

PRONUCLEAR (1976-1986) e a Formação de Recursos Humanos para a Área de Energia Nuclear no Brasil

Winston C. Schmiedecke & Paulo Alves Porto

RESUMO

Neste trabalho são analisados alguns aspectos do processo de formação de recursos humanos especializados para a área nuclear no período de vigência de Acordo Brasil – Alemanha Ocidental, enfocando o Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear (PRONUCLEAR). Ainda que escassos, alguns resultados positivos podem ser identificados a partir da análise dos relatórios que acompanharam a trajetória do PRONUCLEAR, podendo-se destacar: a criação de programas de especialização em tecnologia nuclear, o aprimoramento e a reorientação dos currículos de cursos relacionados aos seus objetivos – o que proporcionou a formação de um expressivo contingente de técnicos, mestres e doutores na área.

Palavras chave:

PRONUCLEAR; Energia nuclear; Brasil; Recursos humanos; História da ciência

ABSTRACT

This paper analyzes some aspects of the process of creation of human resources specialized in nuclear technology during the extent of the agreement between Brazil and West Germany, by focusing on PRONUCLEAR (Program of Human Resources for the Nuclear Sector). Although not too many, some positive results may be identified, from an analysis of reports describing the work and track record of PRONUCLEAR: creation of specialized training programs in nuclear technology; improvement and redirection of the curricula of courses related to the Program's aims – thus fostering the training of a significant number of technicians, masters and doctors in nuclear energy and related fields.

Keywords:

PRONUCLEAR; Nuclear energy; Brazil; Human resources; History of science

PRONUCLEAR (1976 – 1986) e a Formação de Recursos Humanos para a Área de Energia Nuclear no Brasil

Introdução

O artigo 1º do Acordo Nuclear Brasil – Alemanha Ocidental (doravante designado simplesmente “Acordo”), assinado em 27 de junho de 1975, tem a seguinte relação:

“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.”¹

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 brasileiro criou, por meio de uma portaria ministerial², um Grupo de Trabalho (GT) com a atribuição fundamental de propor um programa de formação e treinamento de 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.³

¹ “Acordo ente o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Federal de Alemanha sobre Cooperação no Campo dos Usos Pacíficos de Energia Nuclear”, citado por Paulo Q. Marques, *Sofismas Nucleares: O Jogo das Traçaças na Política Nuclear do País* (São Paulo: Hucitec, 1992), 133.

² Brasil, Poder Executivo. *Portaria Interministerial No 93*, de 8 de setembro de 1975.

³ PRONUCLEAR. *Relatório de Atividades 1976 – 1979 do Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear* (Rio de Janeiro: CNEN/Pronuclear, 1979), 2.

Parâmetro crítico do programa: a disponibilidade de mão-de-obra especializada em nível técnico e acadêmico no país, levantado 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 tabela⁴, aqui simplificada, comparando o número de profissionais a serem formados no decênio 1976 – 1985:

Tabela 1. Demanda de pessoal para a área nuclear projetada pelo GT interministerial para o período de 1976 a 1985

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 ⁵

Como resultado concreto dos estudos desenvolvidos pelo GT interministerial, o Governo Federal criou oficialmente o Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear (PRONUCLEAR), através do decreto-lei No 77.977 de 7 de julho de 1976. Neste trabalho, iremos analisar a trajetória do PRONUCLEAR por meio dos relatórios de atividades que foram produzidos periodicamente por seus gestores. Esses relatórios foram produzidos em maior quantidade no período compreendido entre os anos de 1976 e 1981, ano este em que passaram a rarea progressivamente, extinguindo-se em definitivo com o encerramento das atividades do PRONUCLEAR, no final do ano de 1986. Tratava-se de documentos de circulação interna à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), em cuja biblioteca na cidade do Rio de Janeiro encontram-se hoje depositados.

⁴ Ibid., 25. A tabela completa, bem como outros dados extraídos dos vários relatórios do PRONUCLEAR referidos neste artigo encontram-se reproduzidos como anexos em Winston G. Schmiedecke, “O Papel do PRONUCLEAR (1976 – 1986)” na Formação de Recursos Humanos para a Área Nuclear (Diss. Mestrado, PUC-SP, 2006).

⁵ 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.

Críticas ao programa nuclear brasileiro das décadas de 1970 – 1980

A determinação das autoridades governamentais brasileiras em dominar a tecnologia nuclear 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. A opção nuclear simbolizada pelo Acordo foi uma decisão tomada independente de debates entre os diversos setores que constituíam a sociedade civil, acerca destas ou de outras questões pertinentes, visto que o Brasil vivia um regime de exceção.

Um ponto do Acordo bastante criticado pela comunidade científica brasileira e que estará no foco de interesse do presente trabalho, relacionava-se à formação de recursos humanos necessários a uma efetiva transferência de tecnologia nuclear para o solo brasileiro. As palavras do presidente da Kraftwerk Union A.G.-KWU (empresa alemã que seria responsável pela construção das usinas), Klaus Barthelt, explicavam o ideal da política de transferência de tecnologia segundo os parceiros alemães: “A transferência de tecnologia se dará através do *training in the job* (treinamento no serviço). Nós representamos uma empresa comercial e não uma universidade”.⁶

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 teria sido, segundo a versão mais veiculada pelos críticos da execução do Acordo, pouco valorizada.

Um desses críticos foi José Leite Lopes (1918-2006), físico de renome internacional, doutor pela universidade de Princeton, fundador e integrante ativo de importantes centros de pesquisa no Brasil. Ao se referir 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

⁶ Kurt R. Mirow, *Loucura Nuclear: Os Enganos do Acordo Brasil – Alemanha* (Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979), 138.

construção da infra-estrutura científica e técnica de uma tecnologia nova a não especialistas.”⁷

Representando a posição do governo, o então presidente da Nuclebrás e um dos principais articuladores do Acordo, o futuro diplomata Paulo Nogueira Batista afirmou em entrevista à época que “depois da obtenção de tecnologia, o problema mais sério será a formação de pessoal especializado”⁸.

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 produzir tecnologia evidencia o único indício seguro para se avaliar o grau de desenvolvimento de um país.⁹ 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.

Rogério Cerqueira Leite, físico e pesquisador da Universidade de Campinas (UNICAMP), assim expressou sua opinião sobre o PRONUCLEAR: “A Nuclebrás induziu algumas universidades brasileiras a inserir em seus currículos alguns cursos superficiais ‘para despertar interesse’, mera perfumaria de valor formativo nulo”¹⁰.

Críticas dessa natureza destacariam equívocos na execução do programa, mas não destituíam 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. Neste ponto, parece-nos possível afirmar que algo de efetivo se produziu, objetivando a constituição de um quadro de pessoal apto aos trabalhos coma energia nuclear no país, conforme veremos a seguir.

Os cursos de capacitação técnica

A leitura dos primeiros relatórios do PRONUCLEAR evidencia os cuidados dos seus realizadores em termos de esclarecimento e reforço das finalidades do programa, das estratégias a ser implementadas, da organização dos cursos que deveriam ser ministrados internamente (nas universidade e institutos nacionais) e do detalhamento dos respectivos programas, convênios com instituições de ensino no

⁷ José L. Lopes, *Uma História da Física no Brasil* (São Paulo: Livraria da Física, 2004), 92.

⁸ Citado em José Goldemberg, *Energia Nuclear no Brasil* (Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978), 163.

⁹ Ibid.

¹⁰ Mirow, 133.

exterior que recebiam os alunos brasileiros, custos, etc. o relatório referente ao período 1976 – 1979, por exemplo, descreve as estratégias para atender às 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 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 e disciplinas optativas durante a graduação que permitisse aos alunos dos últimos semestres universitários complementar sua formação básica nos assuntos indispensáveis, adquirir conhecimento generalizado 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.”¹¹

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 presidente da Nuclebrás, Paulo Nogueira Batista, declarou “a meta de independência tecnológica em 10 anos exigirá esforço na área de formação de recursos humanos”¹². 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 associados, e o efetivo tempo que tais profissionais teriam para a sua assimilação eficaz.

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

¹¹ PRONUCLEAR, 12.

¹² *Ibid*, 12-13.

- 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;
- 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;
- Treinamento em serviço para todos os níveis de formação.

Essa última alternativa mostrou-se ao longo dos anos uma prática comum – o já mencionado *training on the job*. A esse respeito, o atual assistente da presidência da CNEN, Cláudio Ubirajara Couto de Almeida, declarou:

“(…) 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.”¹³

Nessa modalidade de treinamento, profissionais brasileiros acompanhavam 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 2 mostra que a grande maioria desses cursos apresentava duração não excedente a 3 semanas.

A preocupação com a eficácia desta prática é explicitada nas “Notas sobre Treinamento em Serviço na RFA”¹⁴, 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

¹³ Trecho de entrevista feita por Winston G. Schmiedecke com o assistente da presidência da CNEN, Cláudio U. C. de Almeida em 7 de julho de 2006.

¹⁴ República Federal de Alemanha (RFA) era a denominação oficial da antiga Alemanha Ocidental.

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 que 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 atual pretendidas na RFA e previstas 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 seus colegas alemães.*¹⁵ (grifo nosso)

Ainda consultando o relatório de atividades de 1976 – 1979, encontramos dados referentes aos cursos realizados por profissionais brasileiros com a cooperação da Alemanha Ocidental, apresentados resumidamente nas tabelas a seguir. A Tabela 2 refere-se a alguns dos cursos realizados em 1978, com a participação de um total de alunos brasileiros.

¹⁵ PRONUCLEAR, *Relatório Especial No 06/80 das Atividades do Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear* (Rio de Janeiro: CNEN/Pronuclear, 1980), 1-2.

Tabela 2. Cursos para treinamento de profissionais brasileiros na Alemanha Ocidental no ano de 1978.

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	26/08 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	19/10 a 20/10
Reactor Dynamics	36/06 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 princípio, 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 de conhecimentos baseava-se na imediata empatia que deveria surgir entre seus principais agentes, a despeito das evidentes diferenças sócio-culturais existentes entre os técnicos alemães e brasileiros.

A Tabela 3 reforça as dúvidas lançadas quanto à efetividade dos esforços empreendidos pelos articuladores do PRONUCLEAR no tocante aos convênios firmados junto às entidades localizadas na Alemanha Ocidental, apresentando dados referentes aos cursos iniciados no ano de 1977, com um total de 720 participantes.

Tabela 3. Cursos para treinamento de profissionais brasileiros na Alemanha Ocidental no ano de 1977

Programa	Período	Participantes
Nuclear Power System Design	18/08 a 10/09	15
- Fundamentals	19/09 a 11/10	12
- Applications		
Enrichment Process	05/09 a 30/09	27
Reprocessing and Waste Treatment		
- Reprocessing Chemistry	22/09 a 10/10	46
- Reprocessing Techniques	28/09 a 14/10	46
- Waste	17/10 a 04/11	46
Chemical Analysis Techniques in Reprocessing and Waste Treatment	01/08 a 02/09	43
Materials for Nuclear Reactor	01/08 a 02/09	23
- Materials Engineering	05/09 a 23/09	36
- Welding	26/09 a 01/11	123
- Fuel and Fuel Elements		
Materials Testing		
- Mechanical Materials Testing	01/09 a 10/09	34
- Non Destructive Testing	12/09 a 23/09	84
Cursos Avançados		
- Reactor Safety	10/10 a 04/11	57
- Reactor Physics	01/01 a 31/01	19
- Thermo-hydraulic Analysis	13/02 a 03/03	28
- Radiation Protection	26/09 a 14/10	47
- Radiation Waste	19/19 a 05/01	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, mencionado em outra parte do relatório.

Uma justificativa possível para esse fato está relacionada ao baixo grau de interesse despertado nos futuros especialistas nucleares pelos conteúdos dos 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 apenas com 20.¹⁶

¹⁶ “Só 800 são treinados em 10 mil”, *O Estado de São Paulo*, 2 de abril de 1978, citado em Mirow, 133.

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, demonstram uma falta grave na formação de pessoal. Aparentemente, o descaso em relação à questão de segurança relaciona-se 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. O relatório enfatiza que a estrutura organizacional da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) provê 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”.¹⁷

Os cursos de pós-graduação

Além dos cursos de capacitação, o PRONUCLEAR atuou também na formação de recursos humanos em nível de pós-graduação. Considerando que grande parte dos técnicos necessários ao Programa Nuclear não eram necessariamente “engenheiros nucleares”, mas também especialistas em outras áreas, foram estabelecidos pela CNEN contatos com várias universidades brasileiras, nas quais se identificavam determinados nichos de excelência.

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 quais seriam os requisitos adicionais da área nuclear em relação à sua área de atuação.¹⁸

Para atrair os alunos para esse esforço adicional, eram concedidas bolsas de maior valor do que as normais, além de aventada uma possível contratação por algum órgão do Programa Nuclear após a conclusão do curso. Também os professores desses 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-

¹⁷ Brasil. Câmara dos Deputados. Comissão do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. *Relatório do Grupo de Trabalho Fiscalização e Segurança Nuclear* (Brasília: Câmara dos Deputados/Coordenação de Publicações, 2006), 87.

¹⁸ PRONUCLEAR. *Relatório de Atividades 02/80 do Programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear* (Rio de Janeiro: CNEN/Pronuclear, 1980), 76.

curso nas universidades, abordando temas mais específicos da tecnologia alemã de centrais nucleares ou do ciclo do combustível.¹⁹

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 se introduziam disciplinas específicas referentes à área nuclear. Tal 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:

1. Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro – programa criado em 1969. Posteriormente, essa mesma instituição passou a oferecer o Mestrado em Instalações Nucleares (1987);
2. Coordenação dos Programas em Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) – criado em 1968. Os Programas de Mestrado e Doutorado em Engenharia de Fatores Humanos foram criados em 1997;
3. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), São Paulo – ligado à Universidade de São Paulo (USP), com Mestrado e Doutorado em Tecnologia Nuclear (1976) e complementação em Aplicações (1997) e Reatores (1977);
4. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – criado em 1968. A partir de 2004, a instituição passou a oferecer também o Mestrado em Ciências das Radiações.
5. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – 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 (1977), Aplicações de Radioisótopos (1997), Dosimetria e Instrumentação (1997), Engenharia de Reatores (1997) e Fontes Renováveis de Energia (1997).²⁰

¹⁹ De entrevista concedida por Cláudio A.C. de Almeida a Winston G. Schmiedecke em 6 de julho de 2006.

²⁰ Dados constantes no website da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), referentes aos históricos dos cursos de pós-graduação existentes nessas instituições. Os números apresentados entre parênteses referem-se aos anos de criação dos respectivos cursos. <www.capes.gov.br> (acesso em agosto de 2006)

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 seguir²¹:

Tabela 4. Cursos de pós-graduação participantes do “Chapéu Nuclear”

Curso	Instituição
Engenharia Mecânica	- Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Engenharia Civil	- 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) - Universidade de São Paulo (USP)
Engenharia Metalúrgica	- 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	- Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE, SP)
Engenharias Elétrica e Eletrônica	- Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - Universidade de São Paulo (USP)
Geologia	- 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.²²

²¹ PRONUCLEAR, Relatório 02/80, 76.

²² Ibid.

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 agosto de 1980²³, 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:

Tabela 5. Número de dissertações, classificadas por área

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. Outras (Matemática, Meteorologia, etc.)	3

As letras utilizadas para identificar cada uma das habilitações profissionais são utilizadas na Tabela 6, abaixo, que se refere unicamente aos bolsistas de Mestrado em Engenharia Nuclear, relacionando as áreas de pesquisa dos bolsistas com a sua formação universitária inicial.²⁴

Um olhar mais atento aos dados do relatório permite um destaque 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 1982.²⁵

O planejamento era, portanto, acompanhado por um grupo de trabalho que controlava o cumprimento das metas estipuladas pelo programa, fato que merece destaque. Um acompanhamento que se mostrava extensivo aos demais níveis, conforme ilustram os levantamentos e tabelas distribuídos ao longo de toda a extensão do relatório 02/80, de junho de 1980.

²³ Ibid., 82.

²⁴ Ibid., 83.

²⁵ Ibid., 77.

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 de 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 radiativos.

Tabela 6. Correlação entre as áreas de pesquisa e os cursos de graduação de origem dos bolsistas PRONUCLEAR em 1980.

Os números se referem ao número de bolsistas; as letras correspondem às áreas de formação.

Área/Curso	IME	COPPE/ UFRJ	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		2A 2C	2C 1G
Aplicações de Radioisótopos			2B		1B 1G
Engenharia de Reatores	1B 2C 1G	1A 1B 4C 1G	1A 1G	1B 2C 1F	1B 1F
Física Atômica e Nuclear		1G	1G		1B
Física do Estado Sólido			1G		1F
Reprocessamento					
Segurança de Reatores	3C 3G	2C 4G		1B	
Tecnologia de Reatores	1G		1B	2G	2B
Enriquecimento			1G	1F	
Medicina Nuclear				1F	
Química/Centrals Nucleares		1A 2F		3F	
Metalurgia				1F	1F
Geologia					1C
Controle Ambiental		1C	2G	2C 1G	
Economia de Reatores	1A 1G	1A 1G	1A 1C		
Economia de Energia		3C	1G		
Salvaguardas		1F			

A seqüência dos relatórios do PRONUCLEAR revela ainda outros dispositivos de ajuste 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 apoiados pelo PRONUCLEAR, também destinados 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 e algumas das críticas tecidas ao Acordo – como o “Manifesto de Belo Horizonte”²⁶, produzido pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), em julho de 1975, no qual se questionava, entre muitas outras coisas, a formação de recursos humanos – foi a criação de dois programas para a formação de técnicos: o próprio PRONUCLEAR, de CNEN, e o Projeto urânio, da Nuclebrás.²⁷

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;
- Prospecção, Lavra e Beneficiamento;
- Enriquecimento;
- Elemento Combustível;
- Reprocessamento e Tratamento de Rejeitos.²⁸

²⁶ Luiz C. de Menezes, *De Angra a Aramar: Os Militares a Caminho da Bomba* (Rio de Janeiro: CEDI, 1988), 34.

²⁷ Marques, 34.

²⁸ PRONUCLEAR, *Relatório 1976 – 1979*, 32.

A Tabela 7 apresenta as qualidades 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 1984.²⁹

Tabela 7. Correlação entre o número de bolsas e de concluintes do curso de Especialização em Tecnologia Nuclear

	1980				1981		1982		1983		TOTAL	
	COPPE		UFMG		COPPE		COPPE		COPPE		TOTAL	
	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 Inspectores Técnicos Independentes do Instituto Brasileiro de Qualidade Nuclear (IBQN). Os resultados referentes ao período 1977 – 1986 podem ser observados na Tabela 8, considerando-se aqui o número de formados a cada ano nesses Cursos de Especialização.³⁰

²⁹ PRONUCLEAR. *Relatório de Atividades do programa de Recursos Humanos para o Setor Nuclear no Período 1977 – 1986* (Rio de Janeiro: CNEN/Pronuclear, 1986), 90.

³⁰ *Ibid.*, 89.

Tabela 8. Número de alunos formados em Cursos de Especialização, por ano

Título	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Chama a atenção, nesse quadro, o fato de que o curso de Direito Nuclear somente haver sido oferecido uma vez, no primeiro ano de vigência dessa modalidade. Pode ser um indício de 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, derivados 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 acadêmica dos principais profissionais que vieram ocupar funções em diversos níveis da hierarquia do setor nuclear no Brasil.

O PRONUCLEAR recebeu, no ano de 1979, alguns golpes importantes – embora sua decadência mais acentuada comece por volta de 1983, como veremos mais adiante. O primeiro golpe resultou da nova crise mundial do petróleo, acompanhado pelo gradual desaquecimento da economia brasileira no final da década de 1970 – gerando redução significativa do investimentos pelo Estado.

O segundo golpe a atingir o PRONUCLEAR resultou de um acidente nos Estados Unidos. Falhas no sistema de refrigeração do reator nuclear da usina de energia 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 aumento 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 ultracentrifugação³¹, vetada pelos norte-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 perspectiva de confecção de artefatos nucleares. 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”.³²

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:³³

Tabela 9. Orçamento destinado ao PRONUCLEAR, por ano (mês de junho), em milhares de dólares.

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

A conclusão apresentada no relatório 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 seus sistemas e programas em funcionamento “com toda a intensidade”, aguardando o reaquecimento do Programa Nuclear Brasileiro.³⁴

³¹ 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 fazer o gás girar a altas velocidades, ele é injetado numa composição de 95% de hidrogênio e 5% de UF₆ 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 ser efetivado em termos comerciais, devido, principalmente, ao elevado gasto energético inerente à sua execução.

³² Menezes, 48.

³³ PRONUCLEAR, Relatório 1977 -1986, 261.

³⁴ *Ibid.*, 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 de direcionaram para a iniciativa privada.³⁵

Na prática, o Acordo já se encontrava finalizado em 1983. Em 6 de janeiro daquele ano, o então presidente da República, General 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 1991.³⁶ Deslocando-se na contra-mão desse processo estava o Programa Nuclear Paralelo, ganhando força e gradual presença nos noticiários até 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. Indício nesse sentido foi a posterior descoberta de contas bancárias (as chamadas “contas Delta”), ligando autoridades militares da época aos orçamentos oficiais – contudo, astronômicos – do Programa Nuclear Paralelo. Segundo Menezes, “a derrota do Programa Nuclear oficial era, ao mesmo tempo, uma vitória do Programa Nuclear Paralelo”³⁷.

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 Brasileiras (INB)³⁸. A falência do Acordo foi então reconhecida, iniciando-se uma etapa de negociações com vistas à manutenção dos principais compromissos firmados e a tentativa de se minimizar os prejuízos dele decorrentes.³⁹ 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.

³⁵ Entrevista concedida por Cláudio U.C. de Almeida a Winston G. Schmiedecke, em 6 de julho de 2006.

³⁶ Menezes, 39-40.

³⁷ Ibid., 40.

³⁸ Brasil. Poder Executivo. Decreto – lei No 2464, de 31 de agosto de 1988.

³⁹ Menezes, 40.

Desta maneira, chegava ao fim a maior tentativa sistemática de caráter oficial para a 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, constituiu-se em mais um obstáculo para o que seria um saudável debate acerca da história recente da tecnologia nuclear no Brasil.

Considerações finais

O principal aspecto que procuramos evidenciar no presente trabalho, a partir da leitura sistemática dos documentos que relatam a criação e o desenvolvimento do PRONUCLEAR, está relacionado aos aspectos positivos, embora poucos, resultantes de tal iniciativa – ainda que originada de um acordo internacional de contornos obscuros e possibilidade de êxito praticamente nula.

Ao se proceder ao 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 área da 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 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 – não deve nos impedir de analisar criteriosamente os eventuais méritos que possa ter havido no PRONUCLEAR.

Winston Gomes Schmiedecke, MA

Professor de Física na rede particular de ensino do Estado de São Paulo, Brasil.

e-mail: wshmiedecke@yahoo.com

Paulo Alves Porto, PhD

História da Química.

Professor, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, Brasil.

e-mail: palporto@iq.usp.br