão e português, sendo ambos os textos igualmente idênticos.

Pelo Governo da República Federal da Alemanha Hans Dietrich, Ministro dos Negócios Estrangeiros.

Pelo Governo da República Federativa do Brasil Antônio F. Azeredo da Silveira, Ministro das Relações Exteriores.

ANEXO 2

Tabelas com projeções de demanda e levantamento de oferta de recursos humanos destinados ao setor nuclear no decênio 1977/1986, constantes do relatório do grupo de trabalho constituído pela Portaria Interministerial nº 93/75

Integrantes do GT Interministerial e Assessores
que participaram da elaboração de Documentos

Ministério das Minas e Energia

Arnaldo Rodrigues Barbalho, Secretário-Geral
Maria Christina Nery da Fonseca Cordeiro - Assessor
Joel de Hollanda Cordeiro (SEPLAN)

Nuclebrás - Empresas Nucleares Brasileiras S.A.

Paulo Nogueira Batista, Presidente
Carlos Syllus Martins, Diretor-Superintendente
John M.A. Forman, Diretor
Carlos Marcio Mascarenhas Dale, Chefe de Departamento
Jorge Spitalnik, Assessor

Comissão Nacional de Energia Nuclear

Hervásio G. de Carvalho, Presidente
Rex Nazaré Alves, Diretor
Wilson Bandeira de Mello, Chefe de DEIC
Renato de Araujo, Assessor

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq

José Dion de Melo Teles, Presidente
José Pelucio Ferreira, Vice-Presidente
Heitor Gurgulino de Souza, Diretor
José Israel Vargas, Consultoria Científica
Marly Ferreira Pinto, Superintendente
Juarez Távora Veado, Assessor
Leonardo Marcio Vilela Ribeiro, Assessor

Departamento de Assuntos Universitários

Edson Machado de Souza, Diretor-Geral
Lynaldo Cavalcanti de Albuquerque, Diretor-Adjunto
Marcio Quintão Moreno, Chefe da Codeplan
Hamilton Savi, Assessor

Conselho de Segurança Nacional

Cel. Glycério Proença Junior, Assessor da Secretaria-
-Geral do Conselho de Segurança Nacional

MATRÍCULAS NAS ESCOLAS TÉCNICAS FEDERAIS NO PERÍODO 1975-1977

UNIDADE	NÚMERO DE CURSOS	MATRÍCULA 1975	PREV. MATRÍCULA PARA		ÁREA		PESSOAL		
			1976	1977	CONSTRUI DA	TOTAL	PROF.	TÉC.	ADJ.D
ETF DO AMAZONAS	06	2.100	2.600	3.200	12.000	28.000	120	-	87
ETF DO PARÁ	10	2.523	3.023	3.023	10.567	45.200	218	4	103
ETF DO MARANHÃO	09	1.540	1.000	2.000	14.700	22.000	105	9	102
ETF DO PIAUÍ	08	2.059	2.500	3.000	8.116	12.800	153	1	76
ETF DO CEARÁ	07	1.600	2.300	2.500	17.000	29.972	102	14	72
ETF DO RIO GRANDE DO NORTE	07	2.131	2.551	2.676	13.410	90.000	141	14	109
ETF DA PARAÍBA	05	1.403	1.556	1.609	23.535	50.000	107	7	68
ETF DE PERNAMBUCO	08	3.493	3.845	4.129	8.000	8.000	158	7	115
ETF DE ALAGOAS	05	2.100	2.700	2.500	16.752	-	111	4	63
ETF DE SERGIPE	06	1.300	1.600	1.600	-	33.000	116	20	71
ETF DA BAHIA	10	2.576	3.000	3.500	22.000	42.000	150	30	133
ETF DE MINAS GERAIS	06	3.040	-	-	-	12.000	250	10	100
ETF DE OURO PRETO - MINAS GERAIS	02	745	-	-	12.600	12.600	45	-	37
ETF DO ESPÍRITO SANTO	07	2.566	3.670	4.000	13.400	19.000	163	13	77
ETF CELSO SUCKOW DA FONSECA - RJ	07	3.551	3.650	3.650	32.000	32.000	404	52	196
ETF DE QUÊNICA - RJ	02	418	450	450	452	452	50	-	16
ETF DE CAMPOS - RJ	05	1.700	1.600	1.600	-	18.422	127	-	131
ETF DE SÃO PAULO	03	1.603	2.000	2.400	3.725	3.725	125	10	55
ETF DO PARANÁ	05	4.453	5.800	5.800	22.800	24.400	241	17	95
ETF DE SANTA CATARINA	04	1.960	1.933	2.200	6.606	7.210	150	33	70
ETF DE PELOTAS - RS	06	3.305	-	-	28.000	40.233	153	10	63
ETF DE GOIÁS	07	1.403	2.000	2.500	9.515	9.515	102	5	65
ETF DE MATO GROSSO	04	1.258	1.260	1.500	11.000	-	93	7	73

TABELA II-4

CURSOS MANTIDOS PELAS ESCOLAS TÉCNICAS

FEDERAIS

ESCOLAS \ CURSOS	CURSOS																								
	MECÂNICA	ELECTROTÉCNICA	ELECTRÓNICA	QUÍMICA	INDUSTRIAS	REFRIGERAÇÃO E AR-CONDICIONADO	SANEAMENTO BÁSICO	SEGURANÇA DO TRABALHO	TELECOMUNICAÇÕES	METALURGIA	MINERAÇÃO	PETROQUÍMICA	INSTRUMENTAÇÃO	METALIS	GEOLOGIA	DESENHO DE PROJETOS	AGRICULTURA	ELECTRO-SÍNTESE	SECRETARIADO	DECORAÇÕES	ADMINISTRAÇÃO	CONSTRUÇÃO CIVIL	TURISMO	CONTABILIDADE	
ETF DO PARANÁ	X	X	X	X					X												X				
ETF DE MINAS GERAIS	X	X	X	X	X	X																			
ETF CELSO S. FONSECA	X	X	X	X	X				X	X															
ETF DE PERNAMBUCO	X	X			X	X	X	X	X																
ETF DE PELOTAS	X	X	X		X				X										X						
ETF DO ESPÍRITO SANTO	X	X			X	X											X								
ETF DA BAHIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X										
ETF DO PARÁ	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X					X								
ETF DO PIAUÍ	X	X	X	X	X	X	X														X				
ETF DO R.G. DO NORTE	X	X			X	X	X				X				X										
ETF DO AMAZONAS	X	X	X	X	X	X													X		X				
ETF DE ALAGOAS	X	X		X	X	X	X																		
ETF DE SANTA CATARINA	X	X			X													X							
ETF DE CAMPOS	X	X		X	X	X																			
ETF DE SÃO PAULO	X	X			X																				
ETF DO CEARÁ	X	X		X	X	X			X															X	
ETF DO MARANHÃO		X		X	X	X	X											X	X		X				
ETF DE COIÁS		X			X	X	X					X						X	X						
ETF DA PARAÍBA	X	X			X	X	X					X													
ETF DE SERGIPE		X			X	X			X							X									
ETF DE MATO GROSSO		X			X	X														X					
ETF DE OURO PRETO-MG											X	X													
ETF DE QUÍMICA				X																					

FORTE: COAC/DEM

TABELA 11-3

VAGAS INICIAIS, MATRÍCULA TOTAL E PREVISÃO DE FORMANDOS EM CURSOS DE GRADUAÇÃO - 1975

CURSO	VAGAS INICIAIS	MATRÍCULA TOTAL	Nº DE FORMANDOS
ENGENHARIA CIVIL	8.269	33.939	4.765
ENGENHARIA ELÉTRICA	3.662	13.442	1.812
ENGENHARIA DE MATERIAIS	130	389	46
ENGENHARIA MECÂNICA	2.879	10.626	1.362
ENGENHARIA METALÚRGICA	483	1.291	184
ENGENHARIA DE MINAS	185	470	66
ENGENHARIA QUÍMICA	1.427	4.799	356
FÍSICA	3.928	8.066	935
GEOLOGIA	670	2.240	243
QUÍMICA	3.193	6.409	882

TABELA II-2

PÓS-GRADUAÇÃO EM SETORES DE INTERESSE PARA A ENERGIA NUCLEAR
VAGAS OFERECIDAS E ALUNOS MATRICULADOS EM JULHO 1975

ÁREAS	VAGAS			ALUNOS MATRIC.
	M	M + D	TOTAL	
FÍSICA	118	255	373	649
QUÍMICA	68	167	235	499
GEOCIÊNCIAS	138	91	229	245
E. QUÍMICA	-	75	75	55
E. MECÂNICA	100	114	214	110
E. ELÉTRICA ELETRON. E COMUN.	175	205	380	266
E. METALÚRGICA, MATER. E MINAS	135	19	154	122
E. CIVIL	415	88	503	252
E. NUCLEAR	120	-	120	64
E. SISTEMAS	95	-	95	266
APLICAÇÕES ENERGIA NUCLEAR	25	-	25	26
TOTAL GERAL	1.389	1.014	2.403	2.564

FONTE: MEC/CAPEs - CNPq "Perfil Estatístico da PÓS-GRADUAÇÃO e PESQUISA NO BRASIL", outubro, 1975

M = MESTRADO

M + D = MESTRADO e DOUTORADO

TABELA II-1

NÚMERO DE VAGAS EM CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE INTERESSE PARA O SETOR NUCLEAR

(MESTRADO E/OU DOUTORADO)

INSTITUIÇÕES	Eng. Civil	Eng. Elet.	Eng. Mec.	Eng. Térm.	Eng. Nucl.	Eng. Quím.	Eng. Sist.	Biof.	Fís.	Geol.	Mat.	Metal.	Quím.	Eng. Minas	Eng. Mater.
U.F. Bahia									20	X	30		15		
U.F. Fluminense	160								30	X	60				
U.F. Pará										X					
U.F. Paraíba	X	15		10			20								
U.F. M. Gerais		20		25	25				20		15	20	30		
U.F. Pernambuco	X	X						X	20	10	20		20		
U.F.R. Janeiro	135	100	35		60	50	X	X	25	X	50	70	20		
U.F.R.G. Sul	25						20		32			20			
U.F.S. Catarina		30	30										30		
F.U. Brasília									15	10	30		15		
U. São Paulo	X	X	X		X	X	X			X	X	X	X	X	
USP/S. Carlos	X	X	30												
PUC - RJ	30	20	25						50		30	10			
I N E		15	25	40	30	15	30								16
F.U.S. Carlos															X
U. Campinas		15	15								40		40		
I. T. A.		30	30						25		40		5		
E.F.E.I.		30	30												
C.B.P.F.									X						

X - Não disponível

ESTIMATIVA PERCENTUAL DE GRADUADOS, MESTRES E DOUTORES, POR SETOR

S E T O R		GRADUADO %	MESTRADO %	DOUTORADO %
INDÚSTRIA NUCLEAR	CIA. ENGENHARIA-PROJETO INSTALAÇÕES CENTRAIS NUCLEARES	60	35	5
	OPERAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES	85	15	-
	FÁBRICA COMPONENTES PESADOS	75	20	5
	PRODUÇÃO DE CONCENTRADOS DE URÂNIO	55	35	10
	FÁBRICA DE ELEMENTOS COMBUS- TÍVEIS	70	20	10
	USINA REPROCESSAMENTO E TRA- TAMENTO REJEITOS	65	25	10
	USINA DE CONVERSÃO E ENRIQUE- CIMENTO	65	25	10
TECNOLOGIA (P & D)	ENGENHARIA DE REATORES (P & D)	40	40	20
	PROSPECÇÃO E PESQUISA GERAL	35	50	15
	ELEMENTO COMBUSTÍVEL	40	40	20
	REPROCESSAMENTO E TRATAMENTO DE REJEITOS	40	40	20
	CONVERSÃO E ENRIQUECIMENTO	40	40	20
	P & D (PLANEJAMENTO E APOIO)	40	35	25
COMISSÃO NACIO- NAL DE ENERGIA NUCLEAR	PLANEJAMENTO, COORDENAÇÃO E INFORMAÇÃO	40	40	20
	LICENCIAMENTO, FISCALIZAÇÃO E NORMALIZAÇÃO	40	40	20
	ENSINO E PESQUISA	40	40	20
	INSTITUTO DE PESQUISA	40	40	20
INDÚSTRIA DE EQUIPA- MENTOS	CENTRAIS NUCLEARES	95	5	-
	CICLO	95	5	-
	FÁBRICA DE COMPONENTES	95	5	-
ENGENHARIA, CONSTRUÇÃO E MONTAGEM	CENTRAIS NUCLEARES	95	5	-
	CICLO	95	5	-
	FÁBRICA DE COMPONENTES	95	5	-
	ENSINO E PESQUISA EM PÓS-GRA- DUÇÃO	-	-	100

TABELA I-4

NIVEL MEDIO

INCREMENTO ANUAL DE RECURSOS HUMANOS POR SETOR E ANO

INCLUIDAS AS PERDAS

S E T O R	A N O S											
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	T O T A L	
INDUSTRIA NUCLEAR	CIA. ENGENHARIA-PROJETO INSTALACOES CENTRAIS NUCLEARES	95	100	90	5	5	30	155	150	160	115	935
	OPERACAO DE CENTRAIS NUCLEARES	-	-	-	30	20	-	90	115	-	30	255
	FABRICA COMPONENTES PESADOS	-	50	135	110	75	15	20	145	20	70	630
	PRODUCAO DE CONCENTRADOS DE URANIO	-	-	-	55	45	45	45	40	-	-	235
	FABRICA DE ELEMENTOS COMBUSTI- VEIS	-	-	10	25	-	5	20	30	20	25	140
	USINA REPROCESSAMENTO E TRA- TAMENTO REJEITOS	-	-	-	20	20	20	25	15	15	10	125
	USINA DE CONVERSÃO E ENRI- QUECIMENTO	-	-	-	40	25	30	30	25	-	5	155
TECNOLOGIA (P&D)	ENGENHARIA DE REATORES (P & D)	5	5	5	5	20	-	30	25	-	-	95
	PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL	50	150	185	10	-	-	-	-	-	-	435
	ELEMENTO COMBUSTIVEL	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	10
	REPROCESSAMENTO E TRATAMENTO DE REJEITOS	10	10	25	-	-	-	-	-	-	-	45
	CONVERSÃO E ENRIQUECIMENTO	5	15	35	-	-	-	-	-	-	-	55
	P & D (PLANEJAMENTO E APOIO)	20	5	5	-	10	-	5	10	10	10	75
GÁS DE ENERGIA NUCLEAR	PLANEJAMENTO, COORDENAÇÃO E IN- FORMAÇÃO	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	10
	LICENCIAMENTO, FISCALIZAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO	15	-	5	-	-	-	10	-	-	-	30
	ENSINO E PESQUISA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	INSTITUTO DE PESQUISA	5	5	15	15	20	70	80	70	35	35	350
DE EQUIPAMENTOS	CENTRAIS NUCLEARES	40	40	90	90	115	115	115	115	115	130	935
	CICLO	20	15	20	50	25	5	-	-	-	-	145
	FABRICA DE COMPONENTES	40	-	-	5	-	-	5	-	-	-	50
CONSTRUÇÃO E MONTAGEM	CENTRAIS NUCLEARES	50	60	50	15	5	5	60	60	50	60	475
	CICLO	5	20	25	25	70	15	-	-	-	-	160
	FABRICA DE COMPONENTES	35	5	-	5	-	-	5	-	-	-	60
	ENSINO MEDIO TECNICO	30	30	10	10	-	-	-	-	-	-	80
	T O T A L	470	555	720	525	465	355	695	820	485	490	5.560

TABELA I-1

NÍVEL SUPERIOR

INCREMENTO ANUAL DE RECURSOS HUMANOS POR SETOR E ANO

EXCLUÍDAS AS PERDAS

S E T O R		A N O S										TOTAL
		1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	
INDÚSTRIA NUCLEAR	CIA. ENGENHARIA-PROJETO INSTALAÇÕES CENTRAIS NUCLEARES	60	80	65	65	60	60	65	80	65	60	525
	OPERAÇÕES DE CENTRAIS NUCLEARES	-	5	5	10	5	5	10	5	15	15	50
	FÁBRICA COMPONENTES PESADOS	20	15	10	-	15	10	10	10	10	10	110
	PRODUÇÃO DE CONCENTRADOS DE URA- NIO	-	-	-	20	20	20	20	20	-	-	100
	FÁBRICA DE ELEMENTOS COMBUSTI- VEIS	-	-	10	5	-	5	-	5	-	5	30
	USINA REPROCESSAMENTO E TRATA- MENTO REJEITOS	-	-	-	10	10	5	5	5	-	5	40
	USINA DE CONVERSÃO E ENRIQUECI- MENTO	-	-	-	10	10	5	-	5	5	-	35
TECNOLOGIA (F & D)	ENGENHARIA DE REATORES (F & D)	20	15	20	35	50	35	25	10	15	20	210
	PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL	45	35	20	20	5	-	-	-	-	-	125
	ELEMENTO COMBUSTIVEL	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-	15
	REPROCESSAMENTO E TRATAMENTO DE REJEITOS	5	5	10	-	-	-	-	-	-	-	20
	CONVERSÃO E ENRIQUECIMENTO	10	10	20	-	-	-	-	-	-	-	40
	P & D (PLANEJAMENTO E APOIO)	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	50
NAS DE ENERGIA NUCLEAR	PLANEJAMENTO, COORDENAÇÃO E IN- FORMAÇÃO	10	-	5	-	-	-	5	-	-	-	20
	LICENCIAMENTO, FISCALIZAÇÃO E NORMALIZAÇÃO	35	30	15	20	5	5	5	10	5	10	140
	ENSINO E PESQUISA	5	5	5	-	-	10	5	5	-	5	40
	INSTITUTO DE PESQUISA	20	20	40	40	60	100	120	100	50	50	600
DE EQUIPA- MENTOS	CENTRAIS NUCLEARES	15	15	30	40	45	45	45	45	45	50	375
	CICLO	10	5	10	20	10	5	-	-	-	-	60
	FÁBRICA DE COMPONENTES	15	-	-	5	-	-	5	-	-	-	25
CONSTRUÇÃO E MONTAGEM	CENTRAIS NUCLEARES	25	15	15	15	15	15	15	15	20	15	150
	CICLO	10	5	5	5	15	10	-	-	-	-	50
	FÁBRICA DE COMPONENTES	10	-	-	5	-	-	5	-	-	-	20
	ENSINO E PESQUISA EM PÓS-GRADUA- ÇÃO	50	15	15	10	-	-	-	-	-	-	100
T O T A L		380	275	310	345	335	345	350	315	240	255	3 150

ANEXO 2

Tabelas dispondo dos dados referentes ao acompanhamento das atividades implementadas pelo PRONUCLEAR durante a sua vigência

TABELA 1

COMPATIBILIZAÇÃO DE PERFIS DA DEMANDA COM OS CURRÍCULOS DAS INSTITUIÇÕES

DISCIPLINAS	IME	FEA	UFPA FCFP	UFPA G	UFPA D	UFPA S	UFPA C	INPE	ITA	UNB	USP	PUC	UFPA
ANÁLISE DE TENSÕES	X		X			X	X		X		X	X	
DEFORMAÇÕES	X	X				X	X					X	
CÁLCULO NUMÉRICO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
COMPONENTES DE REATORES	X	X	X	X	X	X	X		X		X		
COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CORROSÃO	X		X			X	X		X		X		
DINÂMICA DE ESTRUTURAS E VIBRAÇÕES			X				X		X			X	
ELASTICIDADE	X		X			X	X		X		X	X	
EQUILÍBRIO DE FASE		X	X				X		X			X	
ESCOAMENTO BIFÁSICO		X	X			X	X		X			X	
FÍSICA ATÔMICA E NUCLEAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FÍSICA DE REATORES	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
FUNDAÇÕES			X			X						X	
GARANTIA E CONTROLE DE QUALIDADE							X		X				
GEOCIÊNCIAS E GEOLOGIA P/ ENGENHARIA			X			X				X		X	
INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE/INSTR. NUCLEAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MATERIAIS DE REATORES	X	X	X	X	X	X	X		X			X	
MECÂNICA DE ESTRUTURAS						X	X		X			X	
MECÂNICA DOS FLUÍDOS	X		X			X	X		X	X		X	
MECÂNICA DE SOLOS						X				X		X	
METALURGIA FÍSICA	X		X			X					X		
METALURGIA MECÂNICA	X		X			X					X		
MÉTODOS MATEMÁTICOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PROJ. VASOS DE PRESSÃO E CONTENÇÃO	X		X			X	X				X	X	
PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
QUÍMICA EM TECNOLOGIA NUCLEAR	X	X	X	X	X					X			
QUÍMICA DA ÁGUA		X	X	X									
SEGURANÇA E NORMALIZAÇÃO		X	X										
SEPARAÇÃO ISOTÓPICA		X	X	X									
SISTEMAS ELÉTRICOS							X		X		X		X
SISTEMAS DE REATORES	X	X	X	X	X	X						X	X
TECNOLOGIA DA INSTALAÇÃO DO CICLO		X	X	X		X							
TECNOLOGIA DE SOLDA			X				X						
TECNOLOGIA DE REATORES	X	X	X	X			X						
TERMODINÂMICA DE CENTRAIS	X	X	X	X		X	X		X			X	
TERMODINÂMICA METALÚRGICA	X		X			X					X		
TRANSFERÊNCIA DE CALOR	X	X	X			X	X		X		X	X	
USINAGEM DE METAIS	X		X			X	X			X	X	X	
VIBRAÇÕES	X		X			X	X		X		X	X	
FÍSICA DE NEUTRONS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MATERIAIS NUCLEARES	X	X	X	X	X	X	X		X	X			
CENTRAIS NUCLEARES	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
REPROCESSAMENTO		X	X	X									
PROJETO DE REATORES	X	X	X	X	X					X			
CINÉTICA DE REATORES	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
RADIOISÓTOPOS	X	X	X	X	X	X							
MEDIDAS NUCLEARES	X	X	X	X	X	X							
ENGENHARIA DE REATORES	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X

TABELA 2
DOCTORANDOS NO EXTERIOR

DESTINO	ESPECIALIDADE	ORIGEM	NÚMERO
RFA	Mecânico	UFSC	1
	Metalúrgico	IEA	1
	Químico	COPPE	1
		CNEN	1
		PUC/RJ	1
	Físico	UFMG	1
		IEA	4
	Advogado	CNEN	1
	Civil	IEA	1
	Telecomunicação	IME	1
Físico	IEA	4	
	UFRJ	1	
	IME	5	
Eletricista	ITA	1	
	IME	1	
	UFMG	1	
USA	Metalúrgico	IME	1
	Mecânico	PUC/RIO	1
		IEA	2
	Químico	IME	5
	Civil	IME	3
		UFRS	1
		UFSP	1
IEA		1	
Analista Sistema	CIN/CNPq	1	
Eng. Químico	CNEN	1	
REINO UNIDO	Civil	IEA	1
	Físico	C.P.T.	1
ITÁLIA	Eletrônica	CNEN	1
FRANÇA	Médico	C. Med. Nuclear	1
	Mecânico	COPPE	1
	Físico	COPPE	1
BÉLGICA	Física	IEA	1
SUIÇA	Físico	IEA	1
JAPÃO	Físico	IEA	1

ENSINO SUPERIOR

ENTIDADES APOIADAS

TABELA 3

INSTITUIÇÕES APOIADAS	IME	IEA	COPPE/UFRJ	UFMG	UFPE	UFES	UFESM	UFSC	INPE	UFRJ	UFSCar	USP	UFPR	FUC/RIO	UFPA	UERJ	UFPA	UnB	EEEL
MSC EM ENG. NUCLEAR	X	X	X	X	X														
MSC EM ENG. ELÉTRICA								X		X		+			X				
MSC EM ENG. CIVIL			X			X								X					
MSC EM ENG. MECÂNICA								X		X				X					
MSC EM ENG. QUÍMICA			X																
MSC EM ENG. METALÚRGICA	+		X			X						+							
MSC EM ENG. METEOROLOGIA									X										
MSC EM GEOLOGIA																	+	+	
ESPECIAL. QUÍMICA			X																
ESPECIAL. DIREITO																X			
INTROD. ENG. NUCLEAR			X	+	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X			+	+

CONVENÇÃO: X - desde 1977

+ - incluído em 1978

PROGRAMA DE INTRODUÇÃO À ENGENHARIA NUCLEAR
(NÚMERO DE ALUNOS)

TABELA 5

PROGRAMA	MARÇO		DEZEMBRO	
	1977	1978	1977	1978
UFSP	30	19	30	19
UFERS	32	30	32	38
UFSC	22	35	42	29
UFPR	11	8	11	21
UFSCAR	24	44	24	42
UFRJ	6	7	6	11
IEA	30	-	30	-
UFPE	30	12	26	11
UFPB	30	28	30	44
UnB	-	10	-	10
UFMG	-	-	-	13
PUC/RIO	14	20	10	14
USP	29	55	29	46
ITA	26	20	26	20
EFEI	-	20	-	20
TOTAL	284	328	296	338

Nestes números já existe uma primeira adequação ao espectro desejado de profissionais.

6.2.3 - Corpo Discente

A política adotada pelo PRONUCLEAR foi a de utilizar o máximo possível os melhores alunos dos diversos cursos a ele vinculados, fornecendo bolsas tanto a alunos que ingressavam nos cursos de mestrado do programa em 1977, quanto a aqueles que já se encontravam anteriormente nos cursos de mestrado, agora apoiados pelo PRONUCLEAR, e que iniciavam no referido ano suas dissertações de mestrado em áreas de interesse do Programa.

No período de 1978 o Programa ampliou seu apoio não só a algumas das instituições já participantes do mesmo, implementando cursos em outras áreas de interesse, bem como estendendo-o a outras entidades ainda não incluídas. Desta forma foram absorvidos, em nível de mestrado, os cursos de:

1. Mestrado em Engenharia Metalúrgica/Nuclear-IME,USP
2. Mestrado em Geologia/Nuclear - UnB, UFPa
3. Mestrado em Engenharia Elétrica/Nuclear - USP

Uma visão global e detalhada dos quantitativos relativos ao corpo discente vinculados ao programa durante 1977 e 1978 é consolidada na Tabela 6 e detalhada nas Tabelas 7 a 14.

ALUNOS VINCULADOS AOS PROGRAMAS DE MESTRADO POR ÁREA DE ESPECIALIZAÇÃO

TABELA 6

PROGRAMA	ALUNOS						
	EM CRÉDITO		EM TESE		DESISTÊNCIA		DEZEMBRO 1978
	1977	1978	1977	1978	1977	1978	
MSC.ENG.NUCLEAR	104	95	162	110	12	18	187
MSC.ENG.CIVIL	25	26	16	36	3	7	55
MSC.ENG.MEC.	32	31	2	19	12	13	37
MSC.ENG.ELET.	32	44	-	16	11	14	46
MSC.ENG.METAL.	13	33	-	11	7	6	38
MSC.ENG.QUÍM.	10	5	-	5	5	-	10
MSC.METEOROL.	13	10	-	6	6	3	13
MSC.GEOLOGIA	-	10	-	-	-	-	10
TOTAL	229	254	180	203	56	61	396

PROGRAMA DE ENGENHARIA NUCLEAR

TABELA 7

PROGRAMA	A L U N O S						TOTAL
	EM CRÉDITO		EM TESE		DESISTÊNCIA		
	1977	1978	1977	1978	1977	1978	1978
IEA	33	20	113	29	-	2	47
COPPE	28	20	24	32	5	5	47
IME	12	20	9	15	3	3	32
UFMG	14	15	16	23	4	-	38
UFPe	17	20	-	11	-	8	23
TOTAL	104	95	162	110	12	18	187

PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL

TABELA 8

PROGRAMA	A L U N O S						TOTAL
	EM CRÉDITO		EM TESE		DESISTÊNCIAS		
	1977	1978	1977	1978	1977	1978	1978
UFRS	5	10	6	9	1	-	19
PUC/RIO	15	6	5	17	2	4	19
COPPE	5	10	5	10	-	3	17
TOTAL	25	26	16	36	3	7	55

PROGRAMA DE ENGENHARIA MECÂNICA

TABELA 9

PROGRAMA	A L U N O S						TOTAL
	EM CRÉDITO		EM TESE		DESISTÊNCIA		
	1977	1978	1977	1978	1977	1978	1978
UFSC	6	17	-	3	3	7	13
ITA	10	9	-	4	5	4	9
PUC/RIO	16	5	2	12	4	2	15
TOTAL	32	31	2	19	12	13	37

PROGRAMA DE ENGENHARIA ELÉTRICA

TABELA 10

PROGRAMA	A L U N O S						TOTAL
	EM CRÉDITO		EM TESE		DESISTÊNCIA		
	1977	1978	1977	1978	1977	1978	1978
ITA	11	11	-	8	6	5	14
UFSC	11	17	-	3	1	7	13
UFPb	10	10	-	5	4	1	14
USP	-	6	-	-	-	1	5
TOTAL	32	44	-	16	11	14	46

PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA METALÚRGICA

TABELA 11

PROGRAMA	A L U N O S						TOTAL
	EM CRÉDITO		EM TESE		DESISTÊNCIA		
	1977	1978	1977	1978	1977	1978	1978
UFRS	10	8	-	5	5	4	9
COPPE	3	10	-	6	2	-	16
IME	-	9	-	-	-	2	7
USP	-	6	-	-	-	-	6
TOTAL	13	33	-	11	7	6	38

PROGRAMA DE METEOROLOGIA

TABELA 12

PROGRAMA	A L U N O S						TOTAL
	EM CRÉDITO		EM TESE		DESISTÊNCIA		
	1977	1978	1977	1978	1977	1978	1978
INPE	13	10	-	6	6	3	13

PROGRAMA DE ENGENHARIA QUÍMICA

TABELA 13

PROGRAMA	A L U N O S						TOTAL
	EM CRÉDITO		EM TESE		DESISTÊNCIA		
	1977	1978	1977	1978	1977	1978	1978
COPPE	10	-	-	10	5	-	10

PROGRAMA DE GEOLOGIA

TABELA 14

PROGRAMA	A L U N O S						TOTAL
	EM CRÉDITO		EM TESE		DESISTÊNCIA		
	1977	1978	1977	1978	1977	1978	1978
UnB	-	5	-	-	-	-	5
UFPa	-	5	-	-	-	-	5
TOTAL	-	10	-	-	-	-	10

6.3 - Cursos de Especialização

Alguns assuntos obviamente importantes para o setor nuclear exigiram a implantação de cursos de especialização em Química (UFRJ) e Direito Nuclear (UFRJ), conforme apresentado na Tabela 15.

PROGRAMA DE ESPECIALIZAÇÃO

TABELA 15

ESPECIALIZAÇÃO	A L U N O S - 1977		
	MATRICULADOS	DESISTENTES	TOTAL
QUÍMICA - UFRJ	20	8	12
DIREITO NUCLEAR - UFRJ	18	-	18
TOTAL	38	8	30

Adicionalmente, estão previstos para 1979 cursos envolvendo os assuntos de ACIDENTES NUCLEARES e SOLDA.

PRONUCLEAR

QUADRO 1.3 - MESTRADOS: 892 (28% do total de pessoal)

(Agosto/1980)

	MECÂNICA	CIVIL	ELÉTRICA/ ELETRÔNICA	METALURGIA	GEOLOGIA/ MINAS	QUÍMICA / ENG. QUÍMICA	FÍSICA	OUTROS	TOTAIS
(A) ESTIMATIVA GTRH/75	276 (31%)	95 (11%)	187 (21%)	85 (10%)	49 (5%)	96 (11%)	64 (7%)	40 (4%)	892 (100%)
(B) MESTRES FORMADOS	15	23	15	13	3	21	30	--	120
(C) EMPREGADOS NOS ÓRGÃOS DO SETOR NUCLEAR	45	27	43	26	13	126	134	65	479
(D) NAS UNIVERSIDADES	33	20	41	33	-	11	16	4	158
(E) = C + D	78	47	84	59	13	137	150	69	637
(F) A SEREM FORMADOS 1981 - 1990	231	68	144	59	36	0	0	0	538
(G) META ANUAL	25	4	12	4	3	0	0	0	48
(H) COM TESE EM ANDAMENTO	36	42	58	29	14	32	43	3	257

Inclui: "3^{eme} Cicle" e "Especialité" da França.

(B) - Ver Fig. 1.4 e Cap. 7

(C) - Ver Quadro 1.7, e Anexo I

(D) - Ver Quadro 1.5 e Relatório PRONUCLEAR 03/80 de 11/08/80

(F) = A-B se B > C e F=A-C se C > B

(G) = (F-H)/8 (Novos alunos de 1981 a 1988)

P R O N U C L E A R

QUADRO 1.4 - DOUTORADOS: 421 (14% do total de pessoal)
(PhD, DSc, Dr. Ing., D. D'État)

- Agosto 1980 -

		MECÂNICA	CIVIL	ELÉTRICA/ ELETRÔNICA	METALÚRGICA E MATERIAIS	GEOLOGIA/ MINAS	QUÍMICA/ ENG. QUÍMICA	FÍSICA	OUTROS	TOTAIS
Previsão GTRH/75	Setor Nuclear (A)	95 (30%)	35 (11%)	63 (20%)	35 (11%)	15 (5%)	41 (13%)	19 (6%)	18 (4%)	321 (100%)
	Universidade (B)	35	10	25	5	8	5	12	-	100
	A + B = (C)	130 (31%)	45 (11%)	88 (21%)	40 (10%)	23 (5%)	46 (11%)	31 (7%)	18 (4%)	421 (100%)
Doutorados 1977 a Agosto 1980 (D)		2	2	2	1	-	7	-	1	15
Em programa de Doutora- mento no Exterior (E)		11	10	20	8	2	6	30	2	89
D + E		13	12	22	9	2	13	30	3	104
Empregados:										
Setor Nuclear (SN) (F)		5	9	16	10	6	44	55	34	179
Universidades (Un) (G)		34	44	48	49	16	17	20	13	241
A serem doutorados (SN) (1981 a 1990) (H)		77	14	25	18	6	0	0	0	140
Meta Anual (SN) (I)		16	3	5	4	2	0	0	0	30

(D) - Ver Capítulo 8 - Quadro 8.2

(E) - Ver Capítulo 8 - Quadros 8.4 e 8.5

(F) - Ver Anexo I e Quadro 1.7

(G) - Ver Quadro 1.6 e Figura 1.8

(H) - A - (D + E + F)

(I) - H/5 (novos alunos de 1981 a 1986) - Ver Fig. 1.7, pág.17: Meta (41/ano) sem incluir os Doutores já empregados.

P R O N U C L E A R

Relatório nº 04/80 - Quadro: 7.3

Entidade: 5 Universidades: INE-UFMG-UFPE-COPPE e IPEN

Curso: Mestrado em Engenharia Nuclear

Data do Levantamento *: 25/08/80

	1977	1978	1979	1980 *	T O T A I S
A - Alunos provenientes do ano anterior (C - I)	68	150	180	130	---
B - Novas Admissões	103	95	71	75	344
C - Subtotais (A + B)	171	245	251	205	---
D - Perdas por abandono	8	17	38	11	74
E - Perdas por reprovação	9	13	10	4	36
F - Outras Perdas	-	2	43	11	56
G - Subtotal - Perdas (D + E + F)	17	32	91	26	166
H - Conclusão do Mestrado	4	33	30	5	72
I - Saídas (G + H)	21	65	121	31	---
J - Em cursos	90	83	45	61	---
K - Em tese	60	97	85	113	---
L - Existentes no final do Período (J + K)	150	180	130	174	---

P R O N U C L E A R

.93.

Relatório nº 04/80 - Quadro: 7.4

Entidade: 11 Universidades - 18 Cursos

Curso: Mestrado Convencional em Complementação Nuclear (Chapéu)

Data do Levantamento *: 25/08/80

	1977	1978	1979	1980 *	T O T A L S
A - Alunos provenientes do ano anterior (C - I)	9	100	190	218	---
B - Novas Admissões	114	158	141	136	549
C - Subtotais (A + B)	123	258	331	354	---
D - Perdas por abandono	11	36	55	31	133
E - Perdas por reprovação	11	19	26	21	77
F - Outras Perdas	-	3	7	25	35
G - Subtotal - Perdas (D + E + F)	22	58	88	77	245
H - Conclusão do Mestrado	1	10	25	16	52
I - Saídas (G + H)	23	68	113	93	---
J - Em cursos	92	152	109	115	---
K - Em tese	8	38	109	146	---
L - Existentes no final do Período (J + K)	100	190	218	261	---

DOUTORAMENTO NO EXTERIOR - DISTRIBUIÇÃO DE ALUNOS POR PAÍS E POR FORMAÇÃO BÁSICA
- Engenharia Nuclear e com Complementação Nuclear -

	C N E N								C A P E S					TOTALS	
	USA	RFA	FRANÇA	UK	BÉLGICA	ISRAEL	JAPÃO	SUIÇA	TOTALS	USA	UK	FRANÇA	CANADÁ		TOTALS
ENG. CIVIL	6								6		3		1	4	10
ENG. ELÉTRICA	4					1			5	1	4	2	1	8	13
ENG. ELETRÔNICA	1	5							6					-	6
ENG. MATERIAIS	1	1							2					-	2
ENG. MECÂNICA	6	1							7	3	1			4	11
ENG. METALÚRGICA	3	1	1						5	1				1	6
ENG. MINAS									-	1				1	1
ENG. QUÍMICA	1	2							3					-	3
ENG. TELECOM.	1								1					-	1
FÍSICA	14	5	3	2	1		1	1	27	2		1		3	30
GEOLOGIA	1								1					-	1
MATEMÁTICA	1								1		1			1	2
QUÍMICA	1	1		1					3					-	3
TOTALS	40	16	4	3	1	1	1	1	67	8	9	3	2	22	89

Quadro 8.2

DOUTORAMENTO NO EXTERIOR

- MOVIMENTO ANUAL -

AGOSTO/1980

FORMAÇÃO BÁSICA	1976	1977		1978		1979		1980		DIPL.	CURSANDO	TOTAL				
		NOVOS	DIPL.	NOVOS	DIPL.	NOVOS	DIPL.	NOVOS	DIPL.							
1. ENGENHARIA CIVIL CNEN CAPES	05 -	- -	- -	05 -	01 -	- -	06 -	02 04	01 -	07 04	- -	01 04	06 04	02	10	12
2. ENGENHARIA ELÉTRICA CNEN CAPES	02 -	- -	01 -	01 -	03 01	- -	04 01	01 07	01 -	04 08	01 -	- -	05 08	02	13	15
3. ENG. ELETRÔNICA CNEN CAPES	- -	- -	- -	- -	01 -	- -	01 -	04 -	- -	05 -	01 -	- -	06 -	-	06	06
4. ENG. DE MATERIAIS CNEN CAPES	- -	- -	- -	- -	01 -	- -	01 -	01 -	- -	02 -	- -	- -	02 -	-	02	02
5. ENG. MECÂNICA CNEN CAPES	03 -	02 -	01 -	04 -	- 02	- -	04 02	02 02	- -	06 04	02 -	01 -	07 04	2	11	13
6. ENG. METALÚRGICA CNEN CAPES	01 -	01 -	- -	02 -	02 -	01 -	03 -	01 01	- -	04 01	01 -	- -	05 01	1	06	07
7. ENG. DE MINAS CNEN CAPES	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- 01	- -	- 01	- -	- -	- 01	-	01	01
8. ENGENHARIA QUÍMICA CNEN CAPES	06 -	- -	01 -	05 -	02 -	02 -	05 -	- -	02 -	03 -	- -	- -	03 -	05	03	08
9. ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES CNEN CAPES	01 -	- -	- -	01 -	- -	- -	01 -	- -	- -	01 -	- -	- -	01 -	-	01	01
10. FÍSICA CNEN CAPES	04 -	03 -	- -	07 -	08 01	- -	15 01	07 -	- -	22 01	05 02	- -	27 03	-	30	30
11. GEOLOGIA CNEN CAPES	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	01 -	- -	01 -	- -	- -	01 -	-	01	01
12. MATEMÁTICA CNEN CAPES	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	01 01	- -	01 01	- -	- -	01 01	-	02	02
13. QUÍMICA CNEN CAPES	02 -	- -	- -	02 -	02 -	- -	04 -	01 -	02 -	03 -	- -	- -	03 -	2	03	05
14. DIREITO CNEN CAPES	- -	01 -	- -	01 -	- -	- -	01 -	- -	01 -	- -	- -	- -	- -	1	-	01
TOTAIS POR ANO	24	07	03	28	24	03	49	37	07	79	12	02	89	15	89	104

DOUTORAMENTO NO EXTERIOR
CURSOS DE MESTRADO

DOUTORES FORMADOS QUADRO GERAL - DISTRIBUIÇÃO POR ANO

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	TOTAL
A- ALUNOS PROVENIENTES DO ANO ANTERIOR		209	368	372	338	262	226	271	171	72	
B- NOVAS ADMISSÕES	406	235	192	215	122	186	206	86	62	40	1750
C- SUBIOLAIAS (A+B)	406	533	580	387	460	448	432	357	233	112	
D- TÉRMINO DE MESTRADO POR PERÍODO REGULAR	-	24	44	46	31	21	19	14	8	5	
E- TÉRMINO DE MESTRADO POR RECUPERAÇÃO	18	68	29	63	85	57	57	55	39	20	
F- MESTRES (D+E)	18	92	73	109	116	78	76	69	47	25	703
G- EXISTENTES NO FINAL DO PERÍODO	309	409	399	358	273	236	264	189	85	61	

DOUTORAMENTO NO EXTERIOR

DOUTORES FORMADOS NO EXTERIOR - DISTRIBUIÇÃO POR ANO

ANO	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	TOTAL
FORMAÇÃO BÁSICA											
ENG. QUÍMICA/QUÍMICA	2	-	3	-	4	2	3	1	-	1	16
ENGENHARIA MECÂNICA	1	-	-	-	4	3	4	-	-	-	12
ENG. ELÉTRICA/ELETRÔNICA	-	1	-	-	-	2	7	7	2	-	19
ENGENHARIA CIVIL	-	-	1	1	1	-	3	-	-	1	7
ENGENHARIA METALÚRGICA	-	1	-	1	1	-	3	1	-	-	7
FÍSICA	-	-	-	-	9	5	5	8	5	2	34
GEOLOGIA	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	2
ASTRONOMIA	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
METEOROLOGIA	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
TOTAL	3	2	4	2	20	12	26	18	8	4	99

DOUTORAMENTO NO EXTERIOR

DOUTORES FORMADOS NO EXTERIOR - DISTRIBUIÇÃO POR PAÍS

FORMAÇÃO BÁSICA	C N E N									C A P E S				TOTAL GERAL
	USA	REFA	FRANÇA	UK	CANADÁ	BÉLGICA	JAPÃO	SUIÇA	TOTAL	USA	FRANÇA	UK	TOTAL	
ENG. QUÍMICA/QUÍMICA	4	8	-	3	-	-	-	-	15	-	1	-	1	16
ENGENHARIA MECÂNICA	5	-	1	2	-	-	-	-	8	2	-	2	4	12
ENG. ELÉTRICA/ELETRÔNICA	10	2	-	-	-	-	-	-	12	-	3	4	7	19
ENGENHARIA CIVIL	5	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	2	2	7
ENG. METALÚRGICA	4	2	-	-	-	-	-	-	6	1	-	-	1	7
FÍSICA	17	7	1	2	-	1	1	1	30	3	1	-	4	34
GEOLOGIA	-	-	1	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	2
ASTRONOMIA	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
METEOROLOGIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1
TOTAL	45	19	4	7	1	1	1	1	79	7	5	8	20	99

COOPERAÇÃO CNEN/KFA & CNEN/KFK

VISITAS DE TÉCNICOS ALEMÃES

Á R E A S		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	TOTAL
K F A	SEGURANÇA NUCLEAR	4	4	4	4	4	1	-	-	1	-	22
	ANÁLISE DE REATORES	2	8	5	4	9	3	1	1	2	-	35
	CICLO DE COMBUSTÍVEL	10	7	2	2	1	-	-	-	-	-	22
	MATERIAIS	4	3	6	-	3	6	-	2	-	-	24
	INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	4
	PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	1	1	3	3	8	4	5	6	5	-	41
	RADIOISÓTOPOS	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2
	PECUISA BÁSICA	-	2	2	8	5	3	2	1	5	-	28
K F K	SALVAGUARDA	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
	SEGURANÇA NUCLEAR	-	4	-	9	6	2	-	2	-	-	23
	REJEITOS	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	3
	PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	6	2	1	2	3	6	4	1	-	-	26
T O T A L		28	31	31	32	40	29	13	14	13	1	232

ASSESSORIA DE TÉCNICOS ALEMÃES EM HOMENS-MÊS

Á R E A S		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	TOTAL
K E A	SEGURANÇA NUCLEAR	7	4	6	4	8	1	-	-	1	-	31
	ANÁLISE DE REATORES	4	11	5	5	10	3	1	1	2	-	42
	CICLO DE COMBUSTÍVEL	20	11	2	2	1	-	-	-	-	-	36
	MATERIAIS	5	5	7	-	3	6	-	2	-	-	28
	INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE	-	-	3	-	-	2	-	-	-	-	5
	PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	1	1	9	3	10	5	6	5	6	-	46
	RADIOISÓTOPOS	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2
	PESQUISA BÁSICA	-	2	4	9	13	7	5	1	5	-	46
K T K	SALVAGUARDA	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3
	SEGURANÇA NUCLEAR	-	4	-	9	8	2	-	2	-	-	25
	REJETIVOS	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	3
	PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	6	2	1	2	3	6	4	1	-	1	26
T O T A L		45	40	38	34	57	34	17	13	14	1	293