

# O Programa Nuclear da Marinha nos contextos nacional e internacional

Luciano Pagano Junior<sup>1</sup>

---

O Programa Nuclear da Marinha (PNM) foi criado sob a égide do desenvolvimento da tecnologia própria. Sua principal motivação foi estratégica, visando conferir à Marinha melhores condições para a consecução da sua missão constitucional, por meio da construção de um reator nuclear para propulsão nuclear de submarinos. A prática decorrente do princípio básico da tecnologia autóctone permitiu a nacionalização de grande parte da cadeia de suprimentos e do conhecimento associado a ela. As suas consequências mais visíveis são a implantação de todas as etapas do ciclo do combustível nuclear, em particular do processo de enriquecimento isotópico de urânio, em escala piloto ou de demonstração.

O ciclo do combustível nuclear é constituído por vários processos físico-químicos que, em sequência, permitem fabricar o combustível nuclear usado em reatores de potência, comerciais ou não. O ciclo é constituído pelas etapas de prospecção e mineração; conversão; enriquecimento; reconversão e fabricação do elemento combustível. A primeira é executada pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB), estatal responsável pelo abastecimento do combustível para as usinas nucleares brasileiras. O Brasil possui a sétima maior reserva de urânio do planeta, tendo prospectado apenas um terço do seu território. Estima-se que as reservas brasileiras possam ser a segunda ou a terceira maior do mundo. A unidade da INB localizada em Caetité, a 800 km de Salvador, responde pela extração e beneficiamento do urânio brasileiro na forma de *yellow cake*. A tecnologia requerida para esta etapa do ciclo é amplamente dominada, e a futura expansão da capacidade produtiva, para atender Angra III e usinas subsequentes, depende tão somente de investimentos para garantir a autossuficiência nacional.

---

<sup>1</sup> Superintendente do Programa Nuclear da Marinha do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP).

A etapa de conversão, por meio da qual o *yellow cake* é transformado em hexafluoreto de urânio – HU, não está implantada em escala industrial no país. Por esta razão, o *yellow cake* brasileiro é enviado pela INB à França ou ao Canadá (depende de licitação internacional) para ser transformado em HU. A Marinha, por sua vez, está construindo uma unidade piloto de conversão para demonstrar a sua tecnologia e, sobretudo, para atender suas necessidades operacionais. Esta unidade, com conclusão prevista para o ano corrente, não é capaz de atender a demanda industrial de Angra I, II e III (cerca de quarenta vezes maior). Entretanto, ela poderá servir de paradigma para o projeto, construção e operação de uma unidade industrial para a INB, adequada à demanda comercial das usinas brasileiras. A tecnologia para tanto está disponível na Marinha.

A etapa de enriquecimento isotópico constitui o principal gargalo tecnológico do ciclo do combustível nuclear. Não é por acaso que ela representa cerca de 34% do preço de um elemento combustível. O mercado internacional de serviços de enriquecimento é oligopolista, concentrado em poucas empresas, e sujeito a rígido controle de exportação por parte dos países desenvolvidos. Desta forma, governos estrangeiros controlam o acesso a este serviço. Por esta razão e pelo caráter estratégico desta tecnologia, a Marinha desenvolveu o seu próprio processo de enriquecimento na década de 1980 e, desde então, vem aperfeiçoando por meio do aumento de produtividade do elemento separativo: as ultracentrífugas. Dada a importância econômica desta etapa, a Marinha e a INB firmaram um acordo para a construção, ora em curso, de uma unidade industrial de enriquecimento isotópico de urânio em Resende, RJ, com o propósito de atender a 100% das necessidades de Angra I e 20% das de Angra II. Assim, a tecnologia desenvolvida pela Marinha com fins estratégicos poderá gerar benefícios comerciais concretos para a indústria brasileira. Apenas oito países no mundo são capazes de enriquecer urânio comercialmente.

A reconversão e fabricação do elemento combustível são etapas rotineiramente realizadas na INB. O conhecimento do processo de fabricação não implica, entretanto, o domínio do projeto de elementos combustíveis. Esta é uma tecnologia ainda em desenvolvimento, sobretudo no âmbito da Marinha, que requer a implantação de laboratórios de validação e testes. Não obstante, dado um projeto de combustível, a INB e a Marinha têm tecnologia e infraestrutura para produzi-lo em escala industrial e piloto, respectivamente.

Por fim, o primeiro reator nuclear de potência projetado por brasileiros está em construção nas instalações da Marinha em Iperó, SP. A sua conclusão está prevista para 2014, quando os testes pré-operacionais e o seu comissionamento deverão ser iniciados. Dada a sua baixa potência, o seu projeto específico não é adequado à aplicação imediata na geração comercial de energia elétrica. Contudo, a tecnologia de sistemas e materiais desenvolvida para a sua construção e o *feed-back* a ser obtido durante a sua operação constituem importante base de conhecimento para o projeto de reatores maiores. Vale notar que a indústria nuclear norte-americana teve sua gênese no projeto de propulsão nuclear da *US Navy* na década de 1950.

A crescente demanda por energia, sobretudo nas economias emergentes, e a necessidade do controle da emissão de gases com forte efeito estufa apontam para o renascimento da energia nuclear no mundo. A maior participação da fonte nuclear na matriz energética das grandes economias traz incertezas quanto à disponibilidade de matérias-primas e de serviços especializados na próxima década. Especialistas preveem a possibilidade, dependendo do crescimento econômico futuro, da falta de urânio e de serviços de conversão e de enriquecimento. Naturalmente, a indústria nuclear mundial pode reagir e investir na exploração de novas minas de urânio e na construção de usinas de conversão e de enriquecimento. Este cenário representa interessante oportunidade para a indústria nuclear brasileira, já que dispomos da tecnologia para todas as etapas do ciclo do combustível e de amplas reservas de urânio. Apenas três países no mundo dispõem de tecnologia abrangendo todo o ciclo e de abundantes reservas minerais de urânio: EUA, Rússia e Brasil.

## 1. Desafios e propostas

Para que o Brasil possa se posicionar de forma vantajosa na indústria nuclear mundial – mesmo que não o faça na condição de exportador, permanecendo protegido contra eventuais desabastecimentos de mercado, faz-se necessário consolidar a tecnologia já desenvolvida e incorporá-la ao processo produtivo. A importância dessa transformação, do conhecimento de laboratório para a produção, decorre da participação da energia nuclear na economia brasileira, já que cerca de metade da energia elétrica consumida no estado do Rio de Janeiro é gerada em Angra I e Angra II. A participação e a importância tendem a crescer com a construção de Angra III.

Os desafios imediatos do PNM estão concentrados na conclusão das unidades ora em construção, o que, naturalmente, depende da manutenção do orçamento previsto ao longo dos próximos quatro anos. A unidade piloto de conversão e o protótipo do reator de propulsão permitirão a consolidação da tecnologia em desenvolvimento no âmbito da Marinha. Embora não diretamente ligado ao PNM, o aumento de capacidade de fabricação de ultracentrífugas pela Marinha representa um enorme desafio a ser vencido, caso haja a decisão do MCT em expandir a capacidade de enriquecimento industrial da INB em Resende, RJ. Esta decisão, é importante frisar, acarretaria o aumento de escala deste processo fabril, permitindo a nacionalização de diversos insumos que ora são importados.

Em todos os cenários, se faz importante discutir e implementar um modelo de gestão compatível com a execução de projetos com alto risco tecnológico, incluindo:

a) uma sistemática mais adequada para aquisição de bens e serviços; b) um processo de financiamento que permita certa estabilidade orçamentária plurianual; c) e a utilização do sistema de

pesquisa e desenvolvimento para a formação e fixação de jovens pesquisadores e engenheiros em áreas estratégicas, tais como a nuclear. Cada um destes itens constitui uma proposta de modificação do modelo de gestão atual que, a juízo deste autor, facilitaria enormemente a consolidação e, mesmo, a expansão das conquistas já realizadas.

- a) Nova sistemática para aquisição de bens e serviços: a lei de licitações vigente não oferece ferramentas adequadas para lidar com situações comuns em projetos complexos, tais como: a1) como licitar serviços que envolvam informações sigilosas sem divulgar amplamente segredos tecnológicos (às vezes necessários para descrever o objeto da licitação) e sem ferir os princípios da administração pública, dentre eles o da transparência?; a2) como licitar serviços e produtos ainda em fase de protótipo, onde há elevado risco tecnológico de insucesso por parte do contratado? Normalmente, as empresas evitam assumir riscos pouco conhecidos, já que seriam penalizadas pelo insucesso nos termos da lei, o que inibe o processo de inovação;
- b) Financiamento com estabilidade orçamentária: b1) a incerteza do orçamento plurianual faz que os projetos sejam divididos em objetos “licitáveis” dentro do exercício corrente e do valor nele disponível. Esta prática introduz interfaces e a consequente divisão de responsabilidade dentro do projeto. Um bom exemplo é a montagem de unidades piloto, em que a empreiteira que montou a primeira parte da instalação pode não ser a mesma que vencerá as licitações subsequentes (nos anos seguintes). Nesse caso, a clara identificação de responsabilidades sobre eventuais defeitos e mal funcionamento não é uma tarefa simples. As dificuldades aumentam muito quando a contratação de um determinado objeto interfere nas atividades de um terceiro, caso típico de equipamentos que atrasam a montagem de instalações. Equipamentos que não foram contratados conforme previsto no planejamento do projeto, por conta da falta de recursos (ou contingenciamento), atrasam a obra como um todo e aumentam o retrabalho; e b2) a irregularidade do orçamento tem consequência direta sobre o desenvolvimento de produtos e serviços por parte das empresas participantes da cadeia de suprimento. No início da década de 1990, várias pequenas empresas de alta tecnologia foram formadas em torno do PNM. Com as dificuldades orçamentárias vividas pela Marinha desde o final daquela década até alguns anos atrás, os bens e serviços desenvolvidos não foram contratados neste período e aquelas empresas perderam a sua capacitação ou faliram. Um exemplo emblemático é a fabricação de válvulas para vácuo. A empresa fornecedora saiu do mercado e, hoje, a fabricação é feita pela própria Marinha, que verticalizou sua produção. Assim, a inovação ao longo da cadeia de suprimentos depende da continuidade de encomendas, o que, por sua vez, depende da estabilidade orçamentária;

c) Formação e fixação de mão de obra especializada: a idade média dos trabalhadores da área nuclear é superior a cinquenta anos. A renovação, com a superposição de atuação, é fundamental para a manutenção da tecnologia desenvolvida nas últimas décadas. A tecnologia está, em grande parte, nas pessoas. Ela é formada pelo conhecimento adquirido e pela experiência prática vivida pelos técnicos que participaram da sua criação. A melhor forma de mantê-la e permitir sua posterior expansão é formar novos talentos e fixá-los nas instituições que atuam na área, permitindo a convivência entre novos e experientes talentos e a “passagem de serviço”. A superposição da atuação entre recém-formados e especialistas próximos da aposentadoria, por alguns anos, é pré-requisito para a manutenção da tecnologia existente. O sistema de pós-graduação brasileiro forma cerca de dez mil doutores por ano, muitos dos quais não conseguem colocação no mercado. O problema imediato está na fixação de pesquisadores nas instituições e empresas que constituem o setor nuclear brasileiro. Para tanto, uma das possibilidades, no âmbito da política de CT&I, é a implantação de bolsas de fomento tecnológico e de pós-graduação em áreas de interesse da indústria nuclear. Desta forma, os bolsistas desenvolveriam suas atividades em temas escolhidos pelas empresas e instituições nucleares, relacionando-os a tecnologias do setor e agregando valor ao processo produtivo. Esta ferramenta permitiria, ainda, transferir conhecimentos às universidades brasileiras, muito embora não resolva por completo o problema da fixação da mão de obra formada.

## 2. Recomendações

A renovação do modelo de gestão vigente poderia, de maneira incisiva, fortalecer a política de desenvolvimento produtivo e a inovação tecnológica no âmbito da indústria nuclear e da sua cadeia de suprimentos. Para tanto, três ações são recomendadas para a política de CT&I: a implantação de uma nova sistemática para aquisição de bens e serviços especiais da cadeia de suprimentos da área nuclear; o estabelecimento de um sistema de financiamento com estabilidade orçamentária plurianual; e a implantação de bolsas de pós-graduação e de fomento industrial para a formação e fixação de mão de obra especializada, renovando a força de trabalho do setor com idade próxima da aposentadoria.