

CBPF - CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS
Rio de Janeiro

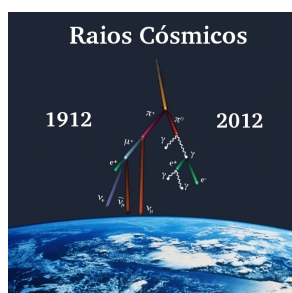
Ciência e Sociedade

CBPF-CS-014/12

dezembro 2012

CONTROLADA A ENERGIA LIBERADA NA FISSÃO NUCLEAR

Odilon A.P. Tavares



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



CONTROLADA A ENERGIA LIBERADA NA FISSÃO NUCLEAR

ODILON A. P. TAVARES

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF, Rio de Janeiro
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI

1942 HÁ EXATOS 70 ANOS, NO DIA 2 DE DEZEMBRO, “o homem conseguiu aqui com êxito a primeira reação em cadeia auto-sustentada e desse modo deu início à liberação controlada da energia nuclear”. Estes os dizeres da “certidão de nascimento” da era nuclear, estampados na placa sobre a parede de uma velha estrutura que imita um castelo medieval localizada na Universidade de Chicago (EUA).

O PRIMEIRO REATOR NUCLEAR foi montado secretamente por um pequeno grupo de cientistas numa quadra para jogos de raquetes debaixo das arquibancadas do estádio de atletismo da Universidade de Chicago. Era um espaço modesto, de 18 metros de comprimento por 9 de largura e 8 de altura. A equipe trabalhava freneticamente sob a liderança do físico italiano Enrico Fermi (1901-1954).

A construção do reator começou em novembro de 1942 e consistia de um empilhamento de blocos de grafite embebidos por óxido de urânio e pequenas barras de urânio metálico. A piada que se ouvia entre os cientistas que trabalhavam na montagem dessa primeira pilha atômica era “ se as pessoas pudessem ver o que estamos fazendo com seu um e meio milhão de dólares

pensariam que somos doidos; se elas soubessem por que estamos fazendo isso teriam certeza de que somos doidos.”



Desvelando a placa no West Stands do *campus* da Universidade de Chicago por ocasião do 5º aniversário (1947) de entrada em operação do 1º reator nuclear. Enrico Fermi é o 2º a partir da direita

A 2ª Guerra Mundial estava em curso. Em 1940 seis países da Europa já tinham sido ocupados pelas tropas alemãs, e em setembro daquele ano havia sido formado o eixo Alemanha–Itália–Japão. Sem aviso prévio, em dezembro de 1941, os japoneses haviam atacado e destruído a base naval norte-americana de Pearl Harbor no Hawaii, levando os EUA a declararem guerra ao Japão, ao mesmo tempo que a Alemanha e a Itália declaravam guerra aos EUA. Fermi e sua equipe sabiam que seu trabalho tornaria possível o desenvolvimento de armas nucleares.

O reator entrou em operação no dia 2 de dezembro de 1942. Fermi e seu “time” foram os primeiros homens que presenciaram a matéria transformar-se em energia de maneira firme, regular, estável, uniforme e de modo controlado, como eles exatamente queriam. Foram os primeiros 200 W provenientes de uma reação de fissão do urânio em cadeia e autosustentada. No dizer do físico alemão Albert Einstein (1879-1955), após ter assinado a célebre carta de 2 de agosto de 1939 endereçada ao presidente norte-americano Franklin D. Roosevelt (1882-1945): “pela primeira vez na história o homem usará energia que não aquela proveniente do sol”.

Na história da humanidade apenas alguns poucos feitos marcantes alteraram o curso da civilização. Entre esses está o sucesso no funcionamento do primeiro reator nuclear, uma realização singular, comparável em importância à descoberta do fogo pelo homem das cavernas, à invenção da máquina a vapor, à fabricação do automóvel, ou ao transporte aéreo e à difusão da internet pelo mundo.



Pintura que mostra a cena do 2 de dezembro de 1942 alusiva à entrada em operação do 1º reator nuclear. Pela primeira vez demonstrava-se a produção controlada de energia de uma reação de fissão em cadeia autosustentada. O sigilo imposto pelas circunstâncias da guerra não permitia fotografias do evento à época.

A entrada em operação do primeiro reator nuclear tornou possível utilizar a enorme quantidade de energia armazenada no núcleo atômico. As circunstâncias daquele momento histórico fizeram com que esta energia fosse primeiramente empregada na guerra, com a produção de três bombas atômicas, duas delas lançadas sobre a população japonesa em agosto de 1945, pondo fim ao segundo maior conflito bélico mundial.

Terminada a “guerra quente”, e mesmo desde o início da “guerra fria” a partir de 1950, os reatores nucleares, já então mais tecnologicamente avançados e potentes, passaram a ser construídos com propósitos pacíficos, a começar com a produção de radioisótopos, que começaram a ser utilizados já em 1952 em diagnóstico e tratamento de doenças (medicina nuclear).

No decorrer dos anos 1950 muitos reatores foram projetados para gerar eletricidade para consumo em geral, desse modo trazendo bem estar e conforto às populações. O primeiro deles entrou em operação em Obminsk (próximo a Moscou, na Rússia) em 1954, com 5 MW (milhões de Watt) de potência, seguido da primeira usina nuclear de geração de eletricidade em larga escala, a de Calder Hall (Reino Unido), de 78 MW, que funcionou durante 50 anos a partir de 1956.

É dessa época também o desenvolvimento de reatores de potência para uso em propulsão naval. Inicialmente em submarinos, o primeiro deles foi o Nautilus, de

bandeira norte-americana, lançado ao mar em janeiro de 1954 com um reator nuclear de 10 MW. Depois, foi a vez do emprego de reatores nucleares de potência em navios de marinha mercante, o primeiro tendo sido “batizado” em 1962 (o norte-americano “Savannah”), e em 1964 o de bandeira alemã “Otto Hahn”, que era capaz de navegar impressionantes 40 mil km com apenas 2 kg de urânio-235.

O Brasil não ficou atrás. Graças aos esforços, liderança, entusiasmo e competência de profissionais como o Alm. Álvaro Alberto da Motta e Silva, Marcello Damy de Souza Santos, César Lattes, Francisco de Assis Magalhães Gomes, Cândido de Holanda Lima, Mário Werneck de Alencar Lima, Alcídio Abrão, Rômulo Pieroni, Hervásio de Carvalho, Luiz Osório de Brito Aghina, Arthur Gerbasi da Silva, Alm. Octacílio Cunha, para citar apenas alguns poucos, foram criados, a partir de 1949, institutos e centros de pesquisa voltados fundamentalmente para as questões nucleares. Nessas instituições tiveram lugar a construção e operação dos primeiros reatores nucleares do Brasil, todos voltados para produção de radioisótopos para medicina, radiofármacos, pesquisa nuclear e formação de pessoal especializado.

Assim, no Instituto de Energia Atômica–IEA (atualmente Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN), localizado no *campus* da Universidade de São Paulo (Capital), entrou em operação em setembro de 1957 o primeiro reator nuclear do Brasil (e da América Latina), o IEA-R1, autorizado a operar na potência de 2 MW (hoje 5 MW), oficialmente inaugurado em janeiro de 1958 pelo então presidente Juscelino Kubitschek de Oliveira.

Seguiu-se o reator TRIGA (**T**raining, **R**esearch, **I**sotopes production, **G**eneral **A**tomics) Mark-1, colocado em funcionamento em novembro de 1960 no então Instituto de Pesquisas Radioativas - IPR (desde 1977 Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN) localizado no *campus* da Universidade Federal de Minas Gerais (Pampulha) em Belo Horizonte.

Também, no *campus* da UFRJ na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, o primeiro reator de pesquisa totalmente construído no Brasil por empresa brasileira, o ARGONAUTA, de potência máxima de 10 kW, entrou em operação em fevereiro de 1965.

Passados 23 anos, o Brasil inaugurou seu primeiro reator nuclear genuinamente nacional, o IPEN/MB-01, que entrou em operação em novembro de 1988. Resultado de uma parceria entre pesquisadores do IPEN e da Marinha do Brasil, ele opera a uma potência de 100W, e tem como objetivo primordial a formação de novos profissionais e utilização em pesquisas de natureza nuclear.

No setor de produção de energia elétrica o Brasil atualmente conta com duas unidades nucleares de grande porte para geração de eletricidade que abastecem o sistema elétrico interligado de FURNAS Centrais Elétricas (Eletrobrás): Angra I, de potência 640 MW, em funcionamento há 30 anos, e Angra II (1350 MW) a partir de 2000. Previsto para entrar em funcionamento em 2016, há ainda a terceira unidade, Angra III, projetada para uma potência de 1400 MW. O conjunto compõe o complexo nuclear de produção de energia elétrica Central Nuclear Alm. Álvaro Alberto, localizado no município fluminense de Angra dos Reis.

Adicionalmente, há de se mencionar importante decisão do governo brasileiro de construir um reator nuclear multipropósito de grande porte, o RMB, destinado à produção de radioisótopos para medicina, pesquisa em tecnologia nuclear, energia, agricultura, indústria, ciências dos materiais, meio ambiente, e outras aplicações. Essa iniciativa constitui-se na garantia de independência nuclear para o Brasil. O cronograma do RMB prevê seu funcionamento em 2017, com vida útil estimada em 50 anos, e representará economia de pelo menos R\$ 30 milhões por ano, com a desnecessária importação de radioisótopos e radiofármacos a serem utilizados sobretudo em procedimentos médicos. O RMB será construído no interior de São Paulo, no município de Iperó, junto ao Centro Experimental de Aramar, da Marinha do Brasil. Lá, paralelamente ao RMB, desenvolve-se também o Projeto do Submarino a Propulsão Nuclear Brasileiro - PROSUB, aos cuidados da Marinha do Brasil.



O submarino nuclear brasileiro, cujo projeto teve início em 1979, será totalmente construído no Brasil, com expectativa de ser lançado ao mar em 2025. Além de sua importância e estratégia intrínseca como defensor da costa brasileira, o projeto alavancou o domínio do Brasil sobre o ciclo do combustível nuclear, que hoje o país domina totalmente e, por conseguinte, pode agora lançar-se à construção do reator nuclear a ser usado como fonte de energia propulsora dos submarinos, dando-lhes enorme autonomia, grande velocidade por muito tempo, mobilidade nas manobras, possibilidade de patrulhar vastas regiões oceânicas da extensa costa brasileira, independência do ar atmosférico para navegar, desse modo podendo operar mergulhado indefinidamente, além de sua capacidade de passar despercebido.

Decorridos 70 anos do primeiro reator nuclear, de construção levada a efeito por Fermi e sua equipe em Chicago, hoje o mundo conta com mais de 900 reatores em operação, incluindo i) cerca de 430 grandes reatores produzindo eletricidade, dos quais cerca de 30% com mais de 30 anos de operação; além desses, outros 65 reatores nucleares de potência acham-se em construção; ii) cerca de 260 pequenos reatores de uso em pesquisas nucleares e na produção de radioisótopos para medicina e indústria; e iii) cerca de 220 pequenos reatores utilizados em propulsão naval, sobretudo em submarinos. Todos esses vêm, inegavelmente, beneficiando não apenas milhões, mas muito mais do que 1 bilhão de pessoas no mundo, garantindo empregos, segurança, alimentos de qualidade, transporte, conforto e saúde. Sem energia nenhum empreendimento torna-se viável, e nada funciona. Ressalte-se que o Brasil, ao lado apenas dos EUA e da Federação Russa, detém hoje o conhecimento e o domínio completo de todo o ciclo do combustível nuclear ao mesmo tempo que possui expressivas reservas de urânio, a matéria prima de onde é extraída com fartura a energia do núcleo atômico.

É oportuno lembrar as inúmeras aplicações decorrentes da energia de origem nuclear: no campo médico com os procedimentos de radiodiagnóstico e tratamento, na indústria com irradiação de diversos materiais, limpeza e dessalinização de águas, conservação e restauro de obras de arte, arqueologia e história, na agricultura com a irradiação de alimentos como técnica de conservá-los diminuindo assim sua perda, e no setor de combustível, gerando eletricidade para consumo em geral e potência instalada como propulsão em navios e sondas espaciais.

Hoje, o Brasil e o mundo não podem prescindir da energia contida nos núcleos atômicos. Energia abundante, limpa e segura, e sua utilização tem mostrado nos últimos 50 anos índices de risco por benefício muitíssimas vezes menores do que

qualquer outra atividade humana. Esta é uma importante conquista do homem da atualidade.

Em si mesmas, a energia nuclear e as radiações que a acompanham não causam prejuízo ou dano ao homem. Elas podem ser usadas tanto para o bem quanto para o mal. A energia nuclear que mata e traz destruição é a mesma que cura e propicia conforto ao homem. As decisões humanas, bem como o bom ou o mau uso, o uso adequado ou inadequado, dessa riqueza de origem nuclear que a natureza pôs à disposição do homem, é que dirão se ela é nociva ou não, se é um bem ou um mal. Energia nuclear é, no dizer do engenheiro brasileiro Guilherme Camargo, “o fogo dos deuses”. Justo, salutar e oportuno é, pois, celebrar os 70 anos de entrada em operação do primeiro reator nuclear, acontecimento ímpar na história recente do homem.

Pedidos de cópias desta publicação devem ser enviados aos autores ou ao:

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
Área de Publicações
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150 – 4^o andar
22290-180 – Rio de Janeiro, RJ
Brasil
E-mail: socorro@cbpf.br/valeria@cbpf.br
http://www.biblioteca.cbpf.br/index_2.html

Requests for copies of these reports should be addressed to:

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
Área de Publicações
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150 – 4^o andar
22290-180 – Rio de Janeiro, RJ
Brazil
E-mail: socorro@cbpf.br/valeria@cbpf.br
http://www.biblioteca.cbpf.br/index_2.html