

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CMG (EN) HUMBERTO MORAES RUIVO

INDEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA NA ÁREA NUCLEAR:  
A relevância do Programa Nuclear da Marinha

Rio de Janeiro

2007

CMG (EN) HUMBERTO MORAES RUIVO

INDEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA NA ÁREA NUCLEAR:  
A relevância do Programa Nuclear da Marinha

Monografia apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Política e Estratégia Marítimas.

Orientador: CMG (RM1) Vinicius Freire Japiassú

Rio de Janeiro  
Escola de Guerra Naval

2007

## RESUMO

O Brasil, que possui significativas reservas de urânio, vem conduzindo seu programa nuclear com maior ênfase a partir de 1971, quando foram realizados estudos para a geração núcleo-elétrica em larga escala. Nas décadas de setenta e oitenta, seguiram-se importantes investimentos. Desde o final dos anos oitenta, o programa tem passado por fortes restrições que o levaram à estagnação. O cenário atual é favorável à retomada do programa nuclear, pela demanda energética associada ao crescimento econômico do Estado, pelas preocupações ambientais relacionadas ao efeito estufa e pelas limitações ao uso de fontes alternativas de energia, tais como: a hidrelétrica, a solar, a eólica e as células de hidrogênio. Identifica-se e critica-se a situação atual do Programa Nuclear Brasileiro, com foco na conquista da independência tecnológica na área nuclear, e sugere-se alternativa para sua condução. Identifica-se, também, a situação atual do Programa Nuclear da Marinha, com foco nos motivos que levaram à busca por um submarino nuclear e nas suas principais metas e dificuldades. Utiliza-se o método de abordagem dedutivo, com base em informações obtidas em pesquisa bibliográfica e documental por técnicas indiretas. Avalia-se a relevância do Programa Nuclear da Marinha para a conquista da independência tecnológica na área nuclear, com base nas suas contribuições ao Programa Nuclear Brasileiro. A avaliação inclui os recursos humanos e materiais, o domínio do ciclo do combustível nuclear, a geração de energia núcleo-elétrica, a produção de radioisótopos e radiofármacos, o fortalecimento das empresas da área nuclear e o arraste tecnológico. Conclui-se que o Brasil não dispõe de uma Política Nacional de Energia Nuclear nem tampouco de um Programa Nuclear Brasileiro, ambos atualizados, estruturados, integrados e formalmente aprovados pelas autoridades governamentais, apesar da existência de relevantes iniciativas neste sentido. O Programa Nuclear da Marinha tem sido mantido em estado vegetativo, em decorrência de fortes restrições orçamentárias, apesar dos significativos resultados apresentados e da sua relevância para a conquista da independência tecnológica na área nuclear. Recomenda-se a intensificação de ações, visando à obtenção dos recursos orçamentários que possam garantir a sua continuidade.

Palavras-chave: Programa Nuclear Brasileiro. Programa Nuclear da Marinha. Energia Nuclear. Submarino Nuclear.

## ABSTRACT

Brazil, which holds significant Uranium reserves, is developing its nuclear program with emphasis since 1971, when studies for large scale nuclear electricity generation were carried out. Relevant investments followed in the decades of seventy and eighty. Since the end of the Eighties, the program has gone through strong restrictions that have taken it to the stagnation. The current scenario is favorable for the recovery of the nuclear program due to the energetic demand associated with the economic growth of the State, the ambiental concerns related to greenhouse effect and to the limitations to the use of alternative sources of energy, such as: the hydroelectric, the solar, the aeolian and the hydrogen cells. The current situation of the Brazilian Nuclear Program is identified and critically discussed, with focus in the achievement of independence in nuclear technology. Suggestions are presented for its prosecution. The current situation of the Navy Nuclear Program is also identified, with focus in the reasons that motivated the design of a nuclear submarine and in the main goals and difficulties of the program. The deductive method is applied, on the basis of information obtained by means of a bibliographical review and a documentary research, by using indirect techniques. The relevance of the Navy Nuclear Program is evaluated regarding the achievement of independence in nuclear technology and its contributions to the Brazilian Nuclear Program. The evaluation includes aspects related to the human and material resources, the domain of the nuclear fuel cycle, the nuclear-electric energy generation, the production of radioisotopes and radiopharmaceuticals, the Brazilian companies which deal with nuclear materials and the “push technologies”. One concludes that Brazil neither has a National Politics for Nuclear Energy nor a Brazilian Nuclear Program, both up-to-dated, organized, integrated and formally approved by the governmental authorities, although some initiatives have been taken to achieve this goal. The Navy Nuclear Program has been kept in vegetative state, as a result of strong budgetary restrictions, despite its relevance to the achievement of independence in nuclear technology and the important results that have been presented. It is recommended that the Brazilian Navy makes efforts in order to assure the continuity of its Nuclear Program, by solving the budgetary problems.

Key words: Brazilian Nuclear Program. Navy Nuclear Program. Nuclear Energy. Nuclear Submarine.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	–	Estrutura Informal da área nuclear do MCT.....	61
FIGURA 2	–	Proposta de reestruturação da área nuclear do MCT.....	61
GRÁFICO 1	–	Evolução do orçamento do PDTN.....	62
GRÁFICO 2	–	Evolução do investimento anual no PNM.....	62
GRÁFICO 3	–	Evolução do investimento acumulado no PNM.....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS

AEPPN	Assessor Especial de Políticas e Programas Nucleares
AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
AMRJ	Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
BACS	Base Almirante Castro e Silva
CDTN	Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear
CEA	Centro Experimental de Aramar
C&T	Ciência e Tecnologia
CNAGEN	Centro Nacional para Gerenciamento de uma Situação de Emergência Nuclear
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisas
COPESP	Coordenadoria de Projetos Especiais
CP-PTCN	Comissão Permanente do Programa Técnico-Científico Nuclear
CTMSP	Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo
ELETRONUCLEAR	Eletronuclear S.A.
EMGEPRON	Empresa Gerencial de Projetos Navais
EUA	Estados Unidos da América
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GAB/MEPE	Gabinete do Ministro Extraordinário de Projetos Especiais
GSI/PR	Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República
GT	Grupo de Trabalho
IEA-R1	Reator Nuclear de Pesquisas nº 1, do IPEN
IEAv	Instituto de Estudos Avançados
IEN	Instituto de Energia Nuclear
IKL	Ingenieur Köntour Lübeck
IME	Instituto Militar de Engenharia
INB	Indústrias Nucleares do Brasil S.A.
IPE	Instituto de Pesquisa Especiais
IPEN	Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares
IRD	Instituto de Radioproteção e Dosimetria
LAB-GENE	Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica
MB	Marinha do Brasil
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MD	Ministério da Defesa
MEPE	Ministério Extraordinário de Projetos Especiais
MME	Ministério das Minas e Energia
MRE	Ministério das Relações Exteriores

MWe	Megawatt elétrico
NAE	Núcleo de Assuntos Estratégicos
NUCLEP	Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A.
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento
PATN	Programa Autônomo de Tecnologia Nuclear
PDN	Política de Defesa Nacional
PDTN	Programa de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear
PL	Projeto de Lei
PNB	Programa Nuclear Brasileiro
PNM	Programa Nuclear da Marinha
PPA	Plano Plurianual
PR	Presidência da República
PTCN	Programa Técnico-Científico Nuclear
PWR	<i>Pressurized Water Reactor</i>
RENAP	Reator Nuclear de Água Pressurizada
SAE/PR	Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República
SIPRON	Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro
SMB-10	Submarino da Marinha do Brasil 10
SNA	Submarino Nuclear de Ataque
SNac-I	Submarino Nacional de Ataque, de propulsão diesel-elétrica
SNac-II	Submarino Nacional de Ataque, de propulsão núcleo-elétrica
TNP	Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares
t	tonelada
UF <sub>6</sub>	Hexafluoreto de Urânio
UO <sub>2</sub>	Dióxido de Urânio
USEXA	Usina de Hexafluoreto de Urânio
USP	Universidade de São Paulo
UTS	Unidade de Trabalho Separativo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2 CONQUISTA DA INDEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA NA ÁREA NUCLEAR.....</b>	<b>13</b>
2.1 Questão estratégica e poder do Estado.....	14
2.2 Recursos humanos e materiais.....	18
2.3 Evolução histórica do Programa Nuclear Brasileiro.....	19
2.4 Críticas à situação atual.....	23
2.5 Sugestões para a condução do Programa Nuclear Brasileiro.....	26
<b>3 O PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA.....</b>	<b>31</b>
3.1 Questão estratégica.....	31
3.2 Breve descrição.....	33
3.3 Principais metas.....	37
3.4 Dificuldades atuais.....	39
<b>4 CONTRIBUIÇÃO DO PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA À CONQUISTA DA INDEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA NA ÁREA NUCLEAR.....</b>	<b>44</b>
4.1 Recursos humanos e materiais.....	45
4.2 Ciclo do combustível nuclear.....	47
4.3 Geração de energia núcleo-elétrica.....	49
4.4 Produção de radioisótopos e radiofármacos.....	50
4.5 Fortalecimento das empresas NUCLEP e INB.....	51
4.6 Arraste tecnológico .....	52
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE - ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO - O CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR.....</b>	<b>64</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O mundo industrializado do século XXI consome grandes quantidades de energia, proveniente de diversas fontes que, adequadamente combinadas, formam a matriz energética que contribui para a garantia das condições essenciais ao crescimento econômico dos povos industrializados. A energia nuclear assume papel de grande relevância estratégica por ser uma das poucas modalidades com potencial para substituir os combustíveis fósseis, que apresentam elevadas taxas de consumo e reservas conhecidas limitadas (CAMPBELL, 1997), e pela capacidade de contribuir para reduzir o indesejável efeito estufa que vem provocando o aquecimento global. A conquista da independência tecnológica na área nuclear, com aplicações em diversas áreas que extrapolam a geração núcleo-elétrica, inclusive com emprego dual, confere grandes poderes militar e econômico ao Estado, contribui para sua inserção no rol dos Estados desenvolvidos e para o bem-estar social e propicia condições necessárias ao acesso a um mercado de elevado interesse econômico. Por estes motivos, existem grandes interesses internacionais voltados à negação de tecnologias sensíveis aos Estados em desenvolvimento. Nos assuntos relacionados à tecnologia nuclear, a não-proliferação de armas é utilizada como argumento principal.

Em janeiro de 1977, o Vice-Presidente dos Estados Unidos da América (EUA), Walter Mondale, que se encontrava em viagem à Europa foi à Alemanha tratar, dentre outros assuntos, do acordo nuclear Brasil-Alemanha, sem o conhecimento do governo brasileiro, causando grande desconforto ao Ministério das Relações Exteriores (MRE). Na mesma época, o então Subsecretário de Estado para Assuntos Nucleares dos EUA, Joseph Nye, apresentou uma proposta às autoridades brasileiras: - em troca da desistência, por parte do Brasil, de dois itens do acordo com a Alemanha (instalação de usina de reprocessamento e enriquecimento de urânio), os EUA forneceriam combustível nuclear para os reatores brasileiros. Alguns jornais afirmavam que o Presidente Jimmy Carter desejava impedir que o acordo nuclear Brasil-Alemanha fosse cumprido conforme tinha sido estabelecido (VEJA, 1977). A proposta norte-americana desejava impedir o acesso do Brasil às tecnologias que permitiriam o domínio do ciclo do combustível nuclear e viabilizariam a fabricação nacional do combustível necessário às centrais nucleares de Angra dos Reis. Oferecia, em contrapartida, a eterna dependência dos EUA no que se refere à aquisição de combustível para os reatores nucleares brasileiros.

Ao final da década de setenta, após perceber que o domínio das tecnologias

nucleares necessárias ao Estado não seria obtido por meio do contrato Brasil-Alemanha, em função da negação do acesso às tecnologias estratégicas e sensíveis, por parte dos Estados desenvolvidos, o governo brasileiro decidiu criar um programa nuclear paralelo, denominado Programa Autônomo de Tecnologia Nuclear (PATN). Nos dez primeiros anos de existência, o Programa Autônomo, renomeado Programa de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (PDTN), que contava com a participação de institutos militares<sup>1</sup> e de um instituto<sup>2</sup> da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), acumulou grandes conquistas, com destaque ao domínio da tecnologia de enriquecimento de urânio<sup>3</sup>, oficialmente anunciado pelo governo brasileiro em setembro de 1987. Segundo Alves (1987, p. I.5-I.6), na década de oitenta surgiram pressões externas provocadas pelos EUA e pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). Tais pressões tinham o propósito de bloquear o acesso às tecnologias nucleares sensíveis e ganharam força ao final da década, com o surgimento de críticas de ambientalistas brasileiros, baseadas na retórica da não-proliferação de armas nucleares. A partir do final dos anos oitenta, os governos brasileiros que se seguiram passaram a reduzir, progressivamente, os investimentos no programa nuclear. O PDTN viu-se obrigado a rever a aplicação de seus recursos e a cancelar atividades inicialmente previstas, tendo optado por continuar a apoiar, apenas, o Programa Nuclear da Marinha (PNM)<sup>4</sup>, em função dos resultados apresentados. Com o passar dos anos, o aporte de recursos do PDTN ao PNM atingiu níveis irrisórios, em função das restrições orçamentárias impostas pelo Plano Plurianual (PPA) do Governo Federal, que também atingiram a Marinha do Brasil (MB).

Em 2003, a MB informava, em sua página na Internet, que o orçamento aprovado era insuficiente para cobrir até mesmo os custos fixos do PNM (mão-de-obra e custeio), da ordem de cinquenta milhões de reais, o que tornava inviável sua manutenção ou sua conclusão (BRASIL, 2003).

O insuficiente aporte de recursos ao PNM tem gerado significativos atrasos ao cumprimento de suas principais metas<sup>5</sup> e está colocando em risco a sua continuidade, apesar dos constantes esforços realizados pelo Comando da Marinha para preservá-lo, com possíveis

---

<sup>1</sup> Institutos militares que participavam do PDTN: Coordenadoria de Projetos Especiais (COPESP), Instituto de Pesquisa Especiais (IPE) e Instituto de Estudos Avançados (IEAv).

<sup>2</sup> Instituto da CNEN que participava do PDTN: Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares (IPEN).

<sup>3</sup> O PDTN obteve o domínio de todas as fases do ciclo do combustível nuclear, inclusive a tecnologia de enriquecimento isotópico de urânio por ultracentrifugação, etapa de maior valor agregado do ciclo do combustível nuclear.

<sup>4</sup> Conduzido pela COPESP, organização que, posteriormente, teve seu nome alterado para Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP).

<sup>5</sup> Principais metas do PNM: a conclusão da Usina de Hexafluoreto de Urânio (USEXA), a construção do Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica (LAB-GENE), o contrato com a Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB) para o fornecimento de ultracentrifugas para a fábrica de enriquecimento de urânio e a futura construção do Submarino Nuclear de Ataque (SNA).

consequências à conquista da independência tecnológica na área nuclear.

A Constituição Federal de 1988, em seu Art. 21 inciso XXIII, reconhece o caráter estratégico da energia nuclear, ao estabelecer o monopólio da União sobre:

[...] a pesquisa, a lavra, o enriquecimento, o reprocessamento; a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados, atendidos os seguintes princípios e condições: a) toda atividade em território nacional somente será admitida para fins pacíficos e mediante aprovação do Congresso Nacional [...] (BRASIL, 1988).

No que concerne a vertente militar de aplicação da energia nuclear<sup>6</sup>, na concepção estratégica da MB expressa pelo seu último Comandante (CARVALHO, 2006), a disponibilidade de submarinos com propulsão nuclear acrescentará nova dimensão ao Poder Naval<sup>7</sup> Brasileiro. Os SNA garantem invejável capacidade de dissuasão e colocam o Poder Naval à altura das necessidades resultantes da missão constitucional da Força.

A relevância do tema abordado reside na identificação da vinculação entre o PNM e a conquista da independência tecnológica na área nuclear levando, por consequência, à identificação dos benefícios oriundos do sucesso do empreendimento e dos óbices que seriam gerados, com a eventual paralisação do PNM. Os questionamentos que se apresentam são: De que forma será conquistada a independência tecnológica na área nuclear pelo Brasil? Quais dificuldades afetam, atualmente, o PNM e colocam em risco a sua continuidade? Qual a relevância do PNM para a conquista da independência tecnológica na área nuclear, levando-se em consideração suas principais contribuições?

As respostas desejadas foram obtidas por meio de pesquisa bibliográfica e documental por técnicas indiretas (ZENTGRAF, 2006, p. 51), e pela aplicação do método de abordagem dedutivo (MARCONI; LAKATOS, 2005, p. 91), que permitiram: identificar a situação atual do Programa Nuclear Brasileiro (PNB), com foco na conquista da independência tecnológica na área nuclear e com a apresentação de sugestões para a sua condução; identificar a situação atual do PNM, com foco nas suas metas e dificuldades que colocam em risco sua continuidade e com a apresentação de sugestões que visam a minimizá-las; e avaliar a relevância do PNM para a conquista da independência tecnológica na área

<sup>6</sup> Para fins pacíficos e não vinculada à proliferação.

<sup>7</sup> Poder Naval é a parte integrante do Poder Marítimo capacitada a atuar militarmente no mar, em águas interiores e em certas áreas terrestres limitadas de interesse para as operações navais, incluindo o espaço aéreo sobrejacente. O Poder Naval inclui as forças e os meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais, com suas instalações e bases.

Poder Marítimo resulta da integração dos recursos de que dispõe a Nação para a utilização do mar e das águas interiores, quer como instrumento de ação política e militar, quer como fator de desenvolvimento econômico e social, visando a conquistar e a manter os objetivos nacionais.

Poder Nacional é a capacidade que tem o conjunto dos homens e dos meios que constituem a Nação, atuando em conformidade com a vontade nacional, de alcançar e manter os objetivos nacionais (BRASIL, 2007b).

nuclear, levando-se em consideração suas principais contribuições.

De modo a registrar as informações obtidas e as avaliações decorrentes, este documento foi estruturado em cinco capítulos. O segundo capítulo aborda o PNB, no seu contexto mais amplo, e apresenta os motivos que levam à busca da conquista da independência tecnológica na área nuclear, os recursos fundamentais para tal conquista, informações sobre sua evolução histórica, críticas sobre a situação atual e sugestões para sua condução. O terceiro capítulo aborda o PNM e apresenta os motivos que levaram à busca por um submarino nuclear, uma breve descrição do programa, principais metas e dificuldades atuais. O quarto capítulo apresenta uma avaliação das contribuições do PNM à conquista da independência tecnológica na área nuclear e sua inserção no PNB. Tal avaliação compreende aspectos relacionados aos recursos humanos e materiais, ao ciclo do combustível nuclear, à geração de energia núcleo-elétrica, à produção de radioisótopos e radiofármacos, ao fortalecimento das empresas públicas Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (NUCLEP) e INB e ao arraste tecnológico induzido pelo PNM. O quinto capítulo apresenta as conclusões obtidas quanto à relevância do PNM e aos reflexos de seu eventual cancelamento para a conquista da independência tecnológica na área nuclear. Apresenta, ainda, sugestões quanto à estrutura de coordenação do PNB e às fontes de recursos orçamentários para o PNB e PNM.

## 2 CONQUISTA DA INDEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA NA ÁREA NUCLEAR

O conhecimento científico e tecnológico é a base para o desenvolvimento dos Estados que têm a pretensão de alcançar uma posição de destaque no cenário internacional, quer seja no campo político, econômico ou militar. Os produtos e serviços com maior valor agregado, usualmente, são aqueles que foram obtidos por meio de processos científico-tecnológicos sofisticados que envolvem um elevado grau de conhecimento. Os Estados que dominam tais processos e possuem a tecnologia para o desenvolvimento desses produtos e serviços acabam por obter grandes vantagens no comércio internacional. São, também, os que apresentam melhor desempenho econômico, uma vez que os insumos e produtos básicos não conseguem propiciar taxas de retorno similares. Este desempenho econômico, se adequadamente explorado, pode conduzir ao desenvolvimento do bem-estar social, tão almejado pelas sociedades capitalistas contemporâneas. Por estes motivos, vários Estados têm buscado trilhar o caminho do conhecimento científico, investindo pesadamente na capacitação de seus recursos humanos, na adequação de escolas, institutos de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico. Não basta, entretanto, investir apenas na produção de ciência<sup>1</sup>. É necessário que os conhecimentos científicos adquiridos sejam transformados em tecnologia<sup>2</sup> e que esta tecnologia seja aplicada à obtenção de inovações<sup>3</sup> que, por sua vez, são os elementos geradores do bem-estar social. Mecanismos de financiamento têm sido criados, de modo a incentivar a busca por novos conhecimentos e tecnologias que possam vir a gerar inovações, preferencialmente com elevado valor agregado.

Esses conceitos podem ser aplicados à física atômica, como ciência básica voltada ao conhecimento do átomo, e à engenharia nuclear, com foco no desenvolvimento de tecnologias e processos que permitam o domínio da tecnologia nuclear para uso na geração de energia elétrica, na indústria, na medicina, e em aplicações militares, voltada à busca de inovações que venham a contribuir para a melhoria das condições de vida da sociedade.

---

<sup>1</sup> Ciência é o conjunto de conhecimentos socialmente adquiridos ou produzidos, historicamente acumulados, dotados de universalidade e objetividade que permitem sua transmissão, estruturados com métodos, teorias e linguagem próprias, que visam compreender e orientar a natureza e as atividades humanas (FERREIRA, 1999, p. 469).

<sup>2</sup> Tecnologia é o conjunto de conhecimentos, especialmente princípios científicos, que se aplicam a um determinado ramo de atividade (FERREIRA, 1999, p. 1935). Tem caráter essencialmente prático.

<sup>3</sup> Inovação tecnológica de produto ou processo é a introdução de produtos ou processos tecnologicamente novos e melhorias significativas em produtos e processos existentes (BRASIL, 2002, p. 16).

Conquistar “A Independência Tecnológica Brasileira na Área Nuclear” significa dotar o Estado de materiais, instrumentos, instalações capacitadas e recursos humanos adequadamente preparados à condução do PNB, com base nas diretrizes de uma política nacional de energia nuclear, com capacidade para transformar, por meios próprios, os recursos minerais disponíveis em elementos combustíveis, radioisótopos e radiofármacos, que possam ser aplicados em componentes, equipamentos e sistemas para uso na geração de energia elétrica, na indústria, na medicina e em aplicações militares. Tal conquista pressupõe a capacidade para projetar e construir os componentes, equipamentos e sistemas necessários à condução dos projetos de interesse, sempre que a nacionalização se mostre necessária ou vantajosa. Não inclui pretensões de total afastamento do mercado internacional, mas, sim, de permitir a melhor escolha entre importação ou nacionalização, de modo a viabilizar as aspirações nacionais na área nuclear. Conquistar a independência tecnológica nada tem a ver com o isolamento em termos técnico-científicos, o que deve ser evitado, por exemplo, por meio da promoção de acordos de cooperação internacional, mas, sim, com a capacidade de tomar decisões de interesse do Estado, de forma autônoma, no momento oportuno, com relação à condução da política nuclear, respeitando as legislações e acordos internacionais em vigor, implantando as ações decorrentes por meios próprios e preservando a soberania nacional.

## **2.1 Questão estratégica e poder do Estado**

O Brasil, por razões históricas que remontam à época do colonialismo, nasceu como um Estado voltado à agropecuária e à exploração de recursos naturais. O processo de industrialização começou com grande defasagem em relação aos Estados do hemisfério norte, em especial aos europeus e aos EUA. O Brasil deixou de investir em ciência e tecnologia (C&T) por muitos anos. Quando se perceberam os benefícios sociais oriundos do desenvolvimento, optou-se por uma solução imediatista, em detrimento da implantação de um processo de busca interna do conhecimento técnico-científico, para a implantação das indústrias de base. O governo facilitou a entrada de empresas estrangeiras que passaram a utilizar a matéria prima nacional para a produção, no País, de grande parte dos produtos desejados. Todavia, as empresas multinacionais não trouxeram, juntamente com a capacidade produtiva, os departamentos de engenharia para a pesquisa e desenvolvimento de seus produtos, que permaneceram em seus países de origem. Tais departamentos apenas se limitavam a despachar “receitas de bolo” para os setores de produção, no Brasil. De modo a

atenuar esta deficiência, buscou-se a transferência de tecnologia em diversas áreas. Na grande maioria dos casos, esta alternativa mostrou-se ineficiente ou, até mesmo, nula. O Brasil viu crescer um grande parque industrial, sem a capacidade de desenvolver ciência e criar tecnologias que gerassem inovações. O problema foi parcialmente identificado e inúmeras faculdades foram criadas, porém as pesquisas acadêmicas não estavam inseridas em projetos de interesse industrial, não recebendo os aportes de recursos necessários. Os resultados das pesquisas básicas não se transformavam em benefício à sociedade. Este processo causou grandes vulnerabilidades tecnológicas, dentre as quais algumas persistem até os dias atuais, como as associadas às áreas da informática, comunicações, medicamentos, energia nuclear e espacial. Este quadro foi agravado pela ausência ou descontinuidade de políticas públicas voltadas a fomentar o desenvolvimento em setores estratégicos.

Por meio da exportação de produtos e serviços, com elevados valores agregados, o Brasil poderá alcançar posições de maior destaque no comércio internacional, obtendo resultados ainda melhores em sua balança comercial. Estes produtos e serviços somente serão obtidos com planejamento e investimentos voltados à produção dos conhecimentos e tecnologias geradoras de inovações.

O cenário apresentado aplica-se, também, à área nuclear, pelo elevado valor agregado dos materiais e serviços utilizados nos equipamentos e processos industriais. A busca pelo domínio do ciclo do combustível nuclear levou a MB ao desenvolvimento de tecnologias de ponta, como a do enriquecimento do urânio. Contudo, cabe ressaltar que o uso dual do enriquecimento do urânio contribui para a negação de acesso aos conhecimentos e bens sensíveis.

A colaboração com a AIEA e a adesão ao Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP) deveriam garantir aos Estados signatários o acesso às tecnologias de uso pacífico da energia nuclear. Isto não se tem verificado no caso do Brasil e, ao contrário, os argumentos relacionados à não-proliferação têm sido sistematicamente utilizados para dificultar, de todos os modos, o acesso ao domínio da tecnologia nuclear.

Alves<sup>4</sup> apresenta os seguintes comentários com relação à importância estratégica da energia nuclear e às barreiras tecnológicas impostas pelo restrito grupo de Estados que desejam preservar suas supremacias:

---

<sup>4</sup> Rex Nazaré Alves, reconhecida autoridade em assuntos relacionados à área nuclear, é físico, engenheiro nuclear, doutor em física, professor em engenharia nuclear, ex-diretor do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), ex-presidente da CNEN, ex-representante do Brasil junto à AIEA e consultor do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (GSI/PR).

Fica, portanto, evidente que as implicações desta escalada de imposições de controle não se esgotam no plano estritamente político, pelo que representam como fatores de continuidade do oligopólio nuclear. Elas se estendem, igualmente de forma significativa, à área econômica, ao colocar óbices e provocar atrasos no esforço autônomo de capacitação em uma tecnologia de ponta. Tecnologia essa propulsora do desenvolvimento econômico como insumo energético e de amplos efeitos multiplicadores no aperfeiçoamento global da indústria, em função do alto grau de sofisticação dos equipamentos e processos que requer, além de proporcionar relevantes desdobramentos sociais de suas aplicações na saúde e na agricultura (ALVES, 1987, p. 6).

Apesar das vulnerabilidades estratégicas geradas pela opção<sup>5</sup> adotada pelo Brasil, passou-se a contar com um razoável parque industrial que, por sua vez, aumentou a demanda por uma infra-estrutura adequada, com destaque para o fornecimento de energia.

O problema energético que poderia, a princípio, ser identificado como um óbice ao crescimento do Estado constitui, na prática, um grande incentivo ao desenvolvimento e à aplicação da energia nuclear para a geração de energia elétrica. De modo a viabilizar um crescimento anual da ordem de 4,5%, meta atual do Governo Federal<sup>6</sup>, há que se pensar num complemento à matriz energética, que possa vir a suprir a expectativa de demanda. Dentre as alternativas viáveis, a energia núcleo-elétrica apresenta-se como uma das mais promissoras pela grande disponibilidade de minério de urânio, pelo bom domínio das tecnologias do enriquecimento do urânio para utilização na geração de energia núcleo-elétrica, por não contribuir para o efeito estufa, pelo custo competitivo da energia<sup>7</sup>, por ser muito reduzida a sua inserção na matriz energética nacional e, em especial, para a região Nordeste que possui recursos hídricos limitados. Cerca de 16% do total da energia elétrica produzida no mundo, em 1999, foi de origem nuclear e cerca de 18% foi de origem hidrelétrica (SOUZA, 2000, p. 10). No Brasil, em 2005, os valores correspondentes foram de 2,3% e 83,9%, respectivamente (ZIMMERMANN, 2007).

O problema energético e o domínio de tecnologias de uso dual, como a nuclear, são abordados na Política de Defesa Nacional (PDN), que estabelece como pontos estratégicos para o Estado, dentre outros, os seguintes:

O contínuo desenvolvimento brasileiro traz implicações crescentes para o campo energético com reflexos em sua segurança. Cabe ao País assegurar matriz energética

---

<sup>5</sup> Facilitação da entrada de empresas estrangeiras que não trouxeram seus departamentos de pesquisa e desenvolvimento; busca pela transferência de tecnologia do exterior no lugar de investimentos para desenvolver tecnologia própria; e realização de pesquisa básica não associada ao desenvolvimento tecnológico.

<sup>6</sup> Para 2007, espera-se um crescimento real do PIB de 4,5%. Para o triênio 2008-2010, espera-se a taxa de crescimento real anual para o PIB de 5,0%. (BRASIL, 2007c).

<sup>7</sup> Preço médio do MW/h: R\$ 151,60 (usina nuclear), R\$ 175,00 (usina termelétrica a gás natural). Custos de construção (capacidade 1000 MW): ≈ US\$ 2 bilhões, nuclear ou gás (ORDOÑEZ, 2007).



diversificada que explore as potencialidades de todos os recursos naturais disponíveis (BRASIL, 2005, p. 8).

O fortalecimento da capacitação do País no campo da defesa é essencial e deve ser obtido com o envolvimento permanente dos setores governamental, industrial e acadêmico, voltados à produção científica e tecnológica e para a inovação. O desenvolvimento da indústria de defesa, incluindo o domínio de tecnologias de uso dual, é fundamental para alcançar o abastecimento seguro e previsível de materiais e serviços de defesa (BRASIL, 2005, p. 11).

Devem ser observadas as seguintes diretrizes estratégicas: [...] fortalecer a infraestrutura de valor estratégico para a Defesa Nacional, prioritariamente a de transporte, energia e comunicações; [...] (BRASIL, 2005, p. 13).

Observa-se que os assuntos relacionados ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia na área da energia nuclear são considerados estratégicos ao Estado, não podendo o Brasil ficar refém de interesses e políticas internacionais como em 1978 quando, devido a mudanças na política interna dos EUA, ocorreu a suspensão do fornecimento de combustível nuclear para a central ANGRA I e para os reatores de pesquisa dos institutos da CNEN (ALVES, 1987, p. 12). Sendo o Brasil detentor de importante vantagem estratégica por possuir a sexta maior reserva em jazidas de urânio no planeta (LAKO; KETS, 2006), o domínio do ciclo do combustível nuclear deve ser consolidado em escala industrial, de modo a contribuir para que o Estado possa produzir energia núcleo-elétrica por muitos anos e, se necessário, optar pela exportação de elemento combustível pronto para uso em reatores, por constituir produto com elevado valor agregado quando comparado ao minério natural ou ao “yellowcake”<sup>8</sup>. A capacidade para projetar e construir reatores nucleares de pesquisa e de potência é, também, indispensável para que o Brasil possa tornar-se autônomo na produção de energia núcleo-elétrica.

São, ainda, consideradas estratégicas para o Estado as aplicações da energia nuclear na medicina, na indústria e na agricultura, pelas contribuições ao bem-estar da sociedade e dimensão econômica do mercado que movimentam.

A conquista da independência tecnológica na área nuclear concederá grande poder ao Estado, pelas importâncias estratégicas das suas componentes militar<sup>9</sup> e civil. A componente militar no Sistema Internacional contribui para a autonomia política e defesa dos interesses nacionais. A componente civil contribui para que o Brasil possa disputar o mercado internacional, vindo a se capacitar para exportar combustível e reatores nucleares que poderão auxiliar na redução das emissões de carbono, em nível global, e para o desenvolvimento

---

<sup>8</sup> O “yellowcake” ( $U_3O_8$ ) é um sal de urânio, de cor amarela, purificado e concentrado, obtido do minério bruto de urânio, por meio de processos químicos e de separação mecânica (BRASIL, 2007d).

<sup>9</sup> Entende-se por componente militar a que está voltada às aplicações da energia nuclear não-vinculadas à proliferação de artefatos. No contexto do PNM, trata-se do programa para a obtenção de planta de propulsão naval à energia núcleo-elétrica, destinada a submarinos da Marinha do Brasil.

econômico do Estado.

## **2.2 Recursos humanos e materiais**

No homem, repousa toda a base do conhecimento científico e tecnológico. Conseqüentemente, o primeiro passo para conquistar a independência em qualquer área de conhecimento inclui, obrigatoriamente, a formação profissional e a motivação adequadas e compatíveis com os desafios que deverão ser enfrentados.

Na segunda metade da década de setenta, ainda no escopo do Contrato Brasil-Alemanha, foram intensificadas as ações para a expansão da base de pesquisadores para atuação na área nuclear. À época, inúmeros profissionais concluíram seus cursos de mestrado e doutorado, no Brasil e no exterior. O Contrato previa, inicialmente, a construção de oito centrais nucleares que seriam construídas por empresa nacional. Muitos profissionais foram contratados para trabalhar na CNEN e em seus diversos institutos de pesquisas e na Nuclebrás. O programa chegou a contar com mais de 10 mil pessoas (VIANA, 1995, p. 36). No início da década de oitenta, com a decisão pelo PATN, novos esforços foram realizados para a capacitação de pessoal que viesse a atuar nos institutos militares e no IPEN. Posteriormente, com o cancelamento das obras previstas no Contrato Brasil-Alemanha, para a construção de novas centrais nucleares, e com a significativa redução do ritmo dos programas a cargo do PDTN, a formação de pessoal na área nuclear sofreu sensível decréscimo, principalmente pela falta de perspectiva no mercado de trabalho. Transcorridos mais de vinte anos da expansão da base de profissionais, em função do contrato Brasil-Alemanha, muitos pesquisadores deixaram de atuar na área por motivos diversos. No entanto, o Brasil ainda tem uma massa crítica de pesquisadores e profissionais qualificados e experientes que podem atuar como multiplicadores de conhecimento. Cabe ressaltar que muitos desses profissionais estão numa faixa etária que os aproxima da aposentadoria. Faz-se necessário investir na formação de novos profissionais que possam absorver os conhecimentos adquiridos ao longo de muitos anos de trabalho. O processo de transmissão de conhecimento é lento e requer a motivação de jovens técnicos, o que somente será possível com a criação de novas oportunidades, com a possibilidade de realização profissional pela participação em projetos motivadores, como os que foram alavancados ao final da década de setenta e início da década de oitenta.

O Governo Federal, que tem a responsabilidade pela coordenação e execução das atividades nucleares no Brasil, atuando por meio do Ministério da Ciência e Tecnologia

(MCT) e da CNEN, precisa cuidar da motivação dos profissionais que trabalham na área nuclear e do fomento à formação de novos profissionais, intensificando as medidas em curso e gerando políticas e mecanismos que possam atender às necessidades apontadas. Nesse aspecto, torna-se fundamental o apoio às pesquisas e programas desenvolvidos pelos principais órgãos de formação de pessoal na área nuclear: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN); Instituto de Energia Nuclear (IEN); Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN); IRD; e Instituto Militar de Engenharia (IME). Este apoio pode ser obtido por meio da implantação de políticas adequadas para a concessão de bolsas e incentivos a novos talentos com a premiação de trabalhos, de auxílio à consolidação de grupos de pesquisa e redes de desenvolvimento que promovam a integração e interligação dos centros de excelência na área nuclear, de investimentos na especialização dos profissionais existentes, de fomento a convênios internacionais para a participação conjunta em atividades de interesse do setor e da popularização de informações sobre a energia nuclear e sua relevância à sociedade, nas escolas e faculdades, buscando a motivação de jovens profissionais e o reconhecimento da população. A não-observância à questão dos recursos humanos colocará em risco a continuidade dos programas existentes com reflexos, inclusive, na área da segurança das instalações nucleares.

No que diz respeito aos recursos materiais, o PNB conta, hoje, com uma razoável estrutura composta, principalmente, pelos seguintes integrantes: em nível ministerial pela coordenação do Programa Técnico-Científico Nuclear (PTCN) do MCT; CNEN com seus institutos e centros (destacando-se os IPEN, IEN, IRD, CDTN, além dos Centros Regionais de Ciências Nucleares); empresas do setor nuclear (Eletrobrás Termonuclear S.A. (ELETRONUCLEAR), INB e NUCLEP); e institutos militares (CTMSP, IEAv e IPE). Os órgãos integrantes têm passado por dificuldades orçamentárias que restringem a execução dos programas planejados. Às custas de grandes esforços e busca constante para a superação, a quase totalidade ainda detém a qualificação e material necessários à realização de seus trabalhos. A renovação e atualização das instalações e equipamentos devem ser objeto de constante atenção e investimentos, de modo a preservar e, se possível, expandir a capacitação do setor.

### **2.3 Evolução histórica do Programa Nuclear Brasileiro**

No Brasil, os primeiros estudos na área da energia nuclear datam da década de trinta, nas faculdades de física e engenharia. Apesar de relevantes contribuições do Almirante

Álvaro Alberto<sup>10</sup>, somente em 1971 foram realizados estudos para a implantação de um programa nacional de geração de energia núcleo-elétrica em larga escala, para suprir a crescente demanda energética. Como consequência destes estudos foi realizada a aquisição da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (ANGRA I), da empresa norte-americana Westinghouse, sem prever a transferência de tecnologia. Divergências políticas entre interesses do Brasil e dos EUA culminaram com a suspensão do fornecimento de combustível para a central ANGRA I e a decisão do governo brasileiro de buscar uma nova alternativa para a expansão da geração núcleo-elétrica e para a aquisição da tecnologia do ciclo do combustível nuclear. Em 27 de junho de 1975, foi assinado o Acordo Nuclear Brasil-Alemanha. Por pressões políticas dos EUA, os alemães não transferiram a tão almejada tecnologia do enriquecimento do urânio por ultracentrifugação, propondo como alternativa a tecnologia por jato centrífugo que, posteriormente, mostrou-se inexequível. Em função de dificuldades financeiras, o Brasil foi obrigado a rever a meta inicial de obtenção de oito centrais nucleares e o ganho tecnológico ficou muito abaixo do pretendido. O programa deixou como grande legado uma estrutura de organizações com razoável massa crítica de pesquisadores, que perceberam a necessidade estratégica do domínio do ciclo do combustível nuclear, alinhando interesses com militares que buscavam soluções autônomas para a conquista da independência tecnológica na área nuclear (RODRIGUES, 2006).

Ao final da década de setenta, o governo brasileiro passou a apoiar o PATN, programa independente de qualquer auxílio externo, baseado em uma capacitação nuclear própria que, mesmo incipiente, existia no Brasil. O programa foi ativado em decorrência das restrições que o desenvolvimento nuclear encontrava no cenário internacional, com negações de acesso fundamentadas em argumentos de preocupação militar, mas que visavam manter a dependência nesta área sensível e pretendiam evitar a concorrência no mercado nuclear. De modo a evitar que esse programa viesse a causar qualquer interferência com os acordos em vigor, colocados sob salvaguardas internacionais, foram escolhidos para conduzi-lo o IPEN, em São Paulo, e os institutos militares de pesquisa. Essas organizações não participavam dos acordos em andamento e ofereciam a vantagem de um grau de continuidade e discrição adequadas a esse tipo de pesquisa. Não estavam contempladas, no PATN, as atividades industriais resultantes do Acordo Brasil-Alemanha, nem as atividades correlatas às competências legais da CNEN, à exceção daquelas ligadas, especificamente, ao apoio

---

<sup>10</sup> Contribuições do Almirante Álvaro Alberto à área nuclear: a implantação de políticas para a defesa dos interesses nacionais referentes à exportação de minérios nucleares; a criação do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq); as tentativas para a obtenção de tecnologia no exterior; e as fundações dos primeiros institutos de pesquisa na área nuclear.

prestado pela Comissão aos institutos militares e ao IPEN. O PATN ganhou força no início dos anos oitenta, com a finalidade de estruturar os projetos físico-financeiros das atividades de pesquisa e desenvolvimento no campo nuclear, estabelecendo metas específicas a serem alcançadas dentro de um determinado cronograma (RUIVO; NOGUEIRA, 2003, p. 2).

Segundo Alves (1987, p. 15), o PATN nasceu voltado à conquista da independência tecnológica na área nuclear, visando ao pleno atendimento das necessidades brasileiras, estando sujeito aos seguintes condicionantes: - competências existentes à época, no Brasil; - limitações orçamentárias e financeiras; - necessidade de engajamento do setor industrial privado e presença de considerável quantidade de multinacionais; e - necessidade de preservação do sigilo em nível apropriado, a fim de evitar pressões externas e negações de materiais e equipamentos. Os macroobjetivos do PATN englobavam: - o uso da energia nuclear para fins pacíficos; - a garantia da segurança das centrais e instalações nucleares e radioativas, preservando a saúde do homem e o meio ambiente; - a utilização de técnicas nucleares na saúde, na indústria e na agropecuária; - o desenvolvimento de tecnologias próprias visando à redução de vulnerabilidades, em particular em áreas sensíveis e de materiais; - a obtenção de alternativas nacionais para a importação de radioisótopos, materiais, equipamentos e instrumentação; - o controle de reservas e o estabelecimento de estoques de minerais nucleares; - a agregação de valor aos minerais nacionais que, somente passariam a ser exportados após o processamento tecnológico; - a conquista do domínio tecnológico dos processos com a construção de instalações em escala semi-industrial; - o adequado confinamento dos rejeitos nucleares; e - a garantia da capacidade de autodeterminação e de convívio com os demais Estados, em termos de igualdade de direitos.

Os macroobjetivos foram, então, desdobrados em objetivos específicos que, por sua vez, foram desdobrados em projetos e ações estruturadas de modo a otimizar a alocação dos recursos e coordenar os esforços das diversas organizações envolvidas no programa. Dentre os principais objetivos, destacam-se: - o domínio do ciclo do combustível nuclear; - a capacitação tecnológica para projetar, construir e operar reatores nucleares de potência; e - o preparo dos recursos humanos adequados à continuidade e ao avanço das atividades nos dois campos mencionados.

Para cuidar dos aspectos relacionados à segurança das centrais e instalações nucleares e radioativas foi instituído o Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro (SIPRON), com o objetivo de “assegurar o planejamento integrado, coordenar a ação conjunta e a execução continuada de providências que visem a atender às necessidades de segurança do Programa Nuclear Brasileiro e de seu pessoal, bem como da população e do meio ambiente

com ele relacionados” (BRASIL, 1980).

Não obstante o sucesso alcançado ao desenvolver tecnologia de ponta e disponível a poucos Estados, restrições orçamentárias foram impostas ao PATN ao final da década de oitenta.

Em 1996, as atividades nucleares brasileiras estavam divididas em dois segmentos: - o da geração de energia, colocado sob o controle do Ministério das Minas e Energia (MME), inicialmente por meio da empresa Furnas e, posteriormente, da empresa ELETRONUCLEAR<sup>11</sup>; e - o da pesquisa e desenvolvimento, sob a supervisão da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR). O segmento de pesquisa e desenvolvimento nuclear foi dividido em duas vertentes: - a que mantinha os mesmos objetivos do Programa Autônomo, recebendo recursos orçamentários da SAE/PR e aplicando-os em pesquisas e desenvolvimentos executados pelos institutos militares e subordinados à CNEN; e - a que englobava as atividades das empresas originárias do Acordo Brasil-Alemanha (NUCLEP e INB, vinculadas à CNEN) e dos institutos subordinados àquela Comissão, nas atividades extra PDTN, com recursos orçamentários próprios.

Com a extinção da SAE/PR, em 01 de janeiro de 1999, as atividades de pesquisa e desenvolvimento na área nuclear foram transferidas para o Gabinete do Ministro Extraordinário de Projetos Especiais (GAB/MEPE). Em 16 de julho de 1999, durante a elaboração do PPA 2000/2003, ocorreu a extinção do Ministério Extraordinário de Projetos Especiais (MEPE), passando o PDTN para a responsabilidade do MCT. Estes fatos prejudicaram o PDTN, uma vez que o programa passou a disputar recursos do PPA com todos os outros programas e ações, contribuindo para cortes orçamentários nos exercícios que se seguiram. O orçamento decrescente desde o final dos anos oitenta, de acordo com o GRÁF. 1 do APÊNDICE, passou a interferir com sua capacidade de cumprir a missão originariamente concebida. Diversos ajustes tiveram que ser implantados. O programa teve seu escopo reduzido permanecendo ativo, apenas, o PNM. Apesar de o PDTN ter passado à responsabilidade do MCT, com as atribuições previamente exercidas pela SAE/PR, a “Estrutura Regimental” formal do MCT nunca refletiu a estrutura existente, na prática, para a área nuclear, retratando a baixa prioridade dada ao programa. Durante todos esses anos, as atividades nucleares daquele Ministério foram realizadas de acordo com uma estrutura informal, apresentada na FIG. 1 do APÊNDICE, ainda existente até os dias de hoje (RUIVO; NOGUEIRA, 2003).

A transferência da coordenação do programa para o MCT, a baixa prioridade dada

---

<sup>11</sup> A ELETRONUCLEAR foi criada em 1997.

ao programa e a inclusão de seu orçamento no PPA contribuíram, de forma significativa, para a forte redução no ritmo dos trabalhos.

## 2.4 Críticas à situação atual

Em 20/03/1992, o Poder Executivo encaminhou à apreciação do Congresso Nacional o Projeto de Lei (PL) nº. 2501/92, que dispõe sobre a Política Nacional de Energia Nuclear, priorizando a tecnologia nacional e prevendo a obrigatoriedade de um planejamento integrado e aprovado pelo Estado. O Projeto, após ter sido apreciado pelas Comissão de Minas e Energia, Comissão de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática, Comissão de Relações Exteriores e de Defesa Nacional, e Comissão de Defesa do Consumidor, Meio Ambiente e Minorias encontra-se, atualmente, em tramitação na Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania. Passou por vários Relatores e recebeu diversas Emendas, sendo o Deputado Sérgio Miranda o atual Relator, desde 10/04/2003. O PL prevê a elaboração de um Plano Decenal de Atividades Nucleares, definindo objetivos e metas a serem alcançadas nas áreas de energia, indústria e saúde, com cronogramas e recursos para o desenvolvimento das ações programadas.

A inexplicável demora na aprovação do PL nº. 2501/92 bem retrata a importância dada à área nuclear pelos sucessivos governos desde 1992, apesar dos constantes esforços realizados por grupos que defendem a recuperação do setor. Dessa forma, hoje, o Brasil não possui uma Política Nuclear atualizada e formalmente aprovada, tanto pelo Governo Federal quanto pelo Congresso Nacional, que dê o necessário suporte às diversas atividades que vêm sendo desenvolvidas.

Segundo Rabello (2007a, p. 1):

Apesar dos grandes investimentos feitos na área nuclear, grandes e importantes empreendimentos estão paralisados ou em desenvolvimento lento, impedindo a consolidação da indústria e da engenharia nuclear. [...] Atualmente, pode-se afirmar, não há um programa nuclear em desenvolvimento no País, fruto de um planejamento, de uma visão estratégica, que tenha consistência e consequência e que seja um objetivo nacional permanente a ser perseguido por qualquer que seja o governo.

A ausência de uma estrutura formal para a área nuclear do MCT<sup>12</sup>, com a definição clara de atribuições, responsabilidades e relações externas, principalmente no que

<sup>12</sup> Por força da competência atribuída em conformidade com o art. 27, inciso IV, da Lei nº. 10.683, de 28 de maio de 2003, o MCT é o órgão governamental responsável pelo estabelecimento da Política Nuclear nacional e, conseqüentemente, pela coordenação do PNB.

diz respeito à CNEN, seus institutos e empresas, tem dificultado os trabalhos de coordenação do PNB, prejudicando a execução integrada e articulada, de forma a minimizar os gastos e maximizar os resultados. A coordenação do PTCN não tem tido o respaldo político necessário para que possa atuar, de fato, como elemento gerador de política nacional e coordenador de programa.

A coordenação integrada do PNB envolve ações que afetam, principalmente, setores dos seguintes ministérios: - MME, por conta das atividades da ELETRONUCLEAR; - Ministério da Defesa (MD), por conta das atividades realizadas pelos institutos militares (CTMSP, IEAv e IPE); - MRE, por conta dos acordos internacionais, eventos que envolvem a AIEA e controle da *trigger list*<sup>13</sup>; e - MCT, por conta das atividades realizadas pela CNEN, seus institutos e empresas. Para que o programa seja adequadamente conduzido, o órgão coordenador precisa ter grande força política para ditar as regras necessárias e estabelecer prioridades, quando da distribuição dos recursos. Isto não tem ocorrido. Cada ministério tem conduzido seus programas, na área nuclear, de modo pouco integrado aos demais.

A CNEN tem tentado ocupar o vácuo deixado pelo MCT, ampliando seu campo de atuação de todas as formas. A subordinação das empresas da área nuclear à CNEN, em particular da INB, tem sido objeto de freqüentes questionamentos em nível da AIEA, principalmente durante as reuniões sobre os Relatórios Nacionais da Convenção de Segurança Nuclear, da qual o Brasil é signatário. Por ser uma entidade com propósito regulatório, exercendo licenciamento e fiscalização de instalações nucleares e radioativas, a CNEN não poderia ser a executora (direta ou indireta) de atividades industriais nucleares, principalmente aquelas relacionadas ao ciclo do combustível nuclear e à geração núcleo-elétrica. Com a subordinação atual da INB e da NUCLEP à CNEN, permanecerão as dúvidas dos organismos internacionais quanto ao rigor das inspeções a serem realizadas nas empresas, para a concessão e renovação de licenças de operação. Problema similar acontece com a subordinação dos institutos que operam reatores de pesquisa porém, em muito menor escala, uma vez que a Convenção de Segurança Nuclear se aplica a reatores de potência. Com relação a este assunto Rabello (2007c, p. 3) declara:

Como é bem conhecido, este fenômeno administrativo leva a leniência com o licenciamento e a fiscalização, isto é, a estrutura administrativa de convivência conflituosa de atribuições não permite que haja as garantias mínimas de independência para a Área Regulatória exercer suas funções.

Em 2004, em função da grande pressão exercida pela AIEA sobre a implantação

---

<sup>13</sup> Lista de materiais e equipamentos controlados quanto à exportação.



da unidade de enriquecimento de urânio na INB e de interesse na importação de urânio brasileiro, demonstrado pela China durante viagem do Presidente Lula em maio daquele ano, a Presidência da República (PR) deu início a relevantes ações para organizar a área nuclear, criando dois Grupos de Trabalho Interministeriais. O primeiro, de caráter permanente e coordenado pelo GSI/PR, para acompanhar as atividades nucleares em andamento no Brasil e manter a PR informada sobre os sucessos alcançados e dificuldades encontradas. O segundo, de caráter transitório e coordenado pelo MCT, para a elaborar proposta para um novo PNB.

As empresas INB e NUCLEP estão em permanente esforço para se tornarem viáveis, embora ainda dependam do orçamento da União para pagar parte de suas despesas. Os projetos do CTMSP estão em compasso de espera por recursos condizentes com as necessidades. O CTMSP tem dificuldade de manter, em seus quadros, engenheiros e técnicos altamente qualificados. A CNEN, o IPEN, o CDTN, o IEN e o IRD destacam-se pela produção de radioisótopos, pela prestação de serviços e por oferecer cursos de especialização e pós-graduação, muito embora tenham em suas missões extensa gama de atribuições, como a pesquisa e o licenciamento. A ELETRONUCLEAR passou a atuar com déficit, diferentemente de quando a operação das centrais nucleares estava sob a responsabilidade de Furnas, exigindo aportes periódicos de recursos para sua sobrevivência. A construção da unidade de enriquecimento de urânio da INB está caminhando com dificuldades, em função de restrições orçamentárias (RABELLO, 2007a). A retomada da construção de ANGRA III, após longo período de espera, foi aprovada na reunião do Conselho Nacional de Política Energética, em 25 de junho de 2007 (RODRIGUES, 2007).

As empresas da área nuclear são deficitárias porque foram dimensionadas para atender às necessidades previstas no contrato Brasil-Alemanha, que pressupunha a aquisição de 8 centrais nucleares. O contrato foi antecipadamente paralisado, no que concerne à construção de centrais nucleares, após a construção de ANGRA II e o fornecimento de vários equipamentos para ANGRA III<sup>14</sup>. Não se atingiu o esperado ganho de escala. A NUCLEP, concebida como uma fábrica de equipamentos de grande porte para centrais nucleares, possui invejável capacidade em mecânica pesada e, por muitos anos, ficou ociosa. A INB depende de aporte orçamentário do Governo Federal, uma vez que a venda de combustível para as centrais nucleares ANGRA I e II não gera receita suficiente para cobrir todos os seus custos. Percebe-se que o modelo adotado está inadequado porque, sistematicamente, drena recursos do Tesouro Nacional, o que não deveria ocorrer, em especial tratando-se de empresas.

---

<sup>14</sup> Os equipamentos adquiridos para ANGRA III, no contrato Brasil-Alemanha, custaram, aproximadamente, US\$ 750 milhões (preço base 1999). Os custos para a manutenção dos equipamentos e da obra paralisada são de, aproximadamente, US\$ 20 milhões/ano (ELETRONUCLEAR, 2007).

A produção de radiofármacos pelos institutos da CNEN, em especial o IPEN, indispensável à sociedade em função do uso em diagnósticos e tratamentos médicos, tem apresentado significativo crescimento. Apesar de bastante rentável, a produção dos radiofármacos tem criado problemas ao IPEN, em função da sistemática do PPA. Os institutos recebem verba orçamentária para custeio, incluindo a aquisição de insumos para a fabricação dos fármacos. O orçamento é baseado em estimativas realizadas em anos anteriores. Como a demanda tem crescido significativamente, em função do sucesso e popularização da medicina nuclear, os institutos têm sido obrigados a adquirir grandes volumes de insumos (freqüentemente acima das estimativas realizadas) que, depois de comercializados geram considerável retorno. Ocorre que a receita da venda dos radiofármacos retorna para o Tesouro Nacional e não para os institutos. A situação seria corrigida no exercício seguinte, com um aporte maior de recursos no PPA. Na prática, o Tesouro retém a maior parte dos lucros e inclui, no PPA, apenas um orçamento limitado que mal cobre os custos dos institutos. Em consequência desta dinâmica limitada, o IPEN não consegue realizar os investimentos necessários para alcançar maior grau de desenvolvimento. Com relação a estas dificuldades, a jornalista Cláudia Izique, ao entrevistar Cláudio Rodrigues<sup>15</sup>, publica:

[...] A receita da venda de radioisótopos é maior do que o orçamento de custeio e de investimentos do IPEN, descontada a folha de pagamentos do pessoal. Mas o monopólio cobra seu preço: essa receita vai para o Tesouro, enquanto o IPEN sobrevive com o orçamento. “Se esse monopólio tivesse um modelo de gestão semelhante ao da Petrobras, seria bem melhor”, pondera Rodrigues. Permitiria, por exemplo, que o instituto investisse na modernização de seus produtos que começam a ficar desatualizados em relação aos países desenvolvidos. “Há fortes investimentos em novas drogas que não conseguimos acompanhar” [...] (IZIQUE, 2007)

## **2.5 Sugestões para a condução do Programa Nuclear Brasileiro**

A evolução histórica do PNB e as críticas apresentadas permitem concluir que são vários os problemas que afetam a condução do programa. Inúmeras e profundas modificações precisam ser implantadas. Este trabalho, por sua vez, não tem a pretensão de abordar todos os aspectos envolvidos nesta complexa tarefa. Concentra-se, somente, nos aspectos considerados prioritários para o propósito a que se destina, isto é, avaliar a relevância do PNM para a conquista da independência tecnológica na área nuclear. Portanto, apresenta apenas algumas ações em andamento e sugestões do autor para auxiliar na reestruturação que precisa ser realizada.

---

<sup>15</sup> Cláudio Rodrigues é o atual Superintendente do IPEN.

No que se refere às ações em andamento, merece destaque a proposta para um novo PNB, apresentada à PR ao final de 2004, pelo Grupo de Trabalho (GT) coordenado pelo MCT. A proposta foi elaborada com base em diferentes cenários visualizados pelos integrantes<sup>16</sup> do GT, num horizonte de planejamento até 2022, e selecionados pelos ministros envolvidos no processo. Quatro linhas foram consideradas: - geração núcleo-elétrica; - produção de combustível nuclear; - aplicações da área nuclear; e - desenvolvimento tecnológico. As orientações estratégicas consideradas foram: - a geração nuclear permanecerá com papel crescente na matriz energética brasileira; - o urânio é considerado um combustível fundamental para o Estado alcançar a independência energética; - as aplicações da área nuclear continuarão a participar no atendimento das necessidades da sociedade brasileira, nas áreas de saúde, indústria, agricultura e meio-ambiente; e - a execução do PNB não deverá implicar num aumento da dependência do Brasil em relação a bens e serviços importados, buscando o desenvolvimento tecnológico independente. Na área de geração núcleo-elétrica, o grupo recomendou a adoção de um cenário em que a energia nuclear tenha uma participação mínima de 4,2% ou 5,7% na matriz energética nacional. A participação de 4,2% equivale a manter ANGRA I e II em operação, concluir ANGRA III, construir mais uma central nuclear de 1300 MW e duas unidades nacionais de 300 MW, o que envolveria um custo de US\$ 6,1 bilhões. No que diz respeito à produção de combustível nuclear, três cenários foram analisados: - o Brasil seria auto-suficiente na fabricação do combustível, mas com capacidade para enriquecer apenas 50% das suas necessidades e dependendo do exterior para enriquecer o restante (investimento necessário de US\$ 200 milhões); - o Brasil seria auto-suficiente na fabricação e enriquecimento do combustível (investimento necessário de US\$ 670 milhões); e - o Brasil seria um país exportador de produtos de todas as etapas do ciclo do combustível (investimento necessário de US\$ 1,5 bilhões). Quanto às aplicações na área nuclear foram analisados, também, três cenários considerando: - a manutenção de quadro similar ao atual, com nacionalização parcial das necessidades (investimento necessário de US\$ 10 milhões); - a auto-suficiência da produção nacional (investimento necessário de US\$ 450 milhões); e - o Brasil passaria à condição de exportador de radiofármacos (investimento necessário de US\$ 500 milhões). O grupo recomendou, ainda, medidas mínimas que devem ser implantadas em curto prazo, com destaque para a conclusão de ANGRA III, a construção de uma central nuclear com tecnologia nacional e potência entre 100 e 300 MW, a ampliação da capacidade

---

<sup>16</sup> O GT foi composto por representantes do MCT (incluindo CNEN, INB e NUCLEP), do MME (incluindo ELETRONUCLEAR), do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, do MD (incluindo CTMSP / MB), do MRE e da Casa Civil da Presidência da República.

de produção de “yellowcake”, a conclusão e ampliação da usina de enriquecimento de urânio da INB, a construção de um novo reator para a produção de radioisótopos, a criação de um fundo de suporte à pesquisa e ao desenvolvimento na área nuclear, e a conclusão do LAB-GENE e da USEXA, do CTMSP (ARANHA, 2005).

Cabe ressaltar que, até o momento, não houve decisão presidencial com relação à proposta apresentada para o novo PNB, exceto no que diz respeito à construção de ANGRA III e à promessa de recursos para o PNM<sup>17</sup>. É mister ressaltar que mesmo a adoção do cenário mais tímido trará valiosa contribuição para a conquista da independência tecnológica na área nuclear. Questões relevantes ainda precisam ser respondidas como, por exemplo, a definição das fontes de recursos para os investimentos necessários. Adicionalmente, as ações propostas não devem ser implantadas sem a adoção, em paralelo, de uma série de medidas reestruturantes para o setor nuclear, sob o risco do desperdício de recursos, pressões internacionais e extensão de prazos de conclusão das metas estabelecidas.

Com relação às principais medidas reestruturantes, sugere-se:

1. Que o SIPRON retorne para a PR, ficando subordinado ao GSI/PR, uma vez que cabe àquele Gabinete prevenir a ocorrência e articular o gerenciamento de crises, além de coordenar as atividades de inteligência e de segurança da informação. O SIPRON foi movimentado para o MCT por efeito de arraste do PTCN, quando da extinção da SAE/PR e do MEPE, embora suas atividades nada tenham a ver com C&T. Por consequência, o Sistema não deveria estar subordinado ao MCT. Além do mais, a subordinação à PR facilitará, em muito, a coordenação das ações das instituições federais, estaduais e municipais que o integram. Cabe ressaltar que o GSI/PR possui um Centro de Gerenciamento de Crises que poderá ser adaptado para desempenhar as funções do Centro Nacional para Gerenciamento de uma Situação de Emergência Nuclear (CNAGEN).
2. Que a CNEN seja dividida em duas instituições totalmente independentes, sendo a primeira (neste trabalho denominada por CNEN-P1) destinada a realizar as atividades de radioproteção e segurança nuclear, atuando no licenciamento de instalações nucleares e radiativas, na fiscalização, no estabelecimento de normas e regulamentos, no desenvolvimento de estudos e na prestação de serviços em metrologia das radiações ionizantes. A segunda instituição (neste trabalho denominada por CNEN-P2) destinada a cuidar do emprego da tecnologia nuclear na medicina, na agricultura, na indústria, na

---

<sup>17</sup> Em visita ao CTMSP, em 10 de julho de 2007, o Presidente da República anunciou que serão liberados recursos no valor de R\$ 1 bilhão para a conclusão do PNM, distribuídos durante oito anos (NETO, 2007b). Estes recursos destinam-se a conclusão da USEXA, do LAB-GENE e do custeio do CTMSP, pelo período mencionado.

geração de energia elétrica e no meio ambiente. Os institutos de pesquisa, exceto o IRD, estariam vinculados à CNEN-P2. Desta forma, a CNEN-P1 estaria totalmente isenta para realizar as atividades regulatórias, de licenciamento e de fiscalização, além das normativas<sup>18</sup>. Estas duas novas instituições estariam subordinadas ao Assessor Especial de Políticas e Programas Nucleares (AEPPN) do MCT, conforme exemplificado na proposta esquemática apresentada na FIG. 2 do APÊNDICE.

3. Que os assuntos afetos à C&T na área nuclear continuem sob a coordenação do MCT<sup>19</sup>. Considera-se imprescindível que sejam implantadas alterações na estrutura daquele ministério e na vinculação das diversas instituições subordinadas. A FIG. 2 do APÊNDICE apresenta uma proposta de reestruturação baseada em atuação matricial, por meio da qual a coordenação do PTCN do MCT e suas assessorias subordinadas acompanhariam e coordenariam as atividades de todas as demais instituições que atuam em C&T na área nuclear. A criação de uma Comissão Permanente do Programa Técnico-Científico Nuclear (CP-PTCN), integrada por representantes dos órgãos envolvidos no PNB e coordenada pelo AEPPN do MCT, que teria como propósitos integrar e acompanhar, por meio de uma reunião mensal, a condução do PNB, analisar assuntos específicos e gerar subsídios para as decisões do Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia. A subordinação de todos os setores da área nuclear do MCT a um único Assessor Especial permitirá o acompanhamento e controle efetivos das diversas atividades em andamento, possibilitando uma maior integração no que se refere à C&T. O AEPPN terá, ainda, uma ampla visão da área nuclear, podendo apresentar subsídios confiáveis. Considera-se de alta relevância que a gerência orçamentária e financeira do Programa nº. 1113 do PPA - Nacional de Atividades Nucleares, fique com o AEPPN do MCT para que, na prática, este determine a distribuição dos recursos, segundo as prioridades definidas pela alta administração do Ministério, em conformidade com o PNB. As empresas INB e NUCLEP estarão diretamente subordinadas ao AEPPN do MCT eliminando as dificuldades apontadas pela AIEA, quanto à atual subordinação à CNEN. A Assessoria de “Instituições Vinculadas e Empresas Controladas” terá como atribuições acompanhar e auditar as atividades em andamento nas instituições da área nuclear, subordinadas ao AEPPN do MCT. Assim, o Assessor e o Ministro teriam acesso às informações trazidas pelos dirigentes daqueles órgãos e ao resultado de análises mais profundas realizadas por funcionários do próprio ministério.

<sup>18</sup> Rabello (2007b, p. 4) sugere a subordinação da INB e da NUCLEP a outro ministério com tradição industrial. Rabello (2007d, p. 1) sugere a criação de um órgão regulatório independente.

<sup>19</sup> Rabello (2007b, p. 4) sugere que a gestão do PNB deva estar em uma Secretaria Especial da PR.

4. Que o MCT envie esforços para a revisão da legislação referente à C&T da área nuclear e para as aprovações do PL n°. 2501/92 e do novo PNB.
5. Que o Núcleo de Assuntos Estratégicos (NAE)<sup>20</sup> da PR fique encarregado de acompanhar, integrar quando necessário e fiscalizar o andamento do PNB, assessorando o Presidente da República nos assuntos de alta relevância estratégica.
6. Que seja aprovada a criação de uma Empresa Brasileira de Radiofármacos, conforme proposta pela CNEN, viabilizando a produção auto-sustentável e gerando condições favoráveis à realização de pesquisas avançadas (ARANHA, 2005, p. 20).
7. Que a Central Nuclear ANGRA III e o LAB-GENE sejam construídos com brevidade, de modo que as empresas da área nuclear melhorem sua situação orçamentária e financeira, pelo aumento da produção em função do ganho em escala. Somente tornando as empresas rentáveis, o Tesouro Nacional será desonerado dos correspondentes custeios, facilitando a realização dos investimentos necessários ao Estado. Adicionalmente, tornando-se rentáveis, as empresas serão capazes de realizar seus próprios investimentos em C&T.

---

<sup>20</sup> Criado pela Lei n°. 11.204, de 05 de dezembro de 2005, com objetivo de articular a inteligência nacional para o tratamento de temas estratégicos de longo prazo, desenvolvendo atividades de prospecção, análise e simulação.

### 3 O PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA

O PNM foi concebido para viabilizar a obtenção, por projeto e construção no Brasil, de um submarino com propulsão nuclear. Tendo em vista que, à época, o Brasil não possuía o domínio sobre as tecnologias nucleares e o cenário internacional era marcado por eventos de negação dos materiais sensíveis e de tais tecnologias, a MB viu-se obrigada a desenvolver projetos preliminares considerados pré-requisitos para a obtenção do submarino. Foram concebidos os dois principais projetos preliminares “Ciclone” e “Remo” (GUERRA, 1997, p. 25). O projeto Remo tinha por objetivo construir um reator nuclear, do tipo "Pressurized Water Reactor" (PWR), para emprego em sistemas de propulsão naval. O Projeto Ciclone tinha por objetivo dominar as etapas do ciclo do combustível nuclear, necessárias à obtenção dos elementos combustíveis do núcleo de um reator, garantindo o suprimento do combustível com recursos totalmente nacionais, sem o qual o submarino não poderia operar. Convém notar que os produtos dos dois projetos (reator e combustível nuclear) são produtos de emprego dual, que podem ser empregados em pesquisa, na geração núcleo-elétrica e na propulsão naval, possuindo elevado valor estratégico.

#### 3.1 Questão estratégica

A PDN reconhece a vocação marítima do Brasil e a importância econômica e estratégica do mar, em função dos imensos recursos existentes na “Amazônia Azul” (uma área de cerca de 4,5 milhões de quilômetros quadrados) e da enorme dependência do transporte marítimo para o comércio exterior. A PDN apresenta, dentre outras, a seguinte orientação estratégica: “No Atlântico Sul, é necessário que o País disponha de meios com capacidade de exercer a vigilância e a defesa das águas jurisdicionais brasileiras, bem como manter a segurança das linhas de comunicações marítimas” (BRASIL, 2005, p. 11).

Considera-se desnecessário apresentar comentários para enfatizar a enorme importância do Atlântico Sul para o Brasil, em particular da “Amazônia Azul”. Para que o leitor tenha uma boa noção da mencionada importância, basta uma breve avaliação contrafactual, buscando identificar as conseqüências da negação ao uso do mar para a nossa sociedade. Como sobreviveríamos sem os inúmeros produtos que importamos e sem a extração do petróleo que abastece nossas refinarias? Isto, sem falar dos recursos vivos que

diariamente abastecem nossos mercados.

Cabe à MB dispor de meios com capacidade para exercer a vigilância e a defesa das águas jurisdicionais brasileiras, bem como manter a segurança das linhas de comunicações marítimas, devendo para tal atuar sobre uma superfície de cerca de 4,5 milhões de quilômetros quadrados. Este é sem dúvida um enorme desafio, em especial num contexto orçamentário adverso no qual os recursos devem ser cuidadosamente alocados, de modo a maximizar os benefícios. Como a política brasileira é voltada à defesa, a melhor forma de realizar esta tarefa, com o menor custo possível é, sem dúvida, a deterrência e, se necessário, a negação do uso do mar ao eventual inimigo.

Para cumprir esta tarefa com baixo custo, a MB precisa otimizar o número de embarcações a empregar, preservando características operativas que garantam a superioridade na área. Neste contexto, os submarinos se apresentam como os meios adequados pela elevada discricção, mobilidade e poder de fogo. Dentre os submarinos, os de propulsão nuclear são os adequados ao patrulhamento de grandes áreas, uma vez que a planta nuclear: - opera sem o consumo de ar, aumentando a discricção do submarino; - disponibiliza elevada potência por longos períodos de tempo; e - viabiliza enorme raio de ação, conferindo-lhe grande mobilidade. Estas características o tornam uma enorme ameaça ao inimigo, que terá grande dificuldade para localizá-lo e destruí-lo, mesmo possuindo o acesso às mais sofisticadas tecnologias com o emprego de satélites. Guerra (1997, p. 22) ressalta o desempenho dos submarinos nucleares no conflito pelas ilhas Malvinas, em 1992, que culminou com o afundamento do cruzador argentino “*General Belgrano*” pelo submarino nuclear inglês HMS “*Conqueror*”.

Montalvão destaca as qualidades operativas dos submarinos dotados de propulsão independente de ar:

No teatro marítimo, os submarinos são as únicas armas convencionais que podem desafiar força naval mais poderosa. Se estiverem dotados de capacidade de ocultação indeterminada, proporcionada por propulsão independente do meio exterior, sua performance e efetividade são multiplicadas incontáveis vezes (MONTALVÃO, 2002, p. 176).

Consciente do enorme desafio que teria de enfrentar para atingir seu propósito de projetar e construir um submarino nuclear de ataque, a Marinha decidiu-se por metas intermediárias, na área nuclear e na construção naval. Em meados da década de 1980 foi iniciado um programa de obtenção de submarinos de origem alemã, do tipo IKL-1400, com propulsão diesel-elétrica e projetados pela empresa “Ingenieur Köntour Lübeck” (IKL). O



contrato de aquisição previa a transferência de tecnologia para projeto e construção de submarinos convencionais, no Brasil. Até o momento, a Marinha obteve cinco submarinos convencionais<sup>1</sup> alemães, sendo um construído em *Kiel* e os outros quatro no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). A MB desenvolveu, ainda, um projeto de submarino convencional na década de oitenta, o Submarino Nacional de Ataque, de propulsão diesel-elétrica (SNac-I), chegando à Fase de Contrato, porém o submarino não foi construído<sup>2</sup>. Foram, ainda, realizados estudos preliminares do Submarino Nacional de Ataque, de propulsão núcleo-elétrica (SNac-II) (MATOS; GUIMARÃES, 2002, p. 2).

A relevância do PNM para a MB e a confiança no alcance de seus objetivos foram destacadas pelo seu atual Comandante, em abril de 2007, logo após a assunção do cargo: “Ressalto, também, a importância do Programa Nuclear da Marinha que, desde 1979, representa um extraordinário esforço desenvolvido pela Força no campo da ciência e tecnologia, em prol do Brasil. Agora, o propósito maior será concluí-lo” (NETO, 2007a).

### 3.2 Breve descrição

O PNM foi iniciado em 1979 e, inicialmente, recebeu do codinome de “Programa Chalana”. Por ser um programa de longa duração foi subdividido em quatro projetos: Zarcão, Ciclone, Remo e Costado. O projeto Zarcão, primeiro a ser concluído, visava ao desenvolvimento da tecnologia de obtenção de zircônio e háfnio nuclearmente puros. Os projetos Ciclone e Remo foram mencionados na introdução deste capítulo. O Costado visa ao desenvolvimento do projeto de um submarino nuclear de ataque, a partir da experiência adquirida pela MB com os projetos do SNac-I e com a construção dos submarinos IKL, no AMRJ. O projeto Costado será o último a ser concluído.

Para fazer frente ao desafio a MB, inicialmente, destacou um pequeno grupo de Oficiais e pesquisadores inteiramente dedicados ao estudo do problema. Algum tempo depois, em 1986, com o crescimento dos projetos, a MB criou a COPESP, localizada no campus da Universidade de São Paulo (USP), ao lado do IPEN e próximo ao parque industrial de São Paulo. Esta decisão mostrou-se de grande valia para a obtenção dos resultados que se

---

<sup>1</sup> Os submarinos adquiridos na Alemanha contribuem para o cumprimento das tarefas básicas do Poder Naval. O processo de obtenção escolhido, com a transferência de tecnologia para o projeto e a construção de submarinos convencionais, no Brasil, foi de grande relevância para que a MB adquirisse conhecimentos fundamentais para iniciar o desenvolvimento do projeto do submarino nuclear.

<sup>2</sup> Atualmente, a Marinha do Brasil encontra-se desenvolvendo o projeto de um novo submarino de ataque, de propulsão diesel-elétrica, denominado Submarino da Marinha do Brasil 10 (SMB-10), no Centro de Projetos de Navios, e conduzindo negociações para a aquisição de mais um submarino alemão, da classe IKL-214.

seguiram, uma vez que as parcerias realizadas foram indispensáveis ao sucesso alcançado. A Marinha criou, ainda, o Centro Experimental de Aramar (CEA), braço industrial do CTMSP e localizado em Iperó, na região de Sorocaba, Estado de São Paulo (SILVA; MARQUES, 2006, p. 8).

Para que se possa entender melhor o projeto Ciclone, o ANEXO apresenta um esquema com as fases do ciclo do combustível nuclear.

Para obter o domínio do ciclo do combustível nuclear, o PATN dividiu as pesquisas referentes às diversas fases do ciclo entre as organizações participantes do programa, considerando suas capacitações e objetivos. As fases de prospecção, mineração e beneficiamento (produção de “yellowcake”) ficaram a cargo da INB, em função do contrato Brasil-Alemanha. A purificação do “yellowcake” e a fase da conversão do “yellowcake” em UF<sub>6</sub> (Hexafluoreto de Urânio) ficaram a cargo da MB e do IPEN. A fase do enriquecimento do urânio, considerada a de maior complexidade de todo o processo, ficou sob a responsabilidade da MB e do IEAv<sup>3</sup>. Os processos da reconversão do UF<sub>6</sub> em UO<sub>2</sub> (Dióxido de Urânio), da fabricação de pastilhas e da fabricação do elemento combustível ficaram com a INB e com a MB. O processo do reprocessamento ficou com o IPEN e foi, logo em seguida, paralisado.

Ao comentar a escolha da MB pelo processo de enriquecimento isotópico de urânio por ultracentrifugação, Silva e Marques (2006, p. 9) afirmam:

A decisão tomada no final dos anos 70 pela escolha da ultracentrifugação foi acertada, por ser um método muito eficiente, em termos de consumo de energia elétrica, e modular, trabalhando com unidades padronizadas e organizadas em arranjos em série e paralelo, o que garante boa flexibilidade operacional. Prova do acerto da decisão é visto na recente evolução tecnológica dos países que usavam a difusão gasosa, como os EUA e a França, para o processo da ultracentrifugação.

Segundo Barletta (1997, p. 6-7), os trabalhos do PNM se intensificaram a partir de 1980. A primeira centrífuga foi construída ao final de 1981. O primeiro experimento de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação foi realizado em setembro de 1982. Uma minicascata com dezenove centrífugas entrou em operação em setembro de 1984. Em 1986 o CTMSP, em conjunto com o IPEN, tinha dominado o processo da ultracentrifugação em

---

<sup>3</sup> Inicialmente, os dois grupos uniram esforços na direção do enriquecimento isotópico a laser. Em 1979, o grupo de pesquisadores da Marinha identificou que a opção escolhida tardaria a apresentar resultados práticos e optou pela mudança em direção ao processo de enriquecimento isotópico do urânio por ultracentrifugação, enquanto que o IEAv continuou a desenvolver o processo do enriquecimento isotópico a laser. Quando os recursos do Governo Federal destinados ao programa foram reduzidos, o PDTN decidiu não mais apoiar o projeto de enriquecimento a laser, concentrando os escassos recursos disponíveis no projeto de enriquecimento por ultracentrifugação, que estava apresentando excelentes resultados.

escala laboratorial. Por decisão política, o sucesso só foi oficialmente divulgado em 1987. Em 1988 foi inaugurada a primeira cascata em escala industrial, no CEA. Desde então a Marinha vem, continuamente, desenvolvendo as ultracentrífugas, de modo a aumentar seu rendimento e durabilidade. O sucesso alcançado é atribuído a fatores organizacionais, técnicos e políticos, que contribuíram para uma coalizão duradoura, dando ao programa continuidade gerencial, financeira e programática. De modo a viabilizar o projeto Ciclone, foram montados o Laboratório de Enriquecimento Isotópico e diversas oficinas de componentes e equipamentos.

Em 1989, foram iniciadas, no CTMSP, as atividades para: - o projeto, implantação e operação de uma usina piloto de demonstração industrial, denominada USEXA, para produzir  $UF_6$  a partir do “yellowcake”; - o projeto para a produção de pastilhas de  $UO_2$ ; e - o projeto de diversas unidades de apoio ao ciclo do combustível. A USEXA, que terá uma capacidade de produção de 40 t/ano (NOMAR, 2001, p. 4), ainda não foi concluída por carência de recursos. Caso o sucesso obtido, em escala mais reduzida, seja confirmado em escala industrial, o governo brasileiro poderá decidir pela construção de outra usina de maior capacidade, de modo a atender às necessidades da INB para a fabricação dos elementos combustíveis para as centrais nucleares de Angra dos Reis.

O CTMSP realizou, ainda, atividades de desenvolvimento de novos materiais, equipamentos e sistemas para a aplicação nas diversas fases do ciclo do combustível nuclear, utilizando os laboratórios de metalurgia extrativa e de materiais, implantados e modernizados durante o projeto.

Em 1998, foi criado um Grupo de Trabalho Interministerial a fim de estudar a viabilidade de um contrato entre a MB e a INB, visando à construção de uma fábrica de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação nas instalações da INB, em Resende, RJ. Os principais fatores de motivação para a construção da fábrica foram: - dentre todas as fases do ciclo do combustível, a do enriquecimento é a de maior valor agregado, representando 36% do custo total; - existem poucos supridores deste serviço no mundo, num mercado que movimenta elevadas quantias; e - uma possível negação do serviço comprometeria a operação das centrais nucleares de Angra dos Reis.

O contrato foi assinado em 2000, prevendo o fornecimento de ultracentrífugas com capacidade para produzir 114.000 (kg UTS/ano)<sup>4</sup>. Uma vez concluída a construção da fábrica, a INB terá capacidade para abastecer 60% da demanda das centrais nucleares ANGRA I e II. Em maio de 2006, foi inaugurada a primeira unidade de enriquecimento de

---

<sup>4</sup> Unidade de Trabalho Separativo (UTS) – Unidade de medida da separação dos isótopos de urânio  $U_{235}$  e  $U_{238}$ , em kg por ano, nas instalações de uma usina de enriquecimento.

urânio na INB, com capacidade de 2280 kg UTS/ano, representando um marco histórico que colocou o Brasil em um novo patamar internacional, entre os Estados que são dotados da capacidade de enriquecer urânio (RODRIGUES, 2006, p. 29).

O projeto Remo tinha por objetivo construir um reator nuclear, do tipo PWR, para emprego em sistemas de propulsão naval. Dentro deste projeto, foram construídos, pela NUCLEP em conjunto com o CTMSP, até o momento, dois reatores nucleares. O primeiro, denominado Reator Nuclear de Água Pressurizada (RENAP) 100 e renomeado reator nuclear IPEN/MB-01<sup>5</sup>, é um reator nuclear de pesquisa, com potência de apenas 100 W, que foi construído para efeito de testes e validação de cálculos computacionais e está sendo operado em conjunto com o IPEN. O segundo, denominado RENAP 11, é um reator nuclear de potência de 11 MWe, construído e montado, porém aguardando a conclusão das obras civis e industriais do prédio do laboratório LAB-GENE, onde será instalado. O LAB-GENE compreenderá uma seção do casco do submarino, em escala real, com o reator nuclear, todos os seus sistemas de operação e os demais equipamentos que compõem a planta propulsora do submarino. O LAB-GENE será utilizado para o desenvolvimento de capacitação para projetar, construir e operar reatores de potência e para a realização de testes, simulações e desenvolvimentos. Esta etapa do programa agregará elevado valor na busca pela segurança na construção e operação do submarino nuclear e de futuras centrais núcleo-elétricas nacionais. Será a primeira instalação nuclear de potência totalmente projetada e construída no Brasil. Segundo Rodrigues:

As obras de montagem dessa instalação estão em andamento, com a conclusão prevista para 2017, dependendo do aporte de recursos. O projeto do LAB-GENE necessita de R\$ 180 milhões para finalizá-lo. Cabe destacar, que o Projeto poderia ser utilizado, a partir de 2017, como uma usina nuclear para produção de energia elétrica, caso os investimentos necessários sejam realizados, conforme está previsto no cronograma financeiro do CTMSP (RODRIGUES, 2006, p. 30).

Cabe, ainda, ressaltar que a MB deverá estudar, criteriosamente, o local para a construção do submarino nuclear, bem como para a sua base de operação, uma vez que nem o AMRJ nem a Base Almirante Castro e Silva (BACS) são instalações adequadas às atividades nucleares, pelas proximidades com áreas densamente populosas como os centros das cidades do Rio de Janeiro e de Niterói e, conseqüentemente, pela resistência de ambientalistas que buscariam a mobilização contrária da sociedade. Uma estratégia de construção a ser analisada é a modular integrada, isto é, por seções, que poderiam ser construídas em diferentes locais.

---

<sup>5</sup> Também conhecido por Unidade Crítica.

Nesta hipótese, o AMRJ poderia ser adaptado para construir todas as seções do submarino, exceto a do reator nuclear. Posteriormente, as seções construídas no AMRJ poderiam ser transportadas por mar para o local de união com a seção do reator. Como possível local a ser utilizado para a construção da seção do reator nuclear, condicionado aos resultados de investigações mais detalhadas a serem conduzidas, sugere-se a NUCLEP, em função de sua excelente capacitação em mecânica pesada, pela disponibilidade de saída para o mar e pela participação daquela empresa na construção dos submarinos IKL, em apoio ao AMRJ. Alternativamente, o estaleiro BrasFELS<sup>6</sup>, em Angra dos Reis, poderia ser considerado uma vez que existem centrais nucleares e toda uma estrutura voltada à segurança nuclear, naquela região, com participação ativa do SIPRON.

### 3.3 Principais metas

Foram vários os sucessos obtidos até o momento, todavia há muito que fazer. O submarino nuclear ainda é um sonho distante e inúmeros obstáculos deverão ser superados. Os resultados alcançados representam um grande estímulo aos cientistas, engenheiros, técnicos e administradores que se dedicam incansavelmente à superação do desafio que lhes foi apresentado.

De forma resumida, as principais metas do PNM foram declaradas pelo último Comandante da Marinha:

O Programa Nuclear da Marinha, que, com enorme sacrifício, a Força vem executando desde 1979, visa capacitar o País a dominar o ciclo do combustível nuclear - o que já se conseguiu - e desenvolver e construir uma planta nuclear de geração de energia elétrica, inclusive o reator, o que ainda não está pronto. Desenvolvidos e concluídos esses dois projetos e logrado êxito na operação dessa planta nuclear, estarão criadas as condições para que, no futuro, havendo uma decisão de governo para tal, possa ser dado início à elaboração do projeto e a posterior construção de um Submarino Nuclear de Ataque (SNA), que terá de ser antecedido pelo projeto, construção e avaliação de um submarino convencional nacional (CARVALHO, 2006, p. 1).

Tais metas, a cargo do CTMSP, podem ser expandidas, destacando-se:

- o cumprimento do contrato com a INB, completando o fornecimento dos equipamentos e componentes necessários à usina de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação;
- a conclusão da construção da USEXA, a realização dos testes preliminares, a solução das pendências, a validação do processo em escala industrial, a obtenção da licença para operação

---

<sup>6</sup> Antigo estaleiro Verolme.

e a colocação da usina em regime normal de produção, com todas as suas unidades de processo e auxiliares;

- o prosseguimento à obtenção de urânio enriquecido para a fabricação de elementos combustíveis para utilização nos reatores nucleares do LAB-GENE e dos institutos de pesquisa nacionais, que operam com enriquecimento da ordem de 20% e não poderão ser supridos com combustível proveniente da INB, que produz combustível enriquecido entre 3 e 4%;

- o prosseguimento do desenvolvimento das ultracentrífugas e seus acessórios, buscando a produção de novas gerações, cada vez mais avançadas, com maiores capacidade de separação e durabilidade;

- a conclusão da construção do LAB-GENE, incluindo os prédios das turbinas; do reator; do combustível; e dos prédios auxiliares. A instalação da infra-estrutura industrial. A montagem das instalações nucleares de água pressurizada, incluindo o circuito primário (com o vaso do reator e suas estruturas internas, os geradores de vapor, o pressurizador, as bombas de circulação, as tubulações, válvulas e acessórios), o circuito secundário (com as turbinas de propulsão e auxiliar, os geradores elétricos de propulsão e auxiliar, os condensadores principais, as bombas de extração e de alimentação, as tubulações, válvulas e acessórios) e o circuito de resfriamento (com sua bomba, tubulações, válvulas e acessórios). A montagem da planta da propulsão elétrica (com o painel da propulsão, o motor elétrico principal e o acoplamento). A instalação do sistema de controle da propulsão desenvolvido pelo CTMSP. Uma vez concluída a construção do LAB-GENE, deverão ser cumpridas todas as rigorosas etapas para a obtenção da licença de operação, a ser concedida pelo órgão regulatório (CNEN). Somente depois de vencidas todas essas etapas é que o LAB-GENE poderá iniciar a operação da planta núcleo-elétrica para a realização dos ensaios, testes, desenvolvimentos e treinamentos necessários (GUIMARÃES, 2005);

- o desenvolvimento, por meio do LAB-GENE, de capacitação para o projeto e construção de centrais nucleares nacionais, de pequeno e médio porte; e

- o constante investimento na capacitação de recursos humanos, para a obtenção do amplo espectro de especializações necessárias ao programa.

Em adição, sugere-se que o PNM busque ainda:

- a cooperação com o IPEN / CNEN objetivando o desenvolvimento de centrais núcleo-elétricas de pequeno e médio porte, equipadas com um reator nuclear nacional, do tipo PWR, com potência entre 100 e 300 MWe, conforme previsto no novo PNB;

- o compartilhamento, com os institutos e empresas da CNEN, das tecnologias e

conhecimentos adquiridos, contribuindo para o bom andamento dos demais projetos da área nuclear; e

- a realização de estudos sobre a necessidade de ampliação da capacidade de produção de UF<sub>6</sub>, quer seja na USEXA quer seja com a construção de uma nova usina, de modo a suprir a demanda nacional da INB para a fabricação de elementos combustíveis para as centrais nucleares.

Caso o Governo Federal e a MB confirmem, ao término dos projetos Ciclone e Remo, a meta de obtenção de um submarino nuclear nacional, deverão ser consideradas as seguintes etapas:

- a retomada dos estudos iniciados para o projeto do submarino nuclear, de forma integrada, com a participação dos órgãos da MB envolvidos no processo de obtenção de novos meios, por construção, no Brasil;
- a busca pelo apoio da indústria nacional, dos institutos de pesquisa e das universidades para a obtenção, por fabricação no País, dos sistemas, equipamentos e acessórios necessários à construção do submarino<sup>7</sup>;
- o desenvolvimento de estudos para a definição da filosofia de construção do submarino nuclear e das instalações a serem utilizadas para as suas construção, manutenção e operação; e
- o preparo das instalações e capacitação do pessoal da MB, para a construção e operação do submarino nuclear.

### **3.4 Dificuldades atuais**

Apesar dos sucessos obtidos até o momento, são muitas as dificuldades que deverão ser superadas. A principal dificuldade atual é a carência de recursos orçamentários, conforme descrito por Carvalho:

Do início, em 1979, até por volta do princípio da década de 1990, o Programa Nuclear da Marinha contou com o aporte de recursos adicionais ao orçamento da Força, provenientes de outras fontes governamentais, que possibilitaram o domínio do ciclo do combustível, alcançado ao final da década de 1980. A partir daí, o programa passou a ser custeado, praticamente, com recursos apenas do orçamento da MB, que, além de declinante, tem de atender a todas as demais demandas da Força (CARVALHO, 2006, p. 1).

---

<sup>7</sup> Deverá ser estudada, ainda, a sistemática a ser adotada para a obtenção dos sistemas de armas que equiparão o futuro SNA. Sugere-se considerar o seguinte pressuposto: “as pressões internacionais, contrárias aos legítimos interesses do governo brasileiro, continuarão a interferir no processo de busca de componentes e materiais sensíveis no exterior, como tem ocorrido até o presente momento”.

Os GRÁF. 2 e 3 do APÊNDICE apresentam a evolução histórica, anual e acumulada, dos investimentos realizados no PNM, pela MB e pelo PDTN.

A falta de recursos adequados no PPA, para a Marinha e para o PDTN, tem obrigado a MB a redirecionar parte de seu orçamento, originalmente destinada a outras necessidades operativas da Força, de modo a evitar a completa paralisação do PNM e a perda das capacitações adquiridas. Com muito sacrifício, a MB tem mantido o programa em estado vegetativo, com progressos marginais, em função dos escassos investimentos que têm sido realizados. O prosseguimento desta situação, há mais de uma década, tem aumentado, significativamente, os custos totais do programa, uma vez que a indisponibilidade financeira para novos investimentos não elimina a necessidade dos recursos para o custeio das instalações existentes. Assim, cria-se uma defasagem entre os cronogramas físico e financeiro do projeto. O cronograma físico estende-se demasiadamente ao longo do tempo, sem a conclusão das etapas previstas, e o orçamento cresce continuamente, em função do custeio, sem um correspondente progresso físico nas instalações em construção.

Além da falta de recursos, o programa se recente da falta de previsibilidade quanto às futuras disponibilidades orçamentárias, considerada de grande relevância para o aperfeiçoamento do planejamento e da execução de projetos complexos e de longa duração.

A MB tem procurado reduzir o impacto em seu orçamento, ocasionado pelas despesas de custeio sem provisão orçamentária correspondente no PPA, por meio da venda de serviços de engenharia pelo CTMSP, em apoio a indústrias e organizações diversas. Se, por um lado, esta linha de ação atenua a problemática de custeio da OM, por outro, desvia pessoal e degrada equipamentos e instalações dos laboratórios e oficinas, para atividades não relacionadas com o propósito do programa. Esta importante solução paliativa não resolve o problema, apenas ajuda a manter o estado vegetativo do programa.

A carência de recursos tem impedido a conclusão das etapas relacionadas ao domínio do ciclo do combustível nuclear. A construção da USEXA vem se prolongando demasiadamente sendo observado, inclusive, princípio de degradação natural por corrosão, de partes das instalações industriais que nem sequer chegaram a operar.

O ritmo lento imposto ao programa e os riscos de demissão de pessoal, por falta de recursos para o pagamento dos compromissos salariais, têm contribuído para a desmobilização gradual dos quadros altamente qualificados uma vez que, com o passar do tempo, alguns funcionários têm buscado opções mais interessantes no mercado de trabalho. A respeito dos problemas relacionados à mão-de-obra especializada em projetos tecnológicos, Montalvão (2002, p. 175) ressalta que a velhice da mão-de-obra, as dificuldades de



recrutamento e retenção de jovens pesquisadores, a baixa remuneração e a frustração são fatores negativos na evolução das novas tecnologias.

A construção do LAB-GENE está bastante atrasada, por falta de recursos, apesar de ser considerada indispensável para o domínio da tecnologia de propulsão de submarinos nucleares e para a geração núcleo-elétrica.

Nos últimos anos, o PNM tem recebido, basicamente, recursos financeiros provenientes do PPA, via orçamentos do MD e, em pequeno percentual, do MCT. Recursos complementares de pequena monta têm sido obtidos por meio de financiamentos para projetos específicos, apresentados em atendimento aos editais dos Fundos Setoriais de C&T da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) como, por exemplo, o do desenvolvimento da fibra de carbono. A obtenção de recursos via PPA apresenta alguma previsibilidade o que, de certo modo, permite a programação antecipada das etapas que serão cumpridas anualmente. Ressalta-se ainda que, apesar da inclusão de previsões orçamentárias modestas e insuficientes às necessidades do programa, os recursos têm sido contingenciados pelo Governo Federal.

Em recente entrevista concedida, o atual Comandante da Marinha Almirante-de-Esquadra Júlio Soares de Moura Neto informou que o governo reteve, até o momento, R\$ 2,7 bilhões dos “royalties” do petróleo que, por força de lei, a Marinha do Brasil tem direito para auxiliar nos gastos necessários ao cumprimento da sua destinação constitucional de proteger os interesses do Brasil nas águas territoriais. A Marinha alimenta a expectativa da liberação gradual de tais recursos, a partir de 2007, para que seu programa de reaparelhamento possa ter andamento (KHALIP, 2007).

Uma parcela destes recursos poderia ser destinada ao PNM. Caso a expectativa se confirme, o programa poderá retomar um ritmo condizente com as necessidades atuais. Tendo em vista que muitas promessas de recuperação orçamentária têm sido feitas e, até o momento, nenhuma de relevância se concretizou, sugere-se que a MB busque alternativas que permitam a continuidade do programa, de forma condizente com as possibilidades e capacidades do CTMSP. O PNM constitui programa de relevante valor estratégico para a MB e para o Brasil e, nos últimos anos, tem sido o principal programa técnico e científico, de sucesso comprovado, a projetar a imagem da Marinha em níveis nacional e internacional. Sua conclusão permitirá a inserção da MB no reduzido rol das Marinhas oceânicas que operam submarinos nucleares, tornando-a melhor capacitada ao cumprimento de sua destinação constitucional e mundialmente respeitada. Portanto, recomenda-se que a MB intensifique as ações que já vêm sendo tomadas visando à aceitação, por parte do Governo Federal, do PNM como um programa de Estado e à reversão do quadro de escassez orçamentária que,

atualmente, coloca em risco a continuidade do programa e, pela sua relevância estratégica, procure mantê-lo ativo. Além da busca pela liberação dos “royalties” do petróleo e dos recursos prometidos pelo Presidente da República em sua visita ao CTMSP, em 10 de julho de 2007, sugere-se que as seguintes alternativas sejam avaliadas, quanto à possibilidade de implantação:

- Intensificar a aproximação com o MCT, que tem recebido expressivos recursos orçamentários para investimentos em C&T e é o órgão governamental responsável pela política nacional de energia nuclear. Recomenda-se reforçar o quadro de Oficiais colocados à disposição daquele Ministério, para servir no PTCN, dando o necessário suporte para que tenham acesso às instâncias de decisão do MCT, de modo a que possam propor projetos e ações de interesse comum do CTMSP e do MCT;
- Intensificar a aproximação com a CNEN, com as empresas ELETRONUCLEAR, INB e NUCLEP, e com os institutos de pesquisa da CNEN, buscando a identificação de projetos de interesse comum com o CTMSP, que possam ser parcialmente suportados pelos orçamentos daqueles órgãos;
- Intensificar a aproximação com a FINEP e a busca por financiamentos dos Fundos Setoriais de C&T, propondo projeto que seja de interesse de mais de um Fundo, procurando enquadrá-lo como ação transversal, o que permite a obtenção de recursos mais expressivos. Sugere-se que as propostas de projeto a serem encaminhadas à FINEP tenham como parceiros da MB universidades e empresas privadas, de modo a aumentar a perspectiva de aprovação;
- Propor ações no sentido de criar um Fundo Setorial Nuclear<sup>8</sup>, de modo a financiar projetos de interesse do setor. Tal fundo poderia obter recursos de uma taxa cobrada por todos os serviços e produtos relacionados à área nuclear, inclusive radiofármacos e energia elétrica;
- Cooperar com a INB na busca por uma política de exportação de excedente de “yellowcake”, com destinação exclusiva para financiamentos da expansão da fábrica de enriquecimento de urânio de Resende e do PNM;
- Verificar a possibilidade de venda do direito ao uso, não-exclusivo, da tecnologia desenvolvida para as ultracentrífugas. Possíveis compradores seriam Estados ou empresas, reconhecidamente detentoras do domínio da tecnologia nuclear, que estejam utilizando o processo da difusão gasosa ou que tenham interesse por ultracentrífugas de maior eficiência. Esta sugestão considera que toda tecnologia tem vida limitada e que, no mundo atual, o ciclo da tecnologia tende a ser cada vez mais reduzido. Os desenvolvedores de

---

<sup>8</sup> Este assunto vem sendo discutido no âmbito do MCT, há algum tempo.

C&T devem agir com rapidez para tirar o maior proveito de suas inovações, sob a pena de serem superados rapidamente pelos concorrentes, sem obter o retorno de seus investimentos. Sugere-se que a MB se certifique, previamente, que os recursos provenientes dessa eventual venda serão integralmente aplicados no PNM e não serão contingenciados pelo Governo Federal; e

- Como fonte complementar de recursos, o CTMSP poderia avaliar a possibilidade de dar prosseguimento às pesquisas sobre irradiação de alimentos, juntamente com o IPEN e, uma vez obtido o sucesso esperado, desenvolver uma estrutura para prestar serviços nesta área às indústrias alimentícias nacionais e aos exportadores de alimentos.

Além da carência de recursos, a retórica da negação continua presente na área de bens sensíveis e estratégicos. Deste modo, faz-se necessário preservar a política de colaboração com as empresas nacionais, universidades e institutos de pesquisa, de modo a viabilizar a enorme gama de produtos e serviços que ainda serão necessários à consecução do programa. Ao exemplificar dificuldades com a obtenção no exterior, Viana (1996, p. 27) ressalta que uma turbina fabricada por solicitação da COPESP, a primeira desenvolvida no Brasil, foi mandada à Inglaterra para testes e nunca mais foi devolvida, sob a alegação de que seria empregada em instalação de propulsão nuclear. Silva e Marques ressaltam a negação de acesso às tecnologias sensíveis:

Fatos históricos referentes ao Contrato Brasil-Alemanha, na área da energia nuclear, confirmam a negação do acesso às tecnologias estratégicas e sensíveis, por parte dos Estados desenvolvidos, e mostram o interesse daqueles Estados em dificultar o andamento de programas tecnológicos nucleares dos Estados em desenvolvimento procurando, assim, evitar a concorrência no milionário mercado internacional (SILVA; MARQUES, 2006, p. 3).

#### **4 CONTRIBUIÇÃO DO PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA À CONQUISTA DA INDEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA NA ÁREA NUCLEAR**

Ao longo de seus quase trinta anos de existência, o PNM tem obtido inúmeras conquistas, fruto de um esforço coordenado de institutos de pesquisa civis e militares, universidades e empresas nacionais que, sob uma eficaz coordenação do CTMSP, têm contribuído com recursos humanos e materiais, na medida necessária à consecução dos esforços demandados. Convivendo com escassos recursos orçamentários, ao longo deste tempo, foram gastos no PNM pouco mais de US\$ 1 bilhão, o que o coloca como um dos mais econômicos programas nucleares realizados em todo o mundo. Sabe-se que o Projeto Manhattan, realizado na década de quarenta nos EUA, consumiu o equivalente atual a cerca de US\$ 25 bilhões, tendo como grande dificuldade o domínio da tecnologia do enriquecimento de urânio (BRASIL, 2003).

Em 2003, a MB comentou os resultados alcançados pelo programa:

Como resultado desse grande esforço nacional, temos capacidade de projetar e fabricar o próprio combustível, sem nenhuma dependência externa, e o conhecimento para projetar e construir plantas nucleares de potência, que custam no mercado internacional acima de três bilhões de dólares cada (BRASIL, 2003).

O PNM tem contribuído para os conhecimentos científicos e tecnológicos relacionados a diversas áreas de interesse da sociedade, tais como: geração de energia; desenvolvimento de materiais especiais de alto desempenho; capacitação em processos de elevada precisão; desenvolvimento de sistemas computacionais; obtenção de equipamentos e instrumentos de interesse da comunidade científica; e aplicações da energia nuclear na medicina, na indústria e na agropecuária. Pode-se afirmar que, em todas essas áreas, em maior ou menor grau, de forma direta ou indireta, o PNM tem contribuído para o desenvolvimento nacional.

Várias oficinas de precisão e laboratórios, operados por pessoal altamente qualificado, têm sido construídos pelo CTMSP e estão disponíveis para apoiar outros programas estratégicos do Estado, como o Programa Espacial, e a indústria de ponta nacional.

#### 4.1 Recursos humanos e materiais

O PNM teve seu início com um pequeno grupo de pesquisadores, engenheiros e técnicos que não acreditavam na solução buscada pela CNEN, para compra da tecnologia nuclear por meio do contrato Brasil-Alemanha. O esforço autônomo foi iniciado com alguns profissionais que haviam cursado no exterior, principalmente nos EUA, ou que trabalhavam no IPEN e no IEAV. À medida que o PNM adquiria força, eram inseridos recursos humanos provenientes da antiga Nuclebrás, que tinham sido capacitados no escopo do programa oficial com a Alemanha. Em paralelo, a MB desenvolvia um programa de formação e treinamento de seu pessoal civil e militar. O CTMSP chegou a ter em seus quadros um efetivo técnico da ordem de 1500 pessoas, incluindo militares e civis - servidores do “Regime Jurídico Único”, da Empresa Gerencial de Projetos Navais (EMGEPRON), consultores, estagiários e servidores cedidos por outros institutos. Atualmente, em decorrência da redução orçamentária imposta ao programa, o efetivo técnico é da ordem de 750 pessoas<sup>1</sup>.

Com suas características multidisciplinares, o PNM tem contribuído para o desenvolvimento de profissionais brasileiros da área nuclear e das demais áreas da engenharia, por meio da participação do seu pessoal em seminários e cursos de pós-graduação e de especialização, no exterior e no Brasil e, principalmente, pela valiosa experiência adquirida nas atividades rotineiras em seus laboratórios e oficinas. Tal contribuição não se restringe aos profissionais da MB, uma vez que os projetos têm sido conduzidos com a participação de institutos de pesquisas, universidades e empresas (públicas e privadas). As rigorosas especificações elaboradas para a compra de materiais, equipamentos e componentes têm obrigado a indústria nacional, que participa do programa, a elevar seus padrões de qualidade buscando soluções inovadoras e o domínio de novas tecnologias que, por sua vez, acabam sendo incorporadas aos demais produtos daquelas indústrias. Este processo tem contribuído para o aprimoramento dos recursos humanos das indústrias brasileiras. Em atendimento às demandas do programa na área de desenvolvimento de novos materiais, foi criado um curso de Engenharia de Materiais, na cidade de Sorocaba, no Estado de São Paulo, para apoiar as indústrias locais.

Dentre os fatores, que contribuíram para os resultados alcançados, destacam-se a seleção de recursos humanos com elevado potencial de desenvolvimento, a mentalidade naval voltada à capacitação de seu pessoal e o ambiente motivacional gerado pela dinâmica do programa, pelos incentivos profissionais e pelos salários compatíveis com a realidade do

---

<sup>1</sup> Informação obtida do Diretor do CTMSP, durante visita de estudo do curso C-PEM, em junho/2007.

mercado, à época.

Não fosse a existência do PNM, a estagnação da área nuclear, no Brasil, nos últimos trinta anos, teria sido muito maior. Vários pesquisadores, engenheiros e técnicos, hoje altamente qualificados, certamente não estariam disponíveis, assim como um enorme conjunto de conhecimentos científicos e tecnológicos dominado nos últimos anos.

No que se refere aos recursos materiais, o CTMSP desenvolveu uma estrutura admirável composta por instalações voltadas à pesquisa e ao desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao PNM. Seus prédios no campus da USP abrigam o grupo de projetos e alguns laboratórios, tais como o laboratório de neutrônica, que possui um reator de pesquisas, e o conjunto de termohidráulica, que possui um circuito termohidráulico de 150 atmosferas de pressão. Em Iperó, no CEA, encontram-se diversos laboratórios de validação experimental e oficinas especializadas.

Os principais laboratórios do CEA são os seguintes: Materiais Nucleares; Caracterização de Materiais; Desenvolvimento de Instrumentação e Combustível Nuclear; Testes de Equipamentos de Propulsão; Qualificação de Produto; Radioecológico; e Choque, Vibração e Ruído. Dentre os equipamentos de fabricação disponíveis no CTMSP, com elevado potencial de utilização pelas indústrias e demais institutos de pesquisa, destacam-se diversos equipamentos com controle numérico computadorizado, de elevada precisão, tais como: eletroerosão a frio, centros de usinagem, torno mecânico de precisão, tornos, retífica, retífica cilíndrica, solda e corte a laser, feixe de elétrons e bobinadeira. Estão, ainda, disponíveis equipamentos como fornos, forno a vácuo, autoclave e para decaagem química. Para a realização de ensaios em materiais, peças e equipamentos, o CTMSP conta com sofisticadas máquinas de ensaio e instrumentos, que podem ser utilizados pelas indústrias e institutos de pesquisa, tais como: máquina de teste de vibração ambiental; máquina de teste de choque; vibrador eletrodinâmico; analisadores de espectros; máquina universal de ensaios; mesa de medição de coordenadas; microscópios eletrônicos de varredura; analisador de imagens; espectrômetros de emissão atômica via plasma indutivamente acoplado; espectrômetro infravermelho; difratômetro de massa; cromatógrafo de massa; cromatógrafo líquido; analisador complementar; analisador de carbono e enxofre; balança termogravimétrica; dilatômetro; medidor de difusividade térmica; analisador termomecânico; analisador termogravimétrico; calorímetro de varredura diferencial; porosímetro a mercúrio; analisador de umidade; medidor de superfície específica; e secador por pulverização. Muitos dos laboratórios, equipamentos e instrumentos disponíveis no CTMSP são únicos no Brasil (BRASIL, 2007a).

Pode-se afirmar que a contribuição do PNM à conquista da independência tecnológica na área nuclear, no que se refere aos recursos humanos e materiais, tem sido bastante relevante. A carência prolongada de recursos orçamentários destinados ao programa poderá colocar em risco a infra-estrutura disponível, por meio da evasão de pessoal e da deterioração das instalações, em decorrência de restrições na manutenção.

## 4.2 Ciclo do combustível nuclear

Os resultados obtidos por meio do contrato Brasil-Alemanha e da construção da fábrica da INB não foram suficientes para viabilizar a transformação do minério de urânio em elemento combustível, para os reatores nucleares nacionais. Apesar de possuir significativas reservas daquele minério, o Brasil encontrava-se inteiramente dependente de serviços externos para executar os processos de transformação referentes às fases de conversão e enriquecimento, do ciclo do combustível nuclear. Para realizar a conversão, o “yellowcake” produzido pela INB é enviado à empresa Cameco Corporation, no Canadá. Posteriormente, o  $UF_6$  obtido é enviado à empresa USEC Inc., nos EUA, ou à empresa Urenco Limited, na Europa, para o enriquecimento do urânio. As conquistas do PNM mudarão radicalmente este quadro. Com o domínio das tecnologias da conversão, do enriquecimento e da reconversão, o Brasil conquistou as condições necessárias à auto-suficiência na produção de combustível nuclear. Para exercer, na prática, tal auto-suficiência, faz-se necessária a conclusão da construção da fábrica de enriquecimento isotópico de urânio da INB, a conclusão da USEXA e de sua expansão, de modo a suprir a demanda nacional. Tais conquistas têm o potencial para garantir o suprimento do combustível necessário à operação das centrais nucleares, dos reatores de pesquisa e das plantas de propulsão nuclear que vierem a ser fabricadas, impedindo que interesses externos venham a se contrapor às aspirações nacionais, por meio da negação de acesso aos mencionados serviços, como ocorreu no passado<sup>2</sup>. Em adição, as significativas reservas brasileiras de minério de urânio permitirão, se desejado, exportar o  $UO_2$  enriquecido ou, até mesmo, elementos combustíveis prontos para uso em reatores nucleares, garantindo o acesso de produtos nacionais de elevado valor agregado a um milionário mercado internacional. Cabe ainda ressaltar que o domínio do processo do enriquecimento isotópico de urânio por ultracentrifugação representa uma conquista estratégica para o Estado e coloca a capacidade científica e tecnológica brasileira em lugar de

---

<sup>2</sup> Em 1978, os EUA decidiram suspender o fornecimento de combustível nuclear enriquecido para a central nuclear ANGRA I e para os reatores de pesquisa brasileiros (ALVES, 1987, p. 12).

destaque no cenário internacional, por ser considerada uma tecnologia de ponta, em nível mundial. O domínio do ciclo do combustível nuclear preservará recursos financeiros relevantes que deixarão de ser pagos ao exterior, em função dos serviços que passarão a ser realizados pela INB, mantendo postos de trabalho existentes e criando novas oportunidades nas indústrias envolvidas no processo.

Silva e Marques (2006, p. 4) explicam que, atualmente, somente dois processos de enriquecimento de urânio<sup>3</sup> se confirmaram atraentes para uso em escala industrial: o da difusão gasosa e o da ultracentrifugação. O processo da difusão gasosa consiste da separação do  $U_{235}$  do  $U_{238}$  por meio da compressão do gás  $UF_6$  através de membranas microporosas, colocadas em série. O processo da ultracentrifugação consiste da separação dos átomos de  $U_{235}$  e  $U_{238}$ , por meio da força centrífuga, quando o gás  $UF_6$  é submetido a elevadíssimas rotações. Como o  $U_{238}$  possui maior massa atômica, seus átomos se concentram nas regiões afastadas do centro da centrífuga, enquanto que os átomos do  $U_{235}$  ficam mais próximos do centro. Como os átomos de  $U_{235}$  e  $U_{238}$  possuem massas atômicas muito próximas, o processo requer rotações extremamente elevadas. O processo da ultracentrifugação apresenta eficiência muito superior, não apenas no que se refere ao consumo de energia, mas também pela quantidade de efluentes químicos produzidos. Tal processo é o que reúne a maior complexidade tecnológica, devido às rigorosas especificações de materiais e tolerâncias dimensionais de fabricação. A tecnologia adotada pelo PNM permitiu a fabricação de ultracentrífugas de alto desempenho e durabilidade, por utilizar mancais magnéticos eletronicamente controlados, que fazem com que o cilindro girante opere por levitação magnética, reduzindo as perdas por atrito e desgaste de componentes.

A maior eficiência do processo da ultracentrifugação traduz-se, na prática, em menor custo do produto final e maior margem de lucro na comercialização. Por este motivo, os EUA, que possuem instalações de grande porte para o enriquecimento de urânio pelo processo da difusão gasosa, estão realizando novos investimentos para a construção de usinas de enriquecimento que operarão com o processo da ultracentrifugação.

Pelas razões expostas, percebe-se que o PNM tem apresentado relevantes contribuições à conquista da independência tecnológica na área nuclear. Pode-se afirmar que o domínio do enriquecimento do urânio representou o principal passo, dado pelo Brasil de forma autônoma, na busca pela referida independência.

Ressalta-se que a continuidade do PNM assume caráter indispensável à

---

<sup>3</sup> Reatores nucleares do tipo das Centrais ANGRA I e II utilizam urânio enriquecido entre 3 e 5%. Reatores de pesquisa, existentes no Brasil, utilizam urânio enriquecido a aproximadamente 20%. Alguns reatores nucleares de propulsão naval utilizam urânio enriquecido na faixa de 20 a 25%.



preservação das conquistas obtidas uma vez que, mesmo após a conclusão da fábrica de enriquecimento da INB, as atividades do CTMSP continuarão a ser imprescindíveis para a manutenção das cascatas de centrífugas instaladas e para a operação da USEXA. Uma eventual paralisação das atividades do PNM e do CTMSP acarretaria significativo retrocesso à conquista da independência tecnológica na área nuclear, com grande prejuízo ao Brasil.

### 4.3 Geração de energia núcleo-elétrica

Com o crescimento econômico brasileiro faz-se necessária a expansão da capacidade energética nacional. No contexto atual de limitações quanto às disponibilidades de bacias hidrográficas adequadas à construção de novas hidroelétricas e à necessidade de redução do uso dos combustíveis fósseis<sup>4</sup>, a geração de energia elétrica de origem nuclear volta a assumir papel de enorme relevância nos cenários nacional<sup>5</sup> e internacional. Adicionalmente, as novas tecnologias para a obtenção de reatores nucleares de quarta geração<sup>6</sup>, intrinsecamente seguros e geradores de resíduos em escala reduzida, projetam o uso da energia nuclear como uma das parcelas mais significativas na matriz energética mundial, nas próximas décadas. O Brasil precisa recuperar o tempo perdido e acelerar seu programa nuclear, de modo a estar em condições de disputar um mercado promissor e altamente rentável.

As contribuições do PNM se estendem à geração núcleo-elétrica, em função dos resultados obtidos pelo domínio do ciclo do combustível nuclear e pela capacitação que tem sido desenvolvida para o projeto e construção de reatores nucleares de pesquisa e de potência. O domínio do ciclo do combustível nuclear, objetivo do projeto Ciclone, foi obtido com o desenvolvimento das fases da conversão e do enriquecimento do urânio por ultracentrifugação. A capacitação para o projeto e construção de reatores nucleares de pesquisa e de potência, objetivo do projeto Remo, está sendo atingida por meio dos Reatores RENAP 100 e RENAP 11. A construção do LAB-GENE completará o círculo virtuoso e contribuirá para a obtenção de plantas de propulsão núcleo-elétricas para uso naval e para que o Brasil tenha condições de iniciar, se desejado, o desenvolvimento autônomo de centrais

---

<sup>4</sup> Pela previsibilidade do esgotamento das suas reservas e, em menor escala, em função do efeito estufa.

<sup>5</sup> O jornalista Ordoñez, ao entrevistar o Secretário de Desenvolvimento e Planejamento do Ministério de Minas e Energia, Márcio Zimmermann, publica que no Brasil, atualmente, fala-se na construção de mais oito centrais nucleares até o ano de 2030 (ORDOÑEZ, 2007).

<sup>6</sup> Os reatores nucleares de quarta geração encontram-se, ainda, em fase de desenvolvimento. Seus objetivos primários são: melhorar a [segurança nuclear](#), dificultar a [proliferação](#), minimizar a produção de [lixo nuclear](#) e a utilização de recursos naturais e diminuir o custo da construção e operação das [centrais nucleares](#).

nucleares de baixa potência<sup>7</sup>, que poderão ser instaladas em pequenas cidades ou indústrias de porte, distantes das linhas de transmissão de energia elétrica. Alternativamente, os conhecimentos adquiridos poderão, ainda, servir de base para o desenvolvimento, num primeiro estágio, de centrais nucleares de média potência (na faixa de 300 a 600 MWe) e, posteriormente, para que se consigam atingir objetivos mais ambiciosos como o desenvolvimento de centrais nucleares de alta potência (na faixa de 1000 a 1500 MWe). A experiência adquirida no projeto, na construção e na operação do LAB-GENE contribuirá para que os pesquisadores, engenheiros e técnicos brasileiros se capacitem ao desenvolvimento de projetos mais arrojados, buscando acompanhar a tendência mundial motivada pelo uso dos reatores nucleares de quarta geração.

Nota-se que na área da geração núcleo-elétrica, o PNM apresenta relevantes contribuições à conquista da independência tecnológica na área nuclear, constituindo-se o LAB-GENE a primeira instalação nuclear de potência, totalmente projetada e construída no Brasil. Tal projeto traz em seu escopo a capacitação necessária que permitirá a concretização de aspirações mais condizentes com a realidade de um Estado com dimensões continentais que, para seu desenvolvimento, não pode abrir mão de relevantes fontes de energia disponíveis em seu território, tais como as de origem hidráulica, nuclear, fóssil, eólica, da biomassa e, no futuro, solar e do hidrogênio.

#### **4.4 Produção de radioisótopos e radiofármacos**

A contribuição do PNM à produção de radiofármacos e radioisótopos ocorre por meio do fornecimento, pelo CTMSP, de urânio enriquecido para a operação dos reatores nucleares de pesquisa, em especial do IPEN, que opera com combustível enriquecido a 20% (IPEN, 2007).

A independência tecnológica obtida por meio do domínio do ciclo do combustível nuclear tem sido de fundamental relevância para que se conseguisse manter em operação, nas últimas décadas, os reatores de pesquisa nacionais, em função das dificuldades observadas na importação de seus elementos combustíveis. O PNM contribuiu de modo decisivo para o sucesso alcançado pelo IPEN, na produção de radiofármacos. A continuidade do PNM garantirá que os reatores nucleares de pesquisa brasileiros, que atualmente estão envolvidos na produção dos radiofármacos, continuarão a ter o combustível necessário às suas operações.

---

<sup>7</sup> Centrais nucleares de baixa potência, de aproximadamente 40 MWe, poderiam ser obtidas reunindo, em pequenos grupos, reatores nucleares similares ao desenvolvido para o LAB-GENE.

Assim, o povo brasileiro poderá continuar a usufruir dos serviços de uma medicina nuclear nacional, em pleno desenvolvimento, que tantos benefícios têm trazido para os diagnósticos e tratamentos avançados, buscando-se evitar eventos de negação de insumos importados, como ocorreu em 1985<sup>8</sup>.

#### **4.5 Fortalecimento das empresas NUCLEP e INB**

A parceria entre a NUCLEP e a MB teve início quando da decisão tomada, pela Marinha, para a construção de submarinos da classe IKL-1400 no Brasil, na década de oitenta. Naquela época, o AMRJ tinha experiência na construção de navios de guerra e na manutenção de submarinos, mas não dispunha de instalações e maquinário adequados à construção do casco resistente de submarinos. Por sua vez, a capacitação adquirida pela NUCLEP em mecânica pesada e de precisão, originária da construção de equipamentos e componentes de centrais nucleares, a tornou a parceira ideal do AMRJ para a construção das seções do casco resistente dos submarinos. Os bons resultados da parceria com a MB estenderam-se a outras atividades, como a manutenção de meios navais no AMRJ e a fabricação de componentes nucleares para o CTMSP, com destaque para a fabricação conjunta do reator nuclear RENAP 11. A NUCLEP deverá, ainda, responder pela construção da estrutura do casco resistente da seção do submarino que abrigará a planta de propulsão nuclear, a ser instalada no interior do prédio do LAB-GENE. Assim, os serviços relacionados ao PNM têm contribuído para a manutenção da qualificação do pessoal e, ainda que em pequena monta, para a redução do déficit orçamentário que atingiu a NUCLEP, em função do cancelamento da construção das demais centrais nucleares previstas no contrato Brasil-Alemanha. Os serviços realizados para a MB são, entretanto, insuficientes para que a NUCLEP opere próximo da sua capacidade nominal de trabalho. A diretoria daquela empresa tem buscado, constantemente, a realização de trabalhos adicionais, com destaque para a fabricação dos novos geradores de vapor para ANGRA I. A retomada do PNB, com a construção de ANGRA III e de algumas centrais nucleares de médio porte, além da construção do submarino nuclear, ajudarão a manter aquela empresa atuando em atividades de ponta, por alguns anos.

A contribuição do PNM à INB, como descrito anteriormente, está diretamente ligada à atividade-fim da empresa – o domínio do ciclo do combustível nuclear para a fabricação de elementos combustíveis para centrais nucleares. O contrato entre a MB e a INB,

---

<sup>8</sup> Em 1985, em função de pressões dos EUA, o Brasil não conseguiu adquirir, no mercado internacional, insumos necessários à produção de radioisótopos para uso na medicina (ALVES, 1987, p. I-5).

para o fornecimento das cascatas de ultracentrífugas para a fábrica de Resende, coloca a empresa em posição de destaque, como uma das poucas empresas no mundo capaz de enriquecer urânio. A conclusão da referida fábrica, sua posterior expansão e a possibilidade futura de acordo com a MB, para a transferência de tecnologia proveniente da USEXA, constituem as principais contribuições da MB para que a INB se torne, no futuro, uma empresa altamente rentável e estratégica para o Estado, pelo potencial de produção de energia núcleo-elétrica do Brasil. As parcerias mencionadas entre a MB e a INB, juntamente com a retomada do PNB e a construção de novas centrais nucleares transformarão o Brasil num Estado independente tecnologicamente na área nuclear.

#### **4.6 Arraste tecnológico**

Como todo empreendimento tecnológico de ponta e de grande porte, o PNM tem gerado significativo arraste tecnológico. Em adição às diversas conquistas mencionadas anteriormente o PNM tem contribuído, ainda, com desenvolvimentos em parceria com a indústria nacional, institutos de pesquisa e universidades, a maior parte de emprego dual e referente a materiais e produtos inexistentes no país ou importados, alguns dos quais se encontram a seguir relacionados (BRASIL, 2007a):

- Materiais especiais – aço maraging; fibra de carbono; materiais compostos; óxidos de terras raras; óleos fluoretados; ligas de zircônio e de háfnio; e superligas (monéis, inconéis);
- Componentes especiais – tubos de alumínio para sistemas de cascatas; cilindros para armazenagem de UF<sub>6</sub>; válvulas de alto vácuo; e válvulas especiais;
- Equipamentos – motores elétricos de ímãs permanentes; turbina de vapor de alta e de baixa pressão para propulsão naval; gerador de vapor; bomba de vácuo; conversor estático; e lasers de cobre para aplicação médica; e
- Medidores e instrumentos – detector de vazamento; medidor de pressão; vacuômetro; medidor de vazão; e monitor de radiação.

Além dos materiais, equipamentos e componentes anteriormente relacionados, o CTMSP tem realizado significativos desenvolvimentos de programas computacionais voltados a: - sistemas de controle de plantas industriais (enriquecimento); - sistemas de análise de dados de controle do Reator Nuclear de Pesquisas nº. 1 (IEA-R1), do IPEN; e - sistemas de propulsão nuclear.

O CTMSP, no bojo do PNM, tem contribuído com atividades na área de controle ambiental e está realizando um trabalho de pesquisa, em conjunto com o IPEN, visando melhorar a qualidade e aumentar o tempo de vida de alguns alimentos e rações especiais para a Marinha, pelo processo da irradiação.

No que se refere ao desenvolvimento, pelo IPEN, do processo da conversão do ciclo do combustível nuclear, o PNM trouxe como tecnologia de arraste o domínio da produção de flúor em escala industrial, até então inexistente no Brasil. Em decorrência, seguiu-se o domínio da tecnologia de produção do hexafluoreto de enxofre em escala industrial, de grande importância uma vez que este produto era importado para uso como isolante elétrico (OLIVEIRA, 2002).

Silva e Marques (2006, p. 9) apresentam como subprodutos do desenvolvimento do PNM vários componentes de satélites e mísseis que têm sido fabricados e testados usando recursos laboratoriais e industriais do CEA.

Pode-se afirmar que o PNM tem induzido o arraste tecnológico e contribuído, de forma relevante, para a conquista da independência na área nuclear. Com o prosseguimento do programa o arraste tende a ampliar-se, atingindo a área da construção naval com os sistemas de propulsão, auxiliares e de armas, que integram um submarino.

O PNM possui, também, potencial para, no futuro, contribuir no desenvolvimento de tecnologias nacionais para geração de água doce utilizando energia nuclear.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo realizado permitiu identificar a situação atual do PNB e do PNM. A análise dos dados obtidos permitiu avaliar a relevância do PNM para a conquista da independência tecnológica na área nuclear, levando-se em consideração suas principais contribuições.

A avaliação da situação atual do PNB permitiu concluir que, atualmente, o Brasil não dispõe de uma Política Nacional de Energia Nuclear, tampouco de um PNB, ambos atualizados, estruturados, integrados e formalmente aprovados, tanto pelo Governo Federal quanto pelo Congresso Nacional, apesar da existência de relevantes iniciativas neste sentido. As ações necessárias à conquista da independência tecnológica na área nuclear foram, inicialmente, identificadas pelo PATN, por meio de seus objetivos e programas. Ao final de 2004, tais ações foram revistas por um GT, coordenado pelo MCT, que produziu a proposta de um novo PNB, encaminhada à PR. O PNB não tem recebido, na prática, a atenção e a prioridade necessárias a um programa estratégico de Estado, de longa duração, pelos governos brasileiros que se sucederam desde o início dos anos noventa. Apesar da falta de apoio político, relevantes conquistas têm sido obtidas fruto do impulso dado pelo PATN, na década de oitenta, e de incansáveis esforços de órgãos que atuam na área nuclear. O presente trabalho apresenta críticas à situação atual e algumas sugestões de medidas reestruturantes, de modo a contribuir para a condução do PNB. Recomenda a aprovação da proposta do novo PNB, pela PR, em função da crescente demanda energética do Brasil. Sua adoção a curto prazo, mesmo para o mais tímido cenário previsto nas perspectivas avaliadas pelo GT coordenado pelo MCT, trará relevantes contribuições à conquista da independência tecnológica na área nuclear. Recomenda a reestruturação do setor nuclear do MCT, a reestruturação da CNEN, a criação da Empresa Brasileira de Radiofármacos e as construções de ANGRA III e do LAB-GENE.

A avaliação da situação atual do PNM permitiu concluir que, ao longo de seus quase trinta anos de existência, relevantes conquistas têm sido obtidas, como resultado da combinação de esforços gerenciais e técnicos e do apoio da alta administração naval. Dentre as principais conquistas, merece destaque o domínio da tecnologia do enriquecimento de urânio por ultracentrifugação, pelo grau de complexidade técnica e pela relevância estratégica para o Brasil. Não obstante, o sucesso alcançado pelo programa, sucessivos cortes

orçamentários têm sido impostos na última década, colocando em risco a sua continuidade. Desde então, com muito sacrifício, a MB tem mantido o programa em estado vegetativo e com progressos marginais. Esta situação tem aumentado seus custos totais, uma vez que permanece a necessidade dos recursos para o custeio das instalações existentes, mesmo sem o prosseguimento das ações planejadas. Observa-se uma defasagem entre os cronogramas físico e financeiro do projeto. As principais metas a serem atingidas pelo PNM são a conclusão da USEXA, a construção do LAB-GENE, o cumprimento dos compromissos contratuais com a INB para o fornecimento de ultracentrífugas e a construção do submarino nuclear (uma vez concluídas as metas da USEXA e do LAB-GENE e caso exista decisão governamental para tal). Dentre as principais alternativas para a obtenção dos recursos necessários à conclusão do programa, destacam-se a liberação dos “royalties” do petróleo<sup>1</sup>, o apoio do PTCN / MCT, da CNEN e seus institutos, e da FINEP, por meio de seus Fundos Setoriais. Adicionalmente, recomenda-se avaliar as possibilidades de: - uma maior aproximação do MCT, reforçando o quadro de Oficiais de Marinha que servem no PTCN; - criação de um Fundo Setorial para a área nuclear, buscando o auxílio do MCT; - venda do direito ao uso da tecnologia desenvolvida para as ultracentrífugas; e - complementar o orçamento do CTMSP, por meio de serviços externos na área de irradiação de alimentos.

A avaliação das informações acerca dos objetivos do PNB e das conquistas e metas do PNM permitiram concluir que o PNM apresenta grande relevância para a conquista da independência tecnológica na área nuclear. As contribuições do PNM estendem-se a diversas áreas, tais como à capacitação de recursos humanos, à disponibilidade de laboratórios e oficinas especializadas, ao domínio do ciclo do combustível nuclear, à geração de energia núcleo-elétrica, ao desenvolvimento de materiais especiais de alto desempenho, à capacitação em processos de elevada precisão, ao desenvolvimento de sistemas computacionais, à obtenção de equipamentos e instrumentos de interesse da comunidade científica, às aplicações da energia nuclear na medicina e na indústria, e ao fortalecimento das empresas INB e NUCLEP. Pode-se afirmar que, em todas essas áreas, em maior ou menor grau, de forma direta ou indireta, o PNM tem contribuído para o desenvolvimento nacional e o bem-estar social. Cabe ressaltar que a continuidade do PNM é, atualmente, indispensável para que se possa garantir o funcionamento dos reatores nucleares nacionais<sup>2</sup>, com a independência do fornecimento de serviços de enriquecimento de urânio do exterior, que foram negados no passado. A continuidade do programa propiciará, ainda, condições para que, se desejado, a

<sup>1</sup> Conforme expectativa expressa pelo Comandante da Marinha (KHALIP, 2007).

<sup>2</sup> Tanto dos reatores nucleares de potência, que geram energia elétrica, quanto os de pesquisa, que possuem utilidades diversas e estão sendo empregados, principalmente, para a produção de radiofármacos.

fase da conversão do ciclo do combustível nuclear seja inteiramente realizada no Brasil, assim como o projeto e a construção de novos reatores nucleares de potência.

Sendo um programa de grande porte e multidisciplinar, o PNM tem apresentado resultados considerados estratégicos e atuado como elemento propagador de conhecimento e de tecnologias avançadas contribuindo, com suas conquistas, para o crescimento do poder do Estado.

O cenário atual, caracterizado no âmbito interno pela crescente demanda de energia elétrica e no âmbito externo pelas preocupações relacionadas à contenção das emissões de carbono para o combate ao aquecimento global, é francamente favorável à retomada do PNB e do PNM.

Recomenda-se que a MB intensifique as ações, visando à reversão do quadro de escassez orçamentária que, atualmente, coloca em risco a continuidade do PNM e, pela sua relevância estratégica, procure mantê-lo ativo.



## REFERÊNCIAS

- ARANHA, Fábio. O novo programa nuclear brasileiro. *Brasil Nuclear*, Rio de Janeiro, n. 28, p. 16-20, jun. 2005.
- ALVES, Rex Nazaré. *Programa Nuclear Brasileiro*. Brasília, DF: [s.n.], 1987. 22f.
- BARLETTA, Michael. *The military Nuclear Program in Brazil*. Stanford: CISAC, ago. 1997, 38 p.
- BRASIL. Constituição (1988) *Constituição da República Federativa do Brasil, 1988*. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988. 292 p.
- BRASIL. Decreto n. 1.809, de 07 de outubro de 1980. *Institui o Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro, e dá outras providências*. Brasília: Presidência da República, 1980. 3 p.
- BRASIL. Decreto n. 5.484, de 30 de junho de 2005. *Aprova a Política de Defesa Nacional*. Brasília: Presidência da República, 2005. 14 p.
- BRASIL. Desenvolvido pelas Indústrias Nucleares do Brasil S.A., 2007d. Apresenta as Indústrias Nucleares do Brasil S.A. <<http://www.inb.gov.br/yellow.asp>>. Acesso em: 04 nov. 2007.
- BRASIL. Desenvolvido pela Marinha do Brasil, 2003. Apresenta o Programa Nuclear da Marinha do Brasil. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/programanm.htm>>. Acesso em: 06 out. 2003.
- BRASIL. Desenvolvido pela Marinha do Brasil, 2007a. Apresenta o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo. <<https://www.mar.mil.br/ctmsp>>. Acesso em: 21 abr. 2007.
- BRASIL. Desenvolvido pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2007c. Apresenta o Projeto de Lei de Diretrizes Orçamentárias 2008. <<http://www.planejamento.gov.br/orcamento/conteudo/noticias/znoticia.asp?Cod=1598>> Acesso em: 27 out. 2007.
- BRASIL. *Doutrina Militar de Defesa – MD51-M-04* de 01 fev. 2007. Brasília: Ministério da Defesa, 2007b. 48 p.
- BRASIL. *Livro Branco: ciência, tecnologia e inovação*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002. 80 p.
- CAMPBELL, Collin J. *The coming oil crisis*. England: Ed. Multi-Science Publishing Company and Petroconsultants, 1997.
- CARVALHO, Roberto de Guimarães. Submarinos: A Visão da Marinha. *Boletim de Ordens e Notícias da Marinha do Brasil*, Rio de Janeiro, n. 806, p. 1-4, 19 dez. 2006.

ELETRONUCLEAR. Desenvolvido pela Eletrobrás Termonuclear S.A., 2007. Apresenta informações sobre ANGRA III. Disponível em: <[http://www.eletronuclear.gov.br/perguntas\\_respostas/perguntas\\_respostas.php?id\\_categoria=3&id\\_subcategoria=8](http://www.eletronuclear.gov.br/perguntas_respostas/perguntas_respostas.php?id_categoria=3&id_subcategoria=8)>. Acesso em: 13 jul. 2007.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa*. 3. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999. 2128 p.

FRANÇA, Junia Lessa; VASCONCELOS, Ana Cristina. *Manual para normalização de publicações técnico-científicas*. 7. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2004. 242 p.

GUERRA, Yapery Tupiassu de Britto. *Submarino Nuclear: Opção inteligente da Marinha do Brasil*. São Paulo: FIESP, jun. 1997. 34 p.

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. Conclusão da fabricação e montagem dos internos e do vaso de pressão do reator do LAB-GENE. *Economia & Energia*, Rio de Janeiro, n. 53, dez. 2005/jan. 2006. Disponível em: <[http://ecen.com/eee53/eee53p/reator\\_labegene.htm](http://ecen.com/eee53/eee53p/reator_labegene.htm)>. Acesso em: 04 abr. 2007.

IPEN. Desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2007. Apresenta informações sobre acordos de cooperação para o fornecimento de combustível nuclear. Disponível em: <<http://www.ipen.br/sitio/index.php?idm=81>>. Acesso em: 06 maio 2007.

IZIQUÉ, Cláudia. A retomada de Angra 3: Governo quer ampliar participação da fonte nuclear na matriz elétrica brasileira. *Revista Pesquisa Fapesp*, São Paulo, 13 mar 07. Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=3168&bd=1&pg=1&lg=>>>. Acesso em: 07 abr. 2007.

KHALIP, Andrei. Comandante da Marinha reclama royalties (sic) do petróleo *Reuters*, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ultimas/nacional/noticias/2007/abr/06/231.htm>>. Acesso em: 20 maio 2007.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Fundamentos de metodologia científica*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005. 315 p.

LAKO, P.; KETS, A. *Resources and future availability of energy sources*. Energy Research Centre of the Netherlands. Jun. 2005. 90 p. Relatório ECN-C-05-020. Disponível em: <<http://www.ecn.nl/docs/library/report/2005/c05020.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2007.

MATTOS, João Roberto Loureiro de; GUIMARÃES, Leonam dos Santos. Programa da propulsão nuclear da Marinha do Brasil: Catalisador do desenvolvimento tecnológico nacional. In: International Nuclear Atlantic Conference, 2002, Rio de Janeiro - RJ. *Proc. of the INAC 2002*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Energia Nuclear - ABEN, 2002.

MONTALVÃO, Wilson Jorge. Programa de propulsão nuclear naval. *Revista Marítima Brasileira*, Rio de Janeiro, v. 122, n. 01/03, p. 170-177, jan./mar. 2002.

NETO, Julio Soares de Moura. Comandante da Marinha. *Boletim de Ordens e Notícias da Marinha do Brasil*, Rio de Janeiro, n. 206, p. 1, 05 abr. 2007a.

NETO, Julio Soares de Moura. Comandante da Marinha. *Boletim de Ordens e Notícias da Marinha do Brasil*, Rio de Janeiro, n. 429, p. 1, 12 jul. 2007b.

NOMAR. Brasília: Serviço de Relações Públicas da Marinha, Ano XXXVII, n. 715, 30 nov. 2001. 8 p.

OLIVEIRA, Vagner dos Santos. Ciclo do combustível nuclear: P&D e tecnologias de arraste. In: VI Encontro Nacional de Aplicações Nucleares, 2002, Rio de Janeiro - RJ. *Proc. of the ENAN VI, 2002*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Energia Nuclear - ABEN, 2002.  
ORDOÑEZ, Ramona. País precisa de 8 usinas nucleares. *O Globo*, Rio de Janeiro, 17 maio 2007. Caderno Economia, p. 27.

RABELLO, Sidney Luiz. Proposta para discussão da reestruturação do Programa Nuclear Brasileiro: Parte I – Balanço do PNB e os benefícios das aplicações pacíficas. *Jornal da Ciência*, Rio de Janeiro, e-mail 3218, p. 5, 08 mar. 2007a. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=45105>>. Acesso em: 21 mar. 2007.

RABELLO, Sidney Luiz. Proposta para discussão da reestruturação do Programa Nuclear Brasileiro: Parte II – Premissas para um novo PNB. *Jornal da Ciência*, Rio de Janeiro, e-mail 3220, p. 5, 12 mar. 2007b. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=45177>>. Acesso em: 21 mar. 2007.

RABELLO, Sidney Luiz. Proposta para discussão da reestruturação do Programa Nuclear Brasileiro: Parte III – Situação atual dos órgãos e empresas nucleares. *Jornal da Ciência*, Rio de Janeiro, e-mail 3221, p. 3, 13 mar. 2007c. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=45226>>. Acesso em: 21 mar. 2007.

RABELLO, Sidney Luiz. Proposta para discussão da reestruturação do Programa Nuclear Brasileiro: Parte IV – Desafios e propostas. *Jornal da Ciência*, Rio de Janeiro, e-mail 3222, p. 4, 14 mar. 2007d. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=45282>>. Acesso em: 21 mar. 2007.

RABELLO, Sidney Luiz. Proposta para discussão da reestruturação do Programa Nuclear Brasileiro: Parte V – Mais propostas e considerações finais. *Jornal da Ciência*, Rio de Janeiro, e-mail 3223, p. 6, 15 mar. 2007e. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=45312>>. Acesso em: 21 mar. 2007.

RODRIGUES, Marcos Silva. *As Forças Armadas e sua importância para o desenvolvimento do Estado: O Programa Nuclear da Marinha e sua importância para o desenvolvimento do Estado Nacional*. 2006, 53 f. Monografia (Curso de Política e Estratégia Marítimas) – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2006.

RODRIGUES, Lorena. Governo quer iniciar construção de Angra 3 até o fim do ano. *Folha Online*, São Paulo, 25 jun. 2007. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u307154.shtml>>. Acesso em: 13 jul. 2007.

RUIVO, Humberto Moraes. *Programa de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear: Relatório de Gestão de 2003 – Alteração A*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2003. 25 p. Relatório.

RUIVO, Humberto Moraes; NOGUEIRA, Paulo Renato Pimentel. *Programa de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear: Relatório de Gestão de 2002*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2003. 20 p. Relatório.

SILVA, Othon Luiz Pinheiro da; MARQUES, André Luis Ferreira. Enriquecimento de urânio no Brasil: Desenvolvimento da tecnologia por ultracentrifugação. *Economia e Energia*, Rio de Janeiro, n. 54, p. 3-9, fev./mar. 2006.

SOUZA, Jair Albo Marques de. *A situação da energia nucleoeletrica no mundo*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Energia Nuclear – ABEN, out. 2000. 43 p. Relatório.

VEJA. São Paulo: Ed. Abril, 02 fev. 1977. Disponível em: <[http://veja.abril.com.br/idade/exclusivo/energia\\_nuclear/materia\\_020277.html](http://veja.abril.com.br/idade/exclusivo/energia_nuclear/materia_020277.html)>. Acesso em: 04 abr. 2007.

VIANA, Ivan de Aquino. *Programa Nuclear da Marinha*. São Paulo: FIESP, abr. 1996. 36 p.

ZENTGRAF, Maria Christina. *Introdução ao estudo da metodologia científica*. Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ, 2006. Módulo de Ensino.

ZIMMERMANN, Marcio Pereira. *A política energética brasileira*. Rio de Janeiro, 2007. Palestra proferida na Escola de Guerra Naval, em 20 jun. 2007.

## APÊNDICE - Ilustrações

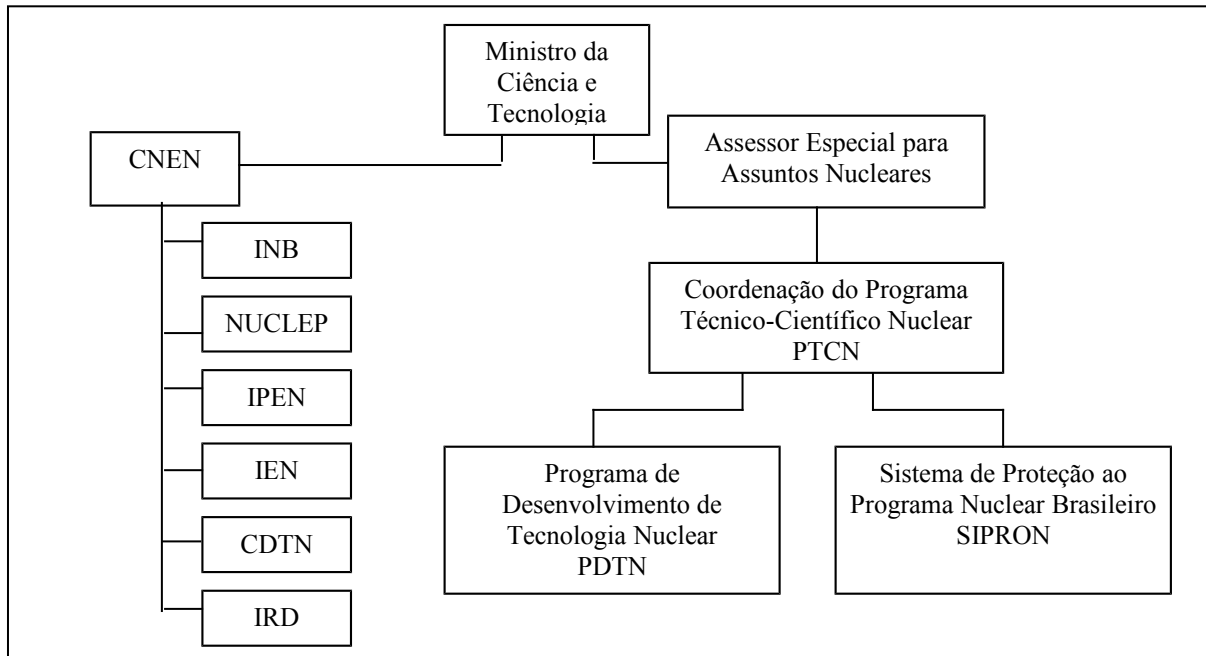


FIGURA 1 – Estrutura Informal da área nuclear do MCT.

Fonte: Ruivo; Nogueira (2003, p. 2).

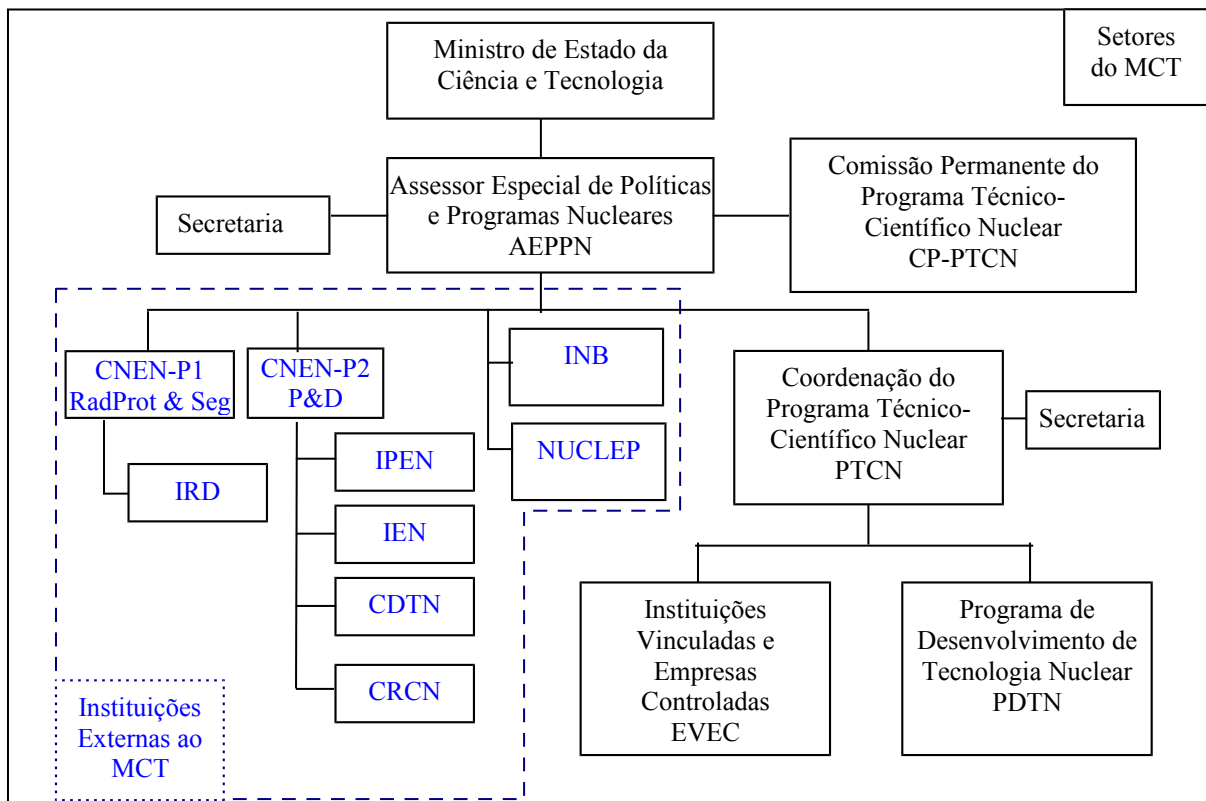


FIGURA 2 – Proposta de reestruturação da área nuclear do MCT.

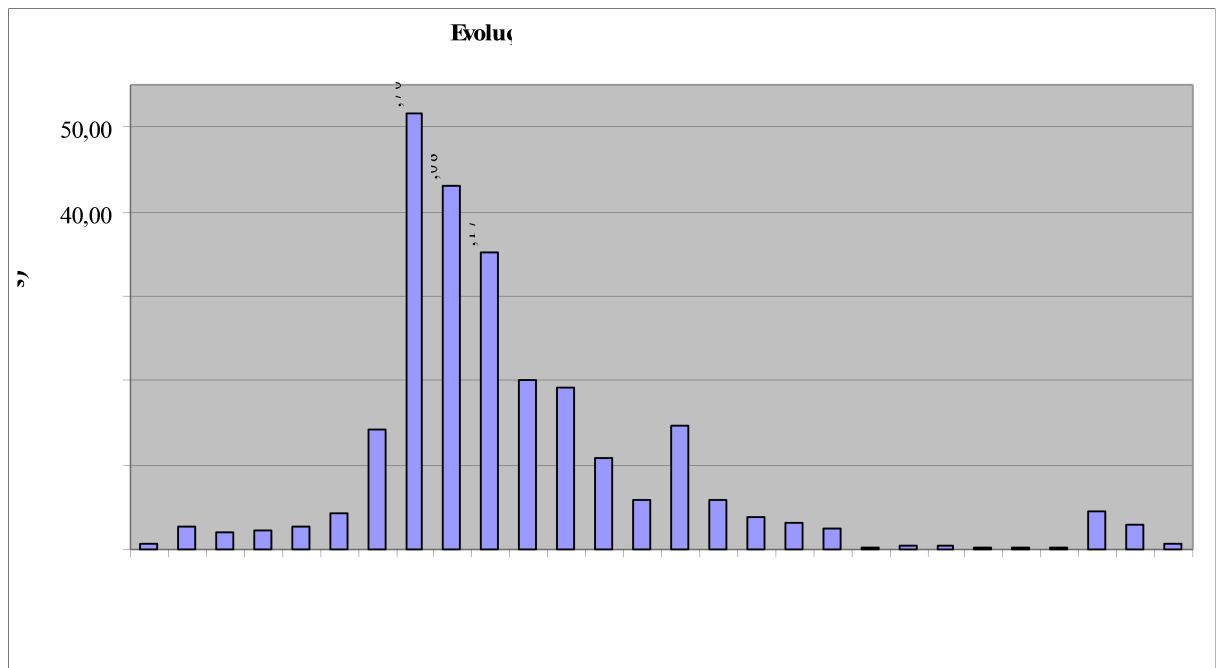


GRÁFICO 1 – Evolução do orçamento do PDTN.

Fonte: Ruivo (2003, p. 10), complementado por informações obtidas do PTCN/MCT (2004/07).  
Informações de 2007 atualizadas até o mês de maio.

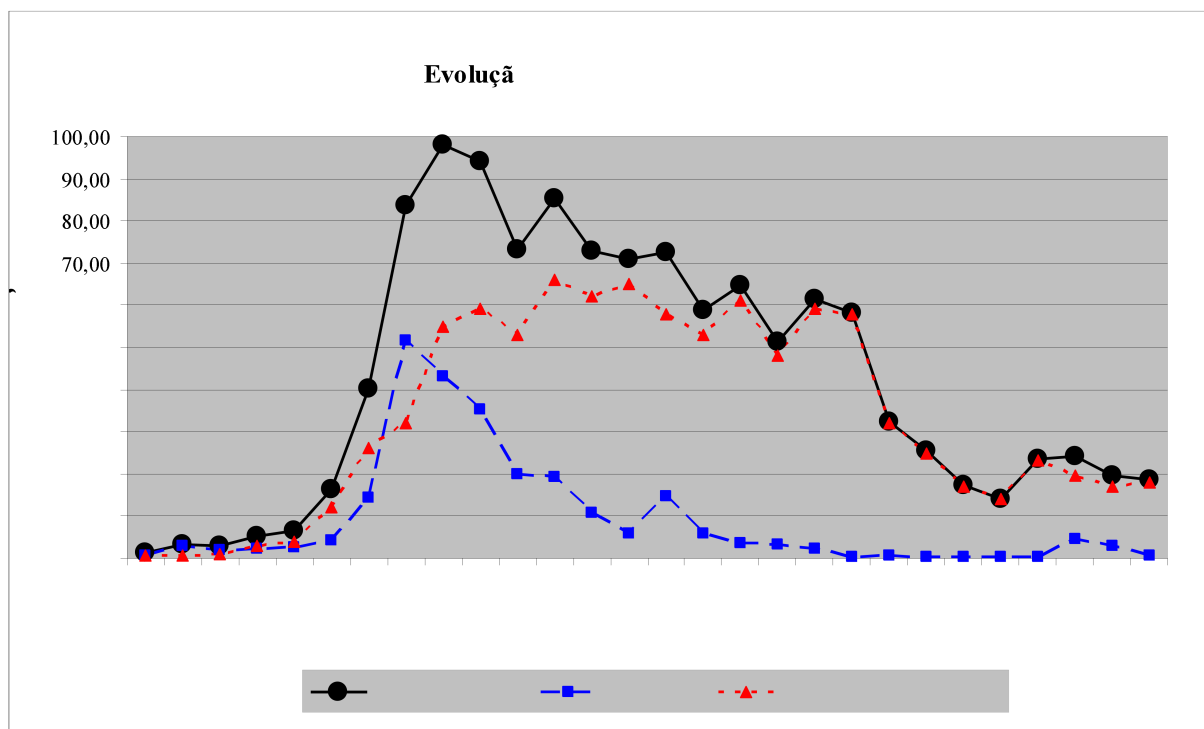


GRÁFICO 2 – Evolução do investimento anual no PNM.

Fonte: Ruivo (2003, p. 14), complementado por informações obtidas do PTCN/MCT e do CTMSP (2004/07).  
Informações de 2007 atualizadas até o mês de maio.

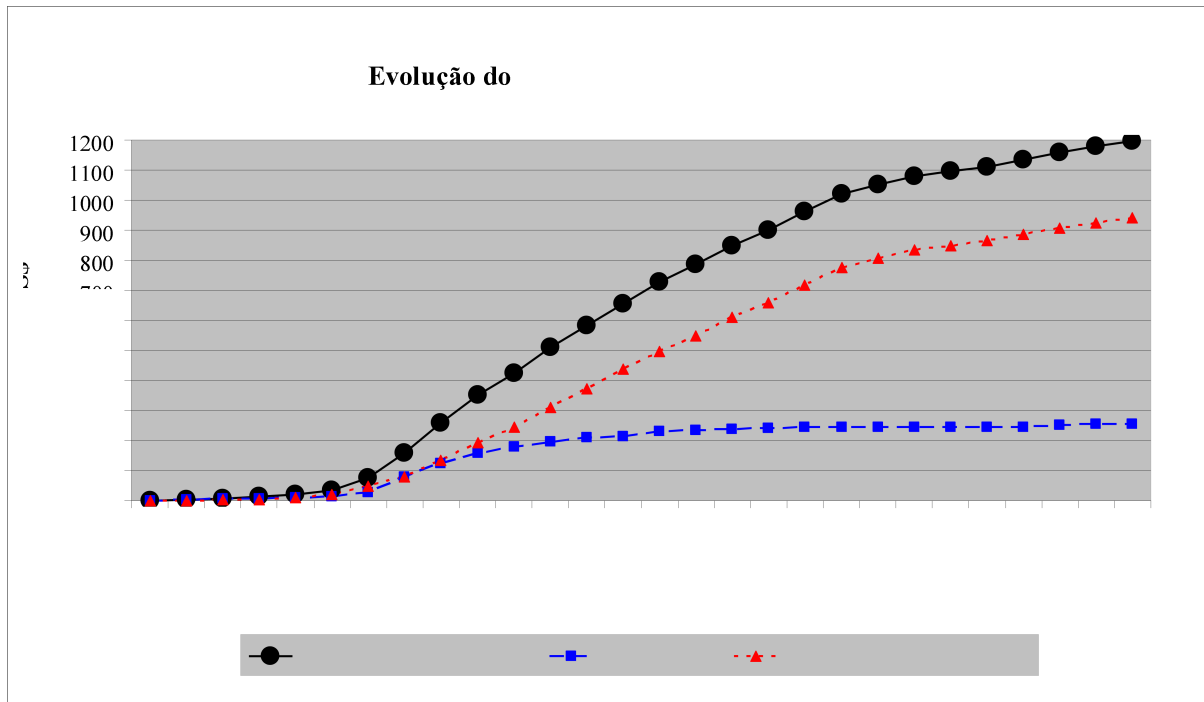


GRÁFICO 3 – Evolução do investimento acumulado no PNM.

Fonte: Ruivo (2003, p. 15), complementado por informações obtidas do PTCN/MCT e do CTMSP (2004/07). Informações de 2007 atualizadas até o mês de maio.

### ANEXO - O ciclo do combustível nuclear

Fonte: NOMAR (2001, p. 4).

A figura abaixo apresenta as fases necessárias para a fabricação do combustível nuclear, desde a prospecção do minério de urânio até a utilização do combustível na planta de produção de energia. O CTMSP recebe o concentrado de urânio (“yellowcake”), obtido no beneficiamento do mineral, e produz o elemento combustível que será empregado no núcleo do reator nuclear, utilizando-se uma técnica completamente desenvolvida no país.

As fases executadas incluem: conversão do concentrado no gás hexafluoreto de urânio; seu enriquecimento, utilizando-se a técnica de ultracentrifugação, por meio da qual se aumenta a concentração do isótopo fissil U235; reconversão do gás para a forma de pastilhas de dióxido de urânio; e montagem destas pastilhas em elementos combustíveis.

