

O PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO*

Pedro Silva Barros**
Antonio Philipe de Moura Pereira***

1 Introdução

As origens do Programa Nuclear Brasileiro (PNB) remetem aos anos 1930 e 1940, com as primeiras pesquisas nucleares na Universidade de São Paulo (USP), décadas nas quais também são localizadas as primeiras reservas de urânio em território nacional.

O início efetivo do programa, contudo, dar-se-ia com o apoio estadunidense, no contexto da Segunda Guerra Mundial. Foram criados o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) em 1956 e a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) em 1962, que passaram a compor a estrutura governamental para promover o programa nuclear nacional. Em 1965, apesar de se ter conseguido desenvolver a tecnologia para um reator nacional, o país era dependente do fornecimento de urânio enriquecido. Em 1971, contudo, começou a construção de Angra 1, com financiamento externo. No governo Ernesto Geisel (1974-1979), no contexto do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), criou-se a Empresas Nucleares Brasileiras S.A. (Nuclebrás) para incentivar a expansão do programa nuclear e atender às demandas energéticas do país.

Na década de 1970,² o Brasil propôs um acordo com a Alemanha Ocidental para construir oito reatores em território nacional, que incluiria a transferência de tecnologia para o domínio do ciclo do enriquecimento de urânio.³ Iniciou-se, com isto, a fase do desenvolvimento dependente do PNB. No acordo com a Alemanha, contudo, não houve, como previsto, significativa transferência de tecnologia – tratou-se mais de incorporação de tecnologia. Pouco depois, investimentos vultosos no setor tornaram-se inviáveis em virtude da crise pela qual passou os países em desenvolvimento, particularmente na América Latina,

* Os autores agradecem o apoio de Amena Yassine, da Subsecretaria de Energia do Ministério das Relações Exteriores, e de Marília Barros, da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea. Eventuais equívocos remanescentes ou posições defendidas são de exclusiva responsabilidade dos autores.

** Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais (Deint) do Ipea.

*** Pesquisador do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) junto à Deint/Ipea.

1. Este período – no qual a política externa ficou conhecida como *pragmatismo responsável*, estando diretamente relacionada ao aumento do preço do petróleo e à dependência energética – também foi caracterizado pelo não alinhamento automático aos Estados Unidos.

2. Por outro lado, o insucesso no processo de transferência de tecnologia foi imprescindível para que o Brasil buscase desenvolver sua própria tecnologia de geração de energia nuclear.

no início dos anos 1980. Por este motivo, a construção das usinas Angra 2 e Angra 3, prevista pelo acordo teuto-brasileiro, foi interrompida. Neste ínterim, em 1982, Angra 1 começou a gerar energia, que seria comercializada somente em 1985.

Três anos depois, dois importantes fatos ocorrem: a companhia Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB) sucedeu as subsidiárias da Nuclebrás, e a Constituição Federal, recém-aprovada, impediu o desenvolvimento, no Brasil, de armas nucleares³ o que, de fato, tinha sido um projeto sigiloso do governo na década anterior. No fim dos anos 1980, o PNB foi desarticulado. As pesquisas sobre energia, radiofármacos e submarinos continuaram, mas sem nenhuma coordenação e com orçamento escasso.

Segundo Alcañiz (2010), na América Latina, certas instituições estatais como agências de desenvolvimento de tecnologia nuclear para fins pacíficos enfrentam o receio constante de sofrer cortes e reduções drásticas de gastos. A alternativa restante a estas agências é formarem *redes burocráticas*⁴ mediante acordos de cooperação internacional, principalmente em termos de intercâmbio de informações e divisão de custos de pesquisa. Com relação aos países em desenvolvimento, o Brasil e a Argentina são possuidores de alta *expertise* na área de energia nuclear, além de serem grandes exportadores desta tecnologia.

2 A necessidade do investimento estatal

Tendo em vista esse panorama histórico, é importante destacar o papel primordial do Estado brasileiro no investimento em tecnologia nuclear. Com efeito, cabendo à União a maior parte de tudo que se refere a tecnologias nucleares, a necessidade de uma política pública para o desenvolvimento – e mesmo a manutenção – do setor torna-se absoluta.⁵ Mais que isto, é preciso que esta política pública seja assumida pelo Estado brasileiro com prioridade sobre projetos conjunturais e interesses corporativos, para que possa se constituir plenamente.

O momento presente é favorável à efetivação dessa política. Além da retomada das questões nucleares em todo o mundo, observa-se a importância da diversificação da matriz energética nacional. Pesam também os fatos de que: *i*) a energia nuclear é considerada quase limpa – questão cada vez mais urgente; *ii*) o aumento da oferta de outras fontes energéticas tem sido insuficiente para atender o contínuo aumento da

3. A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 21, inciso XXIII, prevê que é competência exclusiva da União "explorar os serviços e instalações nucleares de qualquer natureza e exercer *monopólio estatal* sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento e reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados, atendidos os seguintes princípios e condições: a) *toda atividade nuclear em território nacional somente será admitida para fins pacíficos e mediante aprovação do Congresso Nacional*; b) sob regime de permissão, são autorizadas a comercialização e a utilização de radioisótopos para a pesquisa e usos médicos, agrícolas e industriais; c) sob regime de permissão, são autorizadas a produção, comercialização e utilização de radioisótopos de meia-vida igual ou inferior a duas horas; d) a responsabilidade civil por danos nucleares independe da existência de culpa" (grifo nosso).

4. Definidas como "redes que envolvem fronteiras políticas e administrativas e garantem uma potencial alternativa aos mais formais e hierárquicos mecanismos de coordenação." (Schneider *et al.*, apud Alcañiz, 2010, tradução livre).

5. São insuficientes as discussões sobre privatização da área no Brasil. A maioria delas, contudo, não dá a devida relevância ao fato de a manutenção do setor sob o controle estatal se tratar de uma questão de segurança nacional.

demanda; e *iii*) o Brasil é reconhecido internacionalmente como um usuário pacífico da tecnologia nuclear (principalmente pela bem-sucedida cooperação com a Argentina, desenvolvida desde os anos 1980). Além disso, está em curso uma crise no fornecimento de produtos nucleoderivados, tais como radiofármacos e molibdênio.

Segundo a World Nuclear Association, a energia nucleoe elétrica produzida no Brasil é 50% mais cara que a hidrelétrica. No caso de Angra 3, espera-se que o preço seja 100% maior que o da energia hidrelétrica e do carvão, mas, ainda assim, mais barato que o da termoelétrica a gás. A despeito disto, o PNB apresenta uma série de potenciais vantagens, que o tornam não apenas viável como desejável, e justificam a necessidade de altos investimentos para a sua viabilização.

3 Fatores favoráveis à consolidação de um Programa Nuclear Brasileiro

Em primeiro lugar, mesmo tendo prospectado somente um quarto de seu território, o país já possui a sétima maior reserva de urânio do mundo (tabela 1), sendo o décimo segundo maior produtor mundial do minério (tabela 2). As maiores concentrações se encontram em Poços de Caldas (em Minas Gerais; inoperante desde 1997), Caetité (na Bahia; operando desde 1999) e Santa Quitéria (no Ceará; o começo da produção está previsto para 2012). Todo o urânio extraído é utilizado no Brasil depois de passar por etapas de conversão e enriquecimento fora do país.

TABELA 1
Reservas conhecidas de urânio (2007)

País	Toneladas de U	Percentual (mundo)
Austrália	1.243.000	23
Cazaquistão	817.000	15
Rússia	546.000	10
África do Sul	435.000	8
Canadá	423.000	8
EUA	342.000	6
Brasil	278.000	5
Namíbia	275.000	5
Níger	274.000	5
Ucrânia	200.000	4
Jordânia	112.000	2
Uzbequistão	111.000	2
Índia	73.000	1
China	68.000	1
Mongólia	62.000	1
Outros	210.000	4
Total mundial	5.469.000	100

Fonte: World Nuclear Association. Disponível em: <http://www.world-nuclear.org/info/uprod.html>. Acesso em abril de 2010.

TABELA 2

Maiores produtores de urânio (2008)
(Em tU)

País	Produção (2008)
Canadá	9.000
Cazaquistão	8.521
Austrália	8.430
Namíbia	4.366
Rússia	3.521
Niger	3.032
Uzbequistão	2.338
EUA	1.430
Ucrânia	800
China	769
África do Sul	566
Brasil	330
República Tcheca	263

Fonte: World Nuclear Association. Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/uprod.html>>. Acesso em abril de 2010.

Atualmente, o Brasil utiliza centros de gaseificação no Canadá e de enriquecimento de urânio na França. Com a expansão do parque nuclear nacional, o país pode se tornar independente do beneficiamento externo e, caso se confirme o esperado – um milhão de toneladas em reservas de urânio –, pode também se tornar exportador do minério, cujo preço no mercado internacional aumentou aproximadamente 354% desde 2004 (de US\$ 12 em 2004 para US\$ 45,50 por libra-peso em outubro de 2009).

Espera-se que o país possua, a partir de 2014, além do domínio tecnológico do ciclo completo do combustível nuclear, a possibilidade de sua efetivação em território nacional – o que, além de vantajoso para a autonomia do país no setor e a segurança nacional, também é essencial para a propulsão de um submarino nuclear. Ressalte-se que, além da inovação tecnológica e dos ganhos em defesa, o submarino nuclear brasileiro pode impulsionar também a indústria naval no país, que já se encontra reativada.⁶ De fato, possuir a tecnologia de enriquecimento de urânio não apenas viabiliza o PNB como, no longo prazo, ainda pode tornar o país um fornecedor de urânio enriquecido para usinas estrangeiras. A garantia de demanda interna é prerequisite para viabilizar a economia de escala necessária à incorporação de tecnologia e à produção nacional de todo o ciclo de enriquecimento. Isto pode, ainda, significar a entrada do Brasil no estratégico e sensível mercado internacional de urânio enriquecido.⁷

6. A indústria naval brasileira, que fora a segunda maior do mundo no início da década de 1980, foi praticamente desativada nos anos 1990 e retomada na década de 2000, particularmente por conta de uma mudança na política de compras da Petrobras, que passou a privilegiar fornecedores nacionais.

7. Por se tratar de um segmento sensível, com estrutura produtiva inconversível e custos fixos elevados, há que se ter demanda interna mínima capaz de suprir eventuais contrações do mercado internacional.

Em termos de segurança energética, por fim, a energia nuclear apresenta uma produção estável, próxima aos grandes centros consumidores, segura e não sazonal. Ela pode contribuir significativamente para a diversificação da matriz energética nacional, garantindo a autonomia e a soberania nacional.

4 Os três eixos estruturantes do Programa Nuclear Brasileiro

O PNB, ou seja, a coordenação das políticas públicas que consolidaria os temas nucleares no Brasil, deveria tomar indissociáveis o desenvolvimento de tecnologias nacionais para os setores de energia e de radiofármacos. O PNB teria como meta-exemplo o desenvolvimento do reator multipropósito brasileiro (RMB), com capacidade para produzir desde radioisótopos – que permitiriam a autossuficiência do país na área – até traçadores, passando pelo desenvolvimento de novos combustíveis e pela formação de recursos humanos. Fica, pois, claro o conceito de um PNB enquanto combinação estratégica de economia de recursos – no médio e longo prazo –, desenvolvimento tecnológico, ganhos em segurança, diversificação da pauta exportadora e da matriz energética, bem como, por consequência, diminuição da importação de determinados bens.

O PNB se estrutura em torno de três principais áreas: a produção de energia nucleoeletrica, radiofármacos e combustível para o submarino nuclear. A sinergia entre as atividades de um programa nuclear articulado encontra eco no RMB – com previsão de funcionamento em Aramar, no interior de São Paulo⁸ –, capaz de integrar objetivos de diversos ministérios.⁹

4.1 Energia nucleoeletrica

O planejamento energético brasileiro para 2030 prevê que a participação da energia nuclear na matriz energética nacional dobre, correspondendo a 3% da produção nacional de energia elétrica. A ampliação da produção de energia nucleoeletrica ganhou legitimidade na década de 2000, por fatores internos e internacionais. Se, em âmbito nacional, o apagão de 2001 legitimou maiores investimentos estatais na produção e distribuição de energia, em âmbito global, as preocupações ambientais estimularam a reativação de programas de geração de energia nuclear, notadamente menos emissores de gases de efeito estufa que os combustíveis fósseis – até mesmo que o etanol. O planejamento prevê que, entre 2014 e 2030, a cada quatro anos, entre em funcionamento uma usina nuclear com capacidade de geração de 1.000 MW.

8. O terreno é vizinho ao da base da Marinha, que desenvolve o submarino à propulsão nuclear.

9. Ministério da Ciência e Tecnologia (formação de recursos humanos, pesquisa, desenvolvimento e inovação); Ministério da Saúde (ampliação da capacidade nacional de produção de radiofármacos); Ministério de Minas e Energia (nacionalização da tecnologia e diversificação e aumento da oferta energética); Ministério da Defesa (teste de combustíveis e irradiação de materiais); Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (consideração do RMB como instrumento de desenvolvimento de inovação tecnológica); e, por fim, Ministério do Meio Ambiente (licenciamento nuclear e ambiental e produção de traçadores).

A efetivação das metas previstas para a produção de energia nucleoe elétrica garantiria a demanda para que o programa nuclear brasileiro realizasse internamente todo o ciclo de enriquecimento do urânio e para que a tecnologia necessária fosse completamente incorporada e periodicamente renovada. Além disso, o aumento da geração deste tipo de energia aumentaria a confiabilidade do Sistema Interligado Nacional. A energia gerada pelas usinas de Angra 1, 2 e 3 – quando entrar em operação – será capaz de atender a 80% da demanda do estado do Rio de Janeiro (SILVA, 2010).

4.2 Produção de radiofármacos

Os radioisótopos são incorporados a moléculas (radiofármacos), que são metabolizadas e absorvidas temporariamente ao organismo, com duas possibilidades de uso. A primeira se refere aos diagnósticos realizados por meio da imagem de sua emissão gama atravessando o corpo humano; a segunda diz respeito à terapia feita mediante a destruição de tecidos circunvizinhos, particularmente no tratamento do câncer. O Brasil, por meio do Ipen, já elabora 39 produtos – dos gerados em reatores, como o Mo-99 e o Iodo-131, aos processados no ciclotron, como o FDG (F-18) e o TI-201.

Cerca de 80% de todos os procedimentos de medicina nuclear no Brasil utilizam o Tc-99m, oriundo do Mo-99. Os procedimentos alternativos são menos eficazes, menos efetivos e não universais. O consumo nacional de Tc-99m é garantido pela conversão de molibdênio importado feita no Ipen/CNEN, com tecnologia 100% nacional.

A maior parte da produção mundial (95%) de Mo-99 estava distribuída, no início de 2009, em cinco grandes laboratórios: 31% era produzido no RNU (Canadá), 33% no HFR (Holanda), 13% no Safari-1 (África do Sul), 10% no BR2 (Bélgica), e 8% no Osiris (França), todos com mais de 40 anos (período aconselhável para o reator deixar de ser utilizado). Em maio de 2009, o laboratório canadense deixou de operar por problemas técnicos e, em fevereiro de 2010, o mesmo ocorreu com o laboratório holandês. Considerando-se que o consumo *per capita* de molibdênio-99 no Brasil é metade do da Argentina e da União Europeia, e um sexto do consumo dos Estados Unidos, a demanda interna atual e sua expectativa de crescimento são mais que suficientes para justificar a produção local do molibdênio-99 e o desenvolvimento nacional de uma cadeia industrial completa de radiofármacos. Uma possível solução seria a criação de uma empresa trinacional ou regional de produção de molibdênio amparada no PNB e apoiada pelo reator nuclear peruano de fabricação argentina, que se encontra atualmente subutilizado.

4.3 Submarino nuclear brasileiro

A produção de um submarino movido à propulsão nuclear pela Marinha do Brasil vem se arrastando há algumas décadas, devendo ter seu protótipo concretizado em 2014. No momento em que se aproxima a fase de execução do projeto, surge a necessidade de consumo

de combustível nuclear. A Marinha deve começar a converter hexafluoreto de urânio em usina própria também em 2014. Está previsto para o ano seguinte o início da construção do submarino nuclear, que deve estar pronto em 2020. O cronograma de produção do submarino nuclear brasileiro coincide com a expansão da produção de petróleo e gás na camada pré-sal do litoral brasileiro, fato que garante maior legitimidade social ao projeto em virtude da necessidade de proteção das reservas nacionais.

5 Considerações finais

Em uma realidade internacional na qual a preocupação com o uso de energias limpas aumenta e na qual há uma flagrante retomada dos temas nucleares, é imprescindível que o país também retome a discussão sobre tecnologia nuclear. No que diz respeito à realidade nacional, o Brasil tem uma matriz energética das mais limpas e diversificadas do mundo. Uma década após passar por uma grave crise no setor, o país se encontra na transição de importador para exportador líquido de energia. Esta situação se tornou viável, principalmente, graças às segundas descobertas de reservas de petróleo e gás na Bacia de Santos. A abundância de petróleo e a falta de planejamento podem levar ao desestímulo de programas bem-sucedidos, como o de produção de etanol, e à rejeição de outros a um segundo plano. O efeito de longo prazo seria a deterioração da matriz brasileira e uma maior vulnerabilidade do país no que se refere à segurança energética, pelo não acompanhamento tecnológico de fontes não fósseis. Neste quadro, urge a consolidação de uma política pública adequada e com orçamento compatível para o setor nuclear.

Um programa nuclear coeso implica ações articuladas para os diferentes usos desta tecnologia. Atualmente, as principais finalidades do desenvolvimento nuclear no Brasil dizem respeito à produção de energia elétrica, radiofármacos e combustível para submarinos de propulsão nuclear. Conjugue-se, a partir destes objetivos, segurança energética, desenvolvimento tecnológico e rentabilidade, entre outras coisas. Como visto, a conjuntura é favorável à retomada de investimentos nas três áreas. É aconselhável, para o aproveitamento deste cenário, um planejamento único das funções de pesquisa, desenvolvimento e fiscalização, além de um programa de recursos humanos que contemple a formação de pessoal qualificado.

Enfim, faz-se, pois, necessária a consolidação de um programa nacional que articule e dê prosseguimento aos esforços existentes e passados, sob a base das limitações atuais, avançando, em um projeto há muito iniciado, para a autonomia e o desenvolvimento nacional.

REFERÊNCIAS

- ALCAÑIZ, I. Bureaucratic networks and government spending: a network analysis of nuclear cooperation in Latin America. *Latin American Research Review*, vol. 45, n. 1, p. 148-172, 2010.
- SILVA, O. Rumo a 2022: desafios estratégicos para o Programa Nuclear Brasileiro. In: *Seminário "Encontros da SAE Rumo a 2022"*. Brasília: 2010.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

DUARTE, S. Oficina de Trabalho Desafios estratégicos para o programa nuclear brasileiro. *In*: Seminário “**Encontros da SAE Rumo a 2022**”. Brasília: 2010.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL (INB). **FCN enriquecimento**. Disponível em: <http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/Interna2.aspx?secao_id=59>. Acesso em: 10 de março de 2010.

SENRA, A. Rumo a 2022: desafios estratégicos para o Programa Nuclear Brasileiro. *In*: **Seminário “Encontros da SAE Rumo a 2022”**. Brasília: 2010.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Nuclear power in Brazil**. Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf95.html>>. Acesso em: 8 de março de 2010.