

A Energia Nuclear no Brasil

Olga Simbalista

*Engenheira eletricista e nuclear e, atualmente,
presidente da Associação Brasileira de Energia Nuclear (ABEN).*

“A energia nuclear é um caso único na história da ciência brasileira. Pela primeira vez, o Brasil acompanhou uma revolução científica, desde o nascedouro, até sua aplicação nos laboratórios. Os cientistas brasileiros acompanharam cada passo daquela que pode ser considerada a mais importante descoberta científica, desde o domínio do fogo pelo homem primitivo, e, com certeza, a mais importante do século XX, tanto do ponto de vista energético e tecnológico, quanto do militar e estratégico. Essa inédita conquista científica brasileira se deveu, em grande parte, ao almirante Álvaro Alberto da Motta e Silva” (Camargo Guilherme – *O Fogo dos Deuses*).

Álvaro Alberto nasceu em 23 de abril de 1889, no Rio de Janeiro, descendente de imigrantes portugueses da ilha dos Açores. Sua família, em particular seu avô João Álvaro, dedicou-se à química de explosivos, com o desenvolvimento de aparelhos para ensaios químicos,

da brasilita, um explosivo patenteado no Brasil, nos Estados Unidos e nas principais nações europeias, no início do século XX, mas que contou com forte reação na Alemanha, pela oposição da empresa Nobel de explosivos. Esse processo na Europa fez com que o pai de Álvaro Alberto se mudasse com a família para Bruxelas, onde frequentou o Instituto Técnico Dupuiche, que teve grande influência na formação intelectual do jovem, com então 12 anos.

No Brasil, Álvaro Alberto ingressou na Escola Naval, onde foi sempre o primeiro aluno, retornando depois como professor e pesquisador na área de explosivos, com vistas a contribuir para o desenvolvimento nacional de material bélico. Em 1917, criou a indústria de explosivos F. Venâncio & Cia, que, em 1928, se transformou na Sociedade Brasileira de Explosivos Super-rupturina S.A. Em 1922, ingressou na Academia Brasileira de Ciências e, no ano seguinte, fundou a Sociedade Brasileira de Química, sempre atento às evoluções científicas; em 1939, incluiu a energia nuclear no programa de ensino da Escola Naval.

Em meados da década de 1920, o Brasil recebeu a visita de dois dos maiores expoentes da ciência mundial: Albert Einstein e Marie Curie, o que proporcionou uma oportunidade única à comunidade científica para debater as novas descobertas e teorias científicas.

Em 4 de maio de 1925, Einstein aportou no Rio de Janeiro e participou de diversos eventos, como uma Conferência no Clube de Engenharia e outra na Academia Brasileira de Ciências (sendo recebido pelo presidente Arthur Bernardes). Suas novas ideias despertaram intensa polêmica nos meios científicos, influenciando profundamente os rumos da ciência brasileira, graças a uma forma agregadora de transmitir uma nova visão da ciência, em contraposição à visão positivista de um grupo ativo de acadêmicos, que exercia grande influência na cultura científica brasileira.

Sua famosa e singela fórmula $E=mc^2$, criou um novo modo de pensar a física, transformando não só o pensamento científico do século XX, como também o cotidiano da humanidade, entre eles, o conceito da criação do universo, por meio de um *big bang*, no qual, durante cerca de 10 a 43, uma superforça, ou um Deus, teria sido transformada em matéria e, cerca de 700 mil anos depois, o primeiro átomo se consolidou.

Nos salões europeus, ávidos por atividades intelectuais em nome da diversão, as descobertas da física eram discutidas e, em agosto de 1922, a *Nouvelle Revue Française* publicou um artigo de Camille Vettard, intitulado “Proust et Einstein”, atribuindo a ambos a redescoberta do Tempo.

Em 1926, Marie Curie aportou no Rio de Janeiro, sendo recebida em sessão solene na Academia Brasileira de Ciências, em 24 de agosto, em um evento secretariado pelo jovem oficial da Marinha, de 27 anos, Álvaro Alberto, com a presença da elite da comunidade científica nacional, para ouvir relatos sobre a radioatividade, que se iniciou da seguinte forma: *Tout radio-élément est envoie de transformation, suivant une loi exponentielle, d'accord avec laquelle au bout d'un laps du temp, la transformation est complete.*

Em 1934, o Brasil recebeu mais um visitante ilustre, o grande físico italiano Enrico Fermi, que, na Academia Brasileira de Ciências, relatou sua famosa experiência, na qual bombardeou átomos de urânio, achando que estava produzindo elementos “transurânicos”, como Álvaro Alberto os batizou. Conforme relatos, Fermi forneceu, em primeira mão, muitos dos resultados ainda não publicados sobre a obtenção de novos elementos radioativos artificiais.

O conhecimento de Álvaro Alberto não se restringia ao mundo das ciências, como se pode verificar nos quatro volumes de sua obra enciclopédica *À margem da ciência*, onde está evidenciado seu vasto conhecimento da literatura, das artes, da poesia e da filosofia. Roberto Campos, em suas memórias, cita:

“Trata-se de um cientista de mérito e físico a quem se credita a invenção de dois explosivos: a alexandrita e a rupturita. Viria a ser depois o fundador e primeiro presidente do Conselho Nacional de Pesquisas. Álvaro Alberto esbanjava erudição. Lembro muito um seu discurso de nove páginas, em que contei 26 citações. Não escapava ninguém, de Demócrito a Aristóteles, de Einstein a Schrödinger.”

Cabe destacar que Roberto Campos era totalmente contra quaisquer iniciativas brasileiras no campo da pesquisa nuclear, classificadas por ele como aventuras “nacionaloides”, visando obter *bombettes atômicas*.

As ciências físicas ganharam grande impulso no país a partir da década de 1930, com a criação da Universidade de São Paulo (USP), em 1934, e a do Distrito Federal, em 1935. Na USP, a organização do Departamento de Física contou com participações como as de Marcello Damy, Mário Schenberg, Paulus Pompéia, Oscar Sala, Mário Shützer, César Lattes, entre outros, para realizar os primeiros trabalhos experimentais e teóricos sobre radiação cósmica e física nuclear.

No Rio de Janeiro, o Instituto Nacional de Tecnologia iniciou, em 1934, um promissor programa de pesquisas sobre radiações cósmicas e sobre as propriedades dos dielétricos. Esse grupo recebeu um enorme reforço intelectual, com a transferência de um grupo de cientistas pernambucanos para o Rio, entre os quais se destacavam José Leite Lopes e Mário Schenberg, que, posteriormente, trabalhou

com Enrico Fermi, Wolfgang Pauli e na equipe dos Curie e Hervásio Guimarães de Carvalho, ilustre membro deste Conselho Técnico da CNC e o primeiro Ph.D, no mundo, em energia nuclear, em 1954, pela Universidade da Carolina do Norte.

Em 1935, Álvaro Alberto assumiu a presidência da Academia Brasileira de Ciências, quando já era uma expressão nas áreas de química e físico-química. Na década de 1940, introduziu a pesquisa nuclear no currículo da Escola Naval, tendo sido a primeira pessoa a quem a mídia recorreu, na busca de informações sobre as bombas de Hiroshima e Nagasaki, tema desconhecido pelo público mais culto do Brasil, e que foi publicado, no dia 9 de agosto de 1945, no centro da primeira página do *Correio da Manhã*. Ainda em agosto daquele ano, no dia 28, apresentou na Academia Brasileira de Ciências uma conferência sobre “Os produtos do bombardeio do urânio pelos neutrônios, a cisão do átomo de urânio e os elementos transurânicos netúnio e plutônio”.

Um mês antes do primeiro teste da bomba atômica, criou-se uma Comissão para Estudo das Consequências Sociais e Políticas da Energia Nuclear, formada por sete cientistas, cujo relatório final, o “Relatório Frank”, concluiu que os Estados Unidos não poderiam manter o monopólio das armas nucleares, até porque o segredo da fissão nuclear já era de domínio público. Sugeriu, entretanto, o controle das quantidades de minério de urânio retirado das minas, a ser realizado por uma entidade internacional de fiscalização, que reservaria, a cada país, uma cota desse minério, não o suficiente, porém, para produzir isótopos físséis em larga escala para a obtenção de um artefato nuclear. Vários outros relatórios e comissões sobre o tema foram criados a partir de então.

Em 1946, foi criada a Comissão de Energia Atômica (CEA), fruto de vários acordos entre Estados Unidos, Reino Unido, Canadá e União Soviética, para estabelecer o controle da energia nuclear. Integraram a comissão os quatro países citados, a França e mais sete países detentores de reservas de minerais estratégicos, incluindo o Brasil, cuja delegação foi chefiada por Álvaro Alberto.

Na primeira reunião da comissão, em 14 de junho de 1946, os Estados Unidos apresentaram sua proposta, elaborada pelo financista Bernard Baruch, que continha uma cláusula que impedia o poder de veto aos membros permanentes do Conselho de Segurança nas questões relacionadas à energia atômica. O plano mantinha a proposta de criação da autoridade para o desenvolvimento atômico, estabelecia o princípio da internacionalização das jazidas e de toda e qualquer instalação nuclear no mundo, instituía o conceito de inspeções à revelia de locais suspeitos, semelhante ao Protocolo Adicional ao Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares.

Álvaro Alberto era um homem bem informado e construíra uma rede de relacionamentos nos Estados Unidos que lhe permitia ter acesso até mesmo a relatórios reservados, entre os quais os relatórios Frank e Acheson-Lilienthal, permitindo-lhe concluir que o Plano Baruch visava o controle mundial de minerais radioativos, ponto sensível que afetava a soberania nacional. A delegação soviética, conduzida por Andrei Gromyko, não aceitou a proposta e apresentou outra, propondo a proscricção completa do armamento nuclear, logo torpedeada pela diplomacia americana.

As discussões se intensificaram, e, em 12 de junho, Álvaro Alberto foi escolhido para presidir a Comissão, com publicação no *New York Times* e em vários jornais de todo o mundo.

Alberto havia recebido instruções do Itamaraty para apoiar o Plano Baruch, mas, a partir de sua presidência à frente da Comissão, passou a reagir contra a internacionalização das jazidas de material físsil, trabalhando em uma direção que assegurasse aos países detentores de tais reservas o direito de prioridade sobre o seu aproveitamento, colocando por terra a proposta Baruch, que fazia uso do conceito da “injustiça da natureza” em não prover todos os países com reservas de minerais radioativos. Alberto rebateu, prontamente, dizendo que concordaria com a premissa, desde que estendida a reservas de petróleo e de ouro.

Álvaro Alberto permaneceu na CEA até 1948, quando os trabalhos da comissão foram suspensos. Nesse mesmo ano, a Marinha do Brasil resolveu promover Álvaro Alberto a contra-almirante, mesmo estando ele na reserva, por meio de uma lei específica, aprovada pelo Senado.

Em 1949, foi criado, no Rio de Janeiro, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), sob a direção de César Lattes e, posteriormente, de Álvaro Alberto, o que lhe traria enormes problemas no futuro.

Ainda em 1949, em 12 de maio, o presidente Dutra enviou ao Congresso o projeto de lei que criava o Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), concebido por Álvaro Alberto e aprovado em 1951 pela Lei 1.310, com as bases de um programa nuclear, contendo os seguintes tópicos:

- A nacionalização de todas as minas de materiais radioativos e a revisão de suas concessões.
- A obrigatoriedade do tratamento primário desses materiais antes de exportá-los e incentivo para empresas idôneas realizarem tal tratamento, sendo as exportações autorizadas, somente, de governo para governo.

- Intensificação de pesquisas e montagem de centros especializados, bem como a formação de técnicos em centros e universidades estrangeiros.
- Instituição de uma Comissão Nacional de Energia Atômica.
- Proibição da transferência de propriedade das concessões das minas, até concluída o processo de nacionalização.
- O monopólio estatal da energia atômica no Brasil.

Em 17 de abril de 1951, Alberto assumiu a presidência do CNPq.

Entretanto, a situação internacional se deteriorava, após a explosão da bomba atômica soviética, em agosto de 1949, bem antes da previsão do sistema de inteligência americano e fruto de uma enorme rede de espionagem soviética, que conseguiu informações, incluindo desenhos, projetos e materiais físsis oriundos do Projeto Manhattan e transmitidos, principalmente, pelo Programa Lend-Lease, que enviava material de propaganda da Base de Great Falls, em Montana, para a Sibéria. Com base em tais informações, Stalin decidiu iniciar o projeto da bomba atômica soviética, em fevereiro de 1943.

Teve início, então, o período cunhado por George Orwell como “Guerra Fria”, em seu livro *Você e a bomba atômica*, publicado em 1945, em que o autor afirma: “É muito provável que cessem as guerras em grande escala, ao custo de se prolongar indefinidamente uma paz que não é paz”.

A temporada de entrada de novos Estados no Clube Atômico estava aberta. Assim, em 1952, o Reino Unido explodiu seu primeiro artefato; a França, em 1960; a China, em 1964; a Índia, em 1974; o Paquistão, em 1998; e Coreia do Norte, em 2006. África do Sul desenvolveu

um arsenal constituído por seis ogivas, no final da década de 1970, provavelmente com suporte de Israel, em troca de urânio para seu próprio artefato, nunca confirmado, ou negado, mas veio a destruí-lo, em 1989, antes do fim do regime do *Apartheid*.

Após a criação do CNPq, o relacionamento do Brasil com os Estados Unidos ficou bastante sensível, e foram entabuladas diversas negociações para garantir a continuidade das exportações brasileiras de terras raras. O almirante passou a ser considerado *persona non grata* pelos americanos, e suas tentativas de obter tecnologia dos reatores nucleares, como compensação à venda de minério, não obtiveram sucesso. Ele passou, então, a fazer contatos com empresas e pessoas envolvidas, previamente, com as atividades nucleares americanas, tendo contactado, entre outros, o professor Paul Harteck, ex-reitor da Universidade de Hamburgo e então professor do Instituto Politécnico de Rennsaeller, nos Estados Unidos, e um dos inventores das ultracentrífugas na Alemanha. Ao mesmo tempo, negociava com a França a compra de instalações de produção de grafite, água pesada e hexafluoreto de urânio, sem que tivesse sucesso.

Nos contatos realizados na Alemanha, Álvaro soube que seus cientistas estavam aperfeiçoando o processo de enriquecimento de urânio mediante a ultracentrifugação e que estariam dispostos a fornecer equipamentos semelhantes ao Brasil. As negociações foram realizadas de forma secreta, mas as ultracentrífugas não chegaram ao Brasil naquela ocasião, sendo apreendidas por ordem do então governador da Alemanha, o brigadeiro americano Harvey Smith. Posteriormente, elas chegaram ao Brasil, de forma não muito bem conhecida, e foram levadas para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, em São Paulo, somente resgatadas quando do início do desenvolvimento do Programa Nuclear da Marinha.

Em 1952, foi criado, em Belo Horizonte, o Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR), por um grupo de professores da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, liderados pelo professor Francisco Magalhães Gomes, também conhecido como “Chiquinho Bomba Atômica”.

Em 1954, com a morte de Getúlio Vargas, o almirante percebeu que todo o seu projeto de capacitação nacional na área nuclear ficara comprometido. Ele pediu demissão do CNPq, em 13 de janeiro de 1955, vítima de uma campanha da imprensa, em torno de um desfalque no CBPF.

Em 1956, no governo de Kubitschek, foi criada a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), bem como instituída uma CPI para averiguar os desvios denunciados no setor nuclear, incluindo empresas que atuavam na área de mineração de terras raras, a pedido do deputado Armando Falcão, que a presidiu, inicialmente.

Em 6 de junho de 1956, em sessão presidida por Ulisses Guimarães, jovem deputado de 34 anos, Renato Archer pronunciou um discurso sobre a política nuclear brasileira, denunciando o desmantelamento do projeto do ex-presidente do CNPq, incluindo o abandono das centrífugas, o retorno de estudantes que foram estudar na França e na Alemanha e conclui defendendo a retomada de uma política nuclear séria, com objetivos bem definidos. Por esse discurso, passou a ser acusado de “comuno-nacionaloide-negocista”. Posteriormente, foi acusado de divulgar documentos secretos, envolvendo notas transmitidas da embaixada americana ao secretário-geral do Conselho de Segurança Nacional – Juarez Távora, mas, ao longo do processo, ficou provado o envolvimento do secretário com negociações sobre a venda de minério, e este pediu transferência para a reserva.

A década de 1953 a 1963, do ponto de vista nuclear, caracteriza-se por dois períodos: o de 1953 a 1956, quando ocorre uma corrida pela bomba H, até o advento da bomba de fusão. O período seguinte é dominado pela corrida dos mísseis, com seu auge na crise dos mísseis de Cuba.

Em 1953, o presidente Eisenhower faz um discurso sombrio e ameaçador de um mundo em guerra nuclear, onde, segundo ele, “não existe vitória na desolação”, e afirmou que o monopólio americano sobre armas nucleares havia terminado, pois fora quebrado com a bomba soviética de 1949. Em seguida, em tom conciliador, propôs a criação da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), para garantir a não proliferação nuclear e se empenhar nos usos pacíficos dessa energia, na agricultura, na medicina e em outras atividades pacíficas. A agência foi inaugurada, em Viena, em 1958, sob forte crítica dos países do Terceiro Mundo, que viam nos seus controles uma forma de neocolonialismo, onde a máxima de George Orwell, em seu livro *A revolução dos bichos* sobre a “mais igualia”, seria praticada com a maior desenvoltura.

No Brasil, o discurso de posse de Juscelino fazia menção ao uso da energia atômica, dentro de sua política de governo. Em 31 de agosto de 1956, foi fundado o Instituto de Energia Atômica (IEA), hoje Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), em São Paulo, que se beneficiou do programa “Átomos para a Paz” e, em agosto de 1957, tinha em funcionamento o primeiro reator de pesquisas, no âmbito do programa e inaugurado pelo presidente JK.

Posteriormente, foi implantado no IPR (hoje, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN) um reator de pesquisa Triga Mark 1, em 1960; e, no Instituto de Energia Nuclear (IEN), no Rio de Janeiro, o reator Argonauta, em 1963, inaugurado

pelo presidente João Goulart e tendo 93% de seus componentes nacionalizados. Parte da comunidade científica brasileira se mostrou contrária à criação de três institutos de pesquisa, dizendo que isso fragmentaria e enfraqueceria o desenvolvimento nacional.

Ainda em 1963, o governo de Goulart contratou, junto a um consórcio canadense constituído pelas empresas Montreal Engineering Co. e Crippen Engineering Co. e pela americana Gibbs and Hill Inc., o primeiro estudo abrangente de levantamento dos recursos hídricos nacionais, por meio da denominada Canambra Engineering Consultants Ltda.

Em seu primeiro relatório, a Canambra adotou uma metodologia de planejamento global e integrado, em vez de analisar projetos isolados, e sugeriu: “À medida que os locais mais favoráveis para a implantação de usinas hidroelétricas forem progressivamente sendo utilizados, haverá certamente necessidade de se instalarem grandes centrais térmicas, convencionais ou nucleares, para suplementação das hidráulicas”.

No governo do presidente Costa e Silva, foi criado um grupo de trabalho especial com representantes do Conselho de Segurança Nacional, Ministério de Minas e Energia, CNEN e Eletrobras, que recomendou a instalação de uma usina nuclear com cerca de 500 MW, que entraria em operação na década de 1970. Costa e Silva considerava a energia atômica “o meio mais poderoso, ao alcance dos países em desenvolvimento, para reduzir a distância que os separa das nações industrializadas”. O governo federal decidiu construir a primeira central nuclear brasileira, mediante uma licitação internacional. Para isso, foi contratada uma assessoria internacional, em 1968, com especialistas da AIEA, chefiada por James Lane e cujo relatório

concluiu por dois tipos de reatores, de água leve e de água pesada, que deveriam ser instalados na costa fluminense, local praticamente equidistante dos três grandes centros consumidores de eletricidade – São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais –; a central nuclear teria o nome de Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto e seria, então, localizada em Angra dos Reis-RJ.

Aberta a concorrência, em 1971, foram recebidas cinco propostas: Siemens, com um reator de água leve pressurizada (PWR); Westinghouse (PWR); AEG com reator a água leve fervente (BWR); General Electric (BWR); e a NPG com um reator de água leve fervente, moderado a água pesada (SGHWR).

Depois de um período de avaliação, a proposta da Westinghouse foi considerada a mais adequada, e um contrato *turn key* foi assinado em abril de 1972, com a garantia dada pelo governo americano de fornecimento do combustível nuclear enriquecido a 3,5%, com uma potência elétrica de 620 MW. O custo estimado foi de US\$308 milhões. A usina entrou em operação comercial somente em 1985, devido a diversos problemas durante sua construção, principalmente administrativos, entre sua proprietária, Furnas Centrais Elétricas S. A., e a Westinghouse.

A política nuclear independente do governo Costa e Silva foi percebida com interesse pelo governo da República Federal da Alemanha. O governo alemão realizou consultas diplomáticas informais ao governo brasileiro sobre a possibilidade de um acordo pelo qual empresas alemãs construiriam uma usina de enriquecimento por ultracentrifugação, apoiariam um programa de desenvolvimento de um submarino nuclear e participariam de um programa conjunto de prospecção de urânio, proposta que, àquela ocasião, não prosperou, segundo autoridade diplomática brasileira, por influência da área de

energia, que temia prejudicar a conclusão de financiamento do Banco Mundial para a construção de usinas hidrelétricas. A aproximação com a Alemanha continha elementos de política externa e nuclear, resgatando o princípio de compensações específicas formulado por Álvaro Alberto e estabelecendo um novo eixo de cooperação sul-norte, afastando o país da esfera exclusiva de influência americana.

O segundo Relatório Canambra, publicado em 1974, era mais enfático que o anterior na recomendação da base de geração térmica. A Eletrobras publicou o seu Plano 90, no qual indicava a necessidade de até oito plantas nucleares, na Região Sudeste, até 1990, face ao previsível esgotamento do potencial hidráulico economicamente aproveitável e conhecido àquela ocasião.

A cooperação nuclear entre Brasil e Alemanha iria se concretizar em 1975, durante o governo Geisel, quando da assinatura do Acordo Bilateral Brasil-Alemanha sobre os usos pacíficos da energia nuclear, sob salvaguardas da AIEA, considerado, à época, o acordo do século, que compreendia:

- A transferência de tecnologia de projeto de usinas nucleares.
- A aquisição de seis plantas nucleares com nacionalização crescente, após Angra 2 e Angra 3.
- Uma fábrica de componentes pesados para essas usinas.
- A exploração conjunta de jazidas de urânio.
- A tecnologia de todas as etapas do ciclo do combustível nuclear, incluindo as de tecnologias sensíveis, como a do enriquecimento isotópico do urânio e a do reprocessamento do combustível irradiado e com obtenção do plutônio.

A tecnologia de enriquecimento negociada no acordo era a da ultracentrifugação, mas, por oposição da Holanda, detentora da tecnologia junto com Grã-Bretanha e Alemanha na empresa de enriquecimento de urânio Urenco, essa tecnologia foi substituída por outra, desenvolvida até então apenas em laboratório e que, depois, se mostrou economicamente inviável.

Entre 1974 e 1976, o presidente Geisel passou a amadurecer a ideia de encontrar uma forma para construir um submarino, sem comprometer o acordo para produção de energia. Contribuíram para seu interesse os seguintes e principais motivos:

- A sugestão dos alemães, durante as negociações do acordo nuclear de 1975.
- O envio do comandante Othon Luiz Pinheiro da Silva ao Massachusetts Institute of Technology (MIT) para desenvolver conhecimentos de engenharia de reatores nucleares.
- O interesse da Nuclebrás em participar da cooperação.
- O interesse da Marinha do Brasil e da Marinha Mercante em acompanhar as atividades.

Porém, envolver um órgão militar no programa nuclear submeteria o país a novas pressões e desconfianças internacionais.

Em julho de 1978, ao retornar do MIT, Othon apresentou ao almirante Maximiliano da Fonseca o seu plano para a construção do submarino nuclear brasileiro, sem a participação de estrangeiros e por meio do desenvolvimento nacional, portanto, fora da órbita de percepção de

nações estrangeiras e órgãos internacionais, principalmente, da AIEA. Seu relatório chegou ao ministro da Marinha, almirante Henning, em dezembro daquele ano.

Em meados de 1979, o projeto da Marinha obteve o apoio do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), o único, naquela ocasião, que dispunha de competência no setor nuclear e que estava imune às salvaguardas internacionais, pois pertencia ao governo de São Paulo, fora do âmbito de salvaguardas do Acordo Brasil-Alemanha. Assim, foi iniciado um programa conjunto para, primeiramente, desenvolver a tecnologia do enriquecimento pela ultracentrifugação, no campus da USP.

O programa, denominado à época Programa Nuclear Paralelo, teve início em fevereiro de 1980, a princípio com recursos da Marinha e com o apoio do presidente Figueiredo, o qual, em maio de 1980, visitou a Argentina e assinou um acordo de cooperação para usos pacíficos da energia nuclear, época em que o programa argentino estava, tecnologicamente, bem mais adiantado que o brasileiro.

Posteriormente, com o apoio dos Estados Unidos à Inglaterra na Guerra das Malvinas, em 1982, o relacionamento entre os dois países se intensificou, ocasião em que ficou clara a importância estratégica e tática dos submarinos nucleares na soberania dos países.

Em dezembro de 1981, foi concluída a construção da primeira centrífuga, e, em 1982, o IPEN foi transferido para a CNEN, sob a presidência de Rex Nazareth, que assumiu o comando do projeto, junto com Othon. Na ocasião, havia o receio de que o novo governador de São Paulo, Franco Montoro, viesse a questionar as atividades do instituto com a Marinha. Para assegurar o sigilo dos trabalhos do Programa Nuclear Paralelo, ele passou a contar com vultosos recursos

provenientes de quatro contas secretas, denominadas “Delta”, que permitiam, inclusive, a compra de componentes e equipamentos, muitas vezes, sem o registro de entrada no país.

Em setembro de 1982, foi realizada a primeira separação isotópica de urânio e, em setembro de 1984, a primeira operação de enriquecimento.

Em maio de 1985, a Marinha iniciou a construção do Centro Tecnológico de Aramar, em Iperó, São Paulo, onde seriam implantados o protótipo em terra do reator do submarino e todas as instalações do ciclo do combustível nuclear completo, com tecnologias totalmente desenvolvidas no país, com grande destaque para a usina de enriquecimento de urânio, denominada Almirante Álvaro Alberto.

Em setembro de 1987, o presidente Sarney anunciou oficialmente o domínio brasileiro sobre o ciclo do combustível nuclear, em abril de 1988, antes da promulgação da Constituição, que definiria que quaisquer atividades nucleares em território nacional só seriam possíveis para fins pacíficos. O Centro de Aramar foi inaugurado oficialmente, com as presenças dos presidentes Sarney e Raúl Alfonsín, da Argentina.

A relação entre os dois países ficou ainda mais consolidada, no setor nuclear, com a criação da Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC), única no mundo e considerada um marco no desenvolvimento das relações entre Brasil e Argentina, em 1991, para verificar o compromisso assumido pelos dois países de utilizarem a energia nuclear apenas para fins pacíficos, renunciando, assim, ao artefato nuclear. Os dois países punham fim a uma rivalidade que, caso incentivada, teria resultados deletérios para ambos.

Em 1998, no governo do presidente Fernando Henrique Cardoso, o Brasil assinou o Tratado de Não Proliferação (TNP), e todas as atividades nucleares no país passaram a ser submetidas às salvaguardas da AIEA.

Atualmente, o Brasil tem uma posição bastante singular, no contexto internacional da energia nuclear, pois, a despeito de possuir um programa de pequeno porte, domina a tecnologia do ciclo do combustível aberto e é o único país do mundo a ter um programa militar sob salvaguardas internacionais, o programa da Marinha brasileira de construção do submarino de propulsão nuclear.

De uma forma simplificada, podemos dizer que as atividades nucleares atualmente desenvolvidas no país estão agrupadas em quatro principais áreas: produção de energia; propulsão naval; produção de radiofármacos; e aplicações nucleares/pesquisa e desenvolvimento.

As atividades de produção de energia estão, principalmente, concentradas nas seguintes organizações:

- Eletrobras Termonuclear S. A. – Eletronuclear, subsidiária da Eletrobras/MME e responsável pela operação e construção de usinas nucleares para a produção de eletricidade. Atualmente, encontram-se em operação duas plantas, Angra 1, de 640 MW, e Angra 2, de 1350 MW, que apresentam desempenhos equivalentes às melhores plantas do mundo e são, atualmente, responsáveis por assegurar 12% de armazenamento nos reservatórios das hidrelétricas e por manter as tarifas nacionais cerca de 6% menores, caso tivessem de ser substituídas pelas dispendiosas térmicas convencionais, de acordo com o Operador Nacional do Sistema (ONS). Em termos de construção, tem-se a planta

Angra 3, irmã de Angra 2, adquirida no contexto do Acordo Brasil-Alemanha, que ficou paralisada por cerca de 20 anos, por insuficiência de recursos financeiros e que foi retomada em 2007, sendo novamente paralisada em 2015, devido a denúncias de corrupção no âmbito da operação Lava-Jato, que resultou na prisão de quatro de seus dirigentes, inclusive de um dos pais do Programa Paralelo. Sua retomada depende de decisão do CNPE e requer a readequação do perfil das dívidas da empresa junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e à Caixa Econômica Federal, bem como da definição de nova tarifa que possa remunerar o empreendimento e atrair a participação de novos parceiros, provavelmente estrangeiros, uma vez que as empresas brasileiras com competência no setor se encontram envolvidas na citada operação.

- Indústrias Nucleares do Brasil (INB), subsidiária da CNEN/MCT, responsável pela prospecção de reservas de urânio no país (hoje, o Brasil detém a sexta maior reserva mundial, tendo prospectado menos de um terço do seu território); a exploração das minas de urânio, atualmente em Caetité (BA); a produção do concentrado de urânio – *yellow cake*; o enriquecimento isotópico com tecnologia da Marinha; a fabricação das pastilhas de combustível de UO₂; e a fabricação dos elementos combustíveis, em suas instalações em Resende (RJ).
- A Nuclebrás Equipamentos Pesados (Nuclep), subsidiária da CNEN/MCTIC, e responsável pela fabricação de componentes pesados para usinas nucleares, plataformas de petróleo e cascos de submarinos.

As atividades de propulsão naval têm suas políticas e estratégias definidas pela Marinha do Brasil e tem como premissa a enorme extensão da costa brasileira, denominada Amazônia Azul, de 8,5 mil quilômetros, e a sua importância estratégica para a economia do país, onde se dão 95% das importações e exportações brasileiras e onde estão localizadas 90% das reservas de petróleo. Em 2008, a Estratégia de Defesa Nacional definiu a necessidade de se dispor de uma forte força naval composta de submarinos convencionais e nucleares, por meio de um acordo com a França, que não inclui o reator nuclear, propriamente dito. Suas atividades principais realizadas nas seguintes instalações:

- O Complexo Naval de Itaguaí, onde se encontram: em operação, a Itaguaí Construções Navais (ICN), um complexo industrial para a construção de quatro submarinos convencionais e do casco do submarino nuclear, desenvolvido pelo CTMSP. Esta empresa é uma Sociedade de Propósito Específico (SPE) franco-brasileira e atualmente está realizando a integração dos submarinos classe Riachuelo, iniciada em 23 de fevereiro p.p. e que será lançado ao mar ainda em 2018; e em construção, a Unidade de Estruturas Metálicas (UFEM), que dará apoio à manutenção dos submarinos, bem como será responsável pela troca do combustível dos submarinos nucleares, com o licenciamento feito pela CNEN. O desenvolvimento do submarino nuclear, propriamente dito, que tem suas atividades realizadas em: Centro Tecnológico da Marinha, em São Paulo (CTMSP), com sede em São Paulo, onde são desenvolvidas atividades técnicas, de engenharia e gerência de projetos; e no Centro Experimental de Aramar (CEA), onde estão concentrados diversos laboratórios, todas as

instalações para a produção do combustível nuclear e os prédios do reator, da turbina e de todos os auxiliares do protótipo em terra. Este protótipo é um reator de 11 MW, que será operado durante oito anos, para, posteriormente, se construir um de 70 MW, usando combustível enriquecido a menos de 20% para ser lançado ao mar. O projeto está sob salvaguardas da AIEA e da ABACC; e a Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S. A., empresa estatal criada em 2013, para promover, desenvolver, transferir e manter tecnologias sensíveis para a autonomia do país em tecnologia nuclear e que congrega cerca de 1.800 empregados altamente qualificados e dedicados ao gerenciamento de projetos, desenvolvimento de novas tecnologias, licenciamento nuclear, comercialização de produtos e serviços técnicos.

A produção de radiofármacos compreende as seguintes atividades:

- A importação desses insumos, uma vez que a produção nacional é insuficiente para a demanda, de Rússia (o maior fornecedor), Argentina, África do Sul e Holanda.
- A produção nacional, principalmente, nos institutos de pesquisas da CNEN, por meio de reatores de pesquisas e ciclotrons, no IPEN, CDTN, IEN e outros centros.
- A construção do Reator Multipropósitos Brasileiro (RMB), um reator tipo piscina, de 30 MW, 23 elementos combustíveis enriquecidos a 19,75%, para a produção de radioisótopos para a área de medicina, bem como para testes com irradiação para materiais, testes para combustíveis nucleares avançados e pesquisas com feixe de nêutrons. O reator é fruto de contrato, assinado em 2012, entre

a empresa argentina INVAP e a brasileira Intertechne, para o desenvolvimento dos projetos conceitual e básico de prédios, sistemas e infraestrutura do RMB, que será construído em Iperó (SP). Quando em operação em Iperó, próximo ao centro de Aramar, o RMB poderá atender a uma demanda de oito milhões de procedimento por ano e, inclusive, exportar excedentes. Hoje, o atendimento está restrito a apenas dois milhões, com uma grande demanda não atendida. Em 27 de março p. p., foi assinado um convênio entre os Ministérios de Ciência, Tecnologia, Informação e Comunicação (MCTIC) e da Saúde, prevendo a transferência de R\$750 milhões para o desenvolvimento e a construção do RMB.

As atividades em aplicações nucleares e pesquisa e desenvolvimento no Brasil são realizadas, em sua maioria, nos seis institutos de pesquisas da CNEN, sob o MCTIC e os institutos militares, subordinados ao Ministério da Defesa. Os principais institutos da CNEN são:

- IPEN/SP, que tem dois reatores de pesquisas, um de 5 MW e um tipo piscina de 100W, um ciclotron, onde são desenvolvidas atividades do ciclo do combustível nuclear, inclusive a fabricação destes, tecnologia de reatores, segurança, biotecnologia, meio ambiente e tratamento de resíduos. No IPEN, são desenvolvidos cursos de mestrado e de doutorado com cerca de mil alunos. O IPEN produz, com tecnologia própria, o combustível para o seu reator IEA-R1 e está diretamente ligado ao desenvolvimento do RMB, bem como ao fornecimento de seu combustível; o CDTN/MG que dispõe de um reator de pesquisa Triga Mark 1, uma unidade de produção de radiofármacos,

unidade de radiação gama e cerca de 50 laboratórios de tecnologia de materiais, pesquisas minerais, meio ambiente, química e física, entre outros.

- IEN/RJ que dispõe de um reator de pesquisa, Argonauta projetado e construído com tecnologia nacional, um ciclotron para produção de radioisótopos, bem como laboratórios para pesquisas em instrumentação e controle, interface homem-máquina, segurança, tecnologia de reatores, entre outros.
- Existem também dois centros regionais da CNEN, o Centro Regional do Nordeste, em Recife/PE, e Centro Regional do Centro Oeste, em Goiás, bem como um Instituto de Radiodosimetria (IRD), responsável, entre outras funções, pelo controle de todas as fontes radioativas do país.

Palestra pronunciada em 24 de abril de 2018