



SOBRE A HISTÓRIA DA ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL

Palavras-Chave: ENERGIA NUCLEAR, RADIOATIVIDADE, HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Autores:

Andrei Arruda Hernandez, IFGW – UNICAMP

Prof. Dr. Julio Cesar Hadler Neto (orientador), IFGW – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

As energias nuclear, solar e eólica são atualmente, os meios de produção energética mais eficientes e limpos da natureza¹. A capacidade de se gerar grandes quantidades de energia por meio de reações nucleares de fissão e fusão, fascinou os físicos ao longo do século XX e ainda os fascina, sendo um objeto de estudo ativo e continuamente aprimorado.

O desenvolvimento da energia nuclear no Brasil muito se associa com a história da ciência no país, visto que incentivar os estudos em física nuclear foi uma das principais motivações para a criação do maior órgão de amparo à pesquisa do país: o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Entretanto, apesar dos esforços, a energia nuclear no Brasil encontrou fortes obstáculos impostos contra seu desenvolvimento, indo desde escassez financeira, até pressões externas sobre o Brasil. Ademais, o programa nuclear brasileiro definitivamente não foi algo linear, apesar dos sucessivos planejamentos e esforços. Este trabalho se propõe em explicar para o leitor, ou ouvinte, um pouco da história da energia nuclear no Brasil, as principais figuras relacionadas com esta área, suas conquistas, avanços, dificuldades enfrentadas e perspectivas futuras, sempre considerando os contextos interno e geopolítico vivenciados.

Este trabalho de iniciação científica (IC) possuiu, como uma das principais motivações, o anseio do aluno e orientador de produzirem algo que mostre à população a importância da física nuclear, não só para a ciência brasileira mas também para a vida humana, com suas diversas aplicações. Para tal, produziu-se um livro (em estado de finalização) sobre este mesmo tema de IC, voltado para o público em geral e baseado nas pesquisas, estudos e experiências de aluno e orientador. Combater os estigmas associados à área nuclear é outro objetivo do trabalho. Ao longo do desenvolvimento deste projeto de um ano, realizou-se entrevistas com três grandes figuras da área, visitou-se locais de importância para a energia nuclear no Brasil e consultou-se diversas referências bibliográficas que auxiliaram na escrita do projeto final.

¹ Informação retirada do site Our World in Data. Disponível em <<https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>>.

METODOLOGIA:

A metodologia empregada na realização deste trabalho consistiu na consulta de livros, artigos, trabalhos de conclusão de curso, teses de mestrado e doutorado e de veículos virtuais de notícias e/ou institucionais. Outra grande fonte de consulta pelo estudante foram entrevistas realizadas com renomados profissionais e pesquisadores da área nuclear e o material fornecido por estes, ou adquirido durante as visitas. Além disso, o aluno foi introduzido, estudando por meio das referências [1,2,3], em tópicos abrangidos pela física nuclear, especialmente: física de nêutrons, reatores e física de reatores a fissão, entre outros conceitos importantes como seção de choque, criticidade de reator, etc. Em todas as leituras feitas, procurou-se analisar os conteúdos presentes nos textos de forma crítica, para que novas discussões pudessem ser feitas com base nas informações lidas.

Ademais, aluno e orientador realizaram discussões e reuniões ao longo das semanas, discutindo resultados e informações obtidas com base nas leituras feitas pelo aluno. O método de uso das entrevistas consistiu em ouvi-las novamente, por completo, anotando informações importantes ditas pelos entrevistados e utilizando-as no texto do projeto. Um ponto que vale destacar é que, sempre antes das entrevistas, aluno e orientador prepararam algumas perguntas-chaves que seriam feitas aos entrevistados. Apesar da principal ideia das entrevistas ter sido permitir a livre exposição dos entrevistados, realizou-se tais perguntas em momentos oportunos.

Neste contexto, o aluno escreveu continuamente textos que, hoje, fazem parte do livro escrito. Os textos foram acompanhados pelo orientador, sempre sendo feitas correções e aprimoramentos com base no *feedback* do orientador e de outros professores do Grupo de Cronologia. O relatório final a ser produzido pelo aluno será feito com base, principalmente, no mesmo material utilizado para a elaboração do livro.

Devido ao grande número de referências utilizadas, decidiu-se apresentar neste resumo apenas as principais, que constarão na seção **BIBLIOGRAFIA**.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os resultados, frutos deste trabalho de IC, foram: um livro sobre uma breve história da energia nuclear no Brasil, entrevistas realizadas com pessoas importantes no cenário nuclear brasileiro (serão melhor exploradas no próximo parágrafo), vasto material para criar uma seção do tema desta IC no site da Radschool², material para apresentação do tema a alunos do ensino médio no evento Unicamp de Portas Abertas (UPA) em 2023 e uma apresentação de pôster na Semana da Física de 2023 (SEFIS) no IFGW da UNICAMP. Por fim, um último resultado desta IC é o relatório final, que conterà de

² A Radschool é um site criado por alunos e professores do Grupo de Cronologia da UNICAMP que busca desmistificar os principais preconceitos contra a física nuclear e das radiações, fazendo uso de uma linguagem simples e acessível. O público-alvo do site é alunos do ensino médio, mas pode ser lido por qualquer pessoa curiosa e que queira se introduzir no tema.

forma mais resumida, as pesquisas e resultados obtidos pelo aluno, já que o número de páginas é mais reduzido.

Com respeito às entrevistas, foi possível realizar três, com as seguintes pessoas: Prof.Dr. José Augusto Perrotta, pesquisador e professor do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), tendo assumido importantes cargos de direção no instituto, principal figura da coordenação do empreendimento Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), especialista da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e inspetor de salvaguardas ligado à Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC). Foram feitas: uma entrevista no dia 11/12/2022, uma visita ao terreno do RMB em 12/12/2022 e uma visita às instalações do IPEN/SP em 14/12/2022, sempre acompanhados pelo Professor Perrotta. Tudo isto gerou bastante material que foi amplamente utilizado pelo aluno, principalmente na escrita sobre o empreendimento RMB, tema contido pela proposta de projeto e desenvolvido em um capítulo do livro. Após isto, no dia 02/03/2023, realizou-se uma entrevista com o senhor Ivan Pedro Salati de Almeida, físico que ocupou importantes cargos de direção e superintendência na Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN, entre a década de 1970 e início dos anos 2000, estando inclusive presente nas operações feitas pela CNEN em Goiânia, após o famoso acidente radiológico ocorrido em 1987. Visitou-se Ivan em sua casa e, além da entrevista, Ivan forneceu também material que poderia ser utilizado no desenvolvimento deste projeto, como entrevistas presentes no acervo do CPDOC, da Fundação Getúlio Vargas e outros documentos relacionados à CNEN e a AIEA fornecidos por ele. Por fim, entrevistou-se no dia 21/04/2023 o Prof. Dr. Laércio Antônio Vinhas, embaixador brasileiro na AIEA também tendo assumido importantes cargos de direção na CNEN e no IPEN, além de um pesquisador ímpar na área nuclear e podendo ser considerado membro da segunda geração de físicos nucleares do Brasil, tendo sido orientado pelo grande físico, professor e pesquisador Marcello Damy de Souza Santos. No total, realizou-se cerca de oito horas e quarenta minutos de entrevistas, sem contar com os áudios gravados ao longo das duas visitas técnicas feitas. As entrevistas serão disponibilizadas (após edição) no site da Radschool, criado e administrado pelo Grupo de Cronologia do IFGW, podendo ser acessado por: <https://sites.google.com/unicamp.br/radschool>.

CONCLUSÕES:

Ao final de todas as pesquisas, foi possível identificar que o contexto político interno e externo ao Brasil influenciou diretamente o desenvolvimento da energia nuclear no Brasil. A atitude do governo perante a área nuclear, definitivamente, não foi constante, tendo picos de um “nacionalismo científico” durante determinados governos. Alguns períodos de destaque disto foram os governos de Getúlio Vargas (1951-1954), Juscelino Kubitschek (1956-1961), alguns pontos isolados durante ditadura militar, nos governos de Costa e Silva (1964-1967) e de Geisel (1974-1979). Destacou-se estes períodos pois foram neles em que criou-se ambientes propícios para a criação de estatais ligadas à área nuclear, institutos de pesquisas em energia nuclear, programas nucleares, acordos e tratados interessantes

para o Brasil, entre outros aspectos. Após estes períodos, a área nuclear no Brasil passaria por fortes dificuldades, principalmente financeiras, tendo esta situação alterada só a partir do primeiro governo Lula (2003-2006). Procurou-se apresentar no texto trabalho de IC fatos que confirmem a visão resumida apresentada neste texto. Apesar dos altos e baixos, o governo brasileiro foi de extrema importância para o desenvolvimento da energia nuclear no Brasil, como exemplo tornou possível a longa e altamente produtiva colaboração entre o IPEN/SP e a Marinha do Brasil. Esta colaboração acabou permitindo que nosso país obtivesse a separação isotópica do urânio, etapa fundamental para qualquer país que deseja ser independente no domínio da energia nuclear. Este feito extraordinário nos coloca ao lado de poucos países (Estados Unidos, Rússia, Inglaterra, França, China, etc) que sabem fazer esta separação. Este sucesso dá uma medida do nível de pesquisa havido na colaboração IPEN/SP - Marinha do Brasil.

Além disso, não se pode deixar de falar do grande impacto que cientistas tiveram no desenvolvimento da energia nuclear no Brasil. O Almirante Álvaro Alberto da Motta e Silva lutou ativamente para o início dos estudos em energia nuclear (para fins pacíficos) no país, tendo uma grande importância na criação do CNPq, Instituto de Energia Atômica (IEA, atualmente IPEN) e de acordos firmados pelo Brasil com potências nucleares no século XX. Outra figura importante foi a do Professor Marcello Damy de Souza Santos, principal responsável pela montagem e funcionamento do primeiro reator nuclear de pesquisa no Brasil, IEA-R1 em 1957, responsável por construir e pôr em funcionamento o primeiro acelerador de partículas do país, na USP, batizado de Betatron, iniciando as pesquisas em física nuclear experimental no Brasil. Foi também o 1º Diretor do Instituto de Física Gleb Wataghin, IFGW, da recém fundada Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, criando na década de 1970 um forte departamento de física nuclear na PUC-SP e, ainda, tendo formado importantes gerações de físicos e pesquisadores nucleares na USP, PUC, UNICAMP e IPEN. Outras figuras como as de Oscar Sala, Rex Nazaré Alves e Almirante Othon Luiz Pinheiro da Silva tiveram importância para a física nuclear no país, os dois últimos, em especial, foram fundamentais para o andamento do programa nuclear brasileiro a partir da década de 1980, apesar das dificuldades.

Por fim, destaca-se a importância dos dois atuais e principais empreendimentos da energia nuclear no Brasil: o Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) e o Submarino Nuclear Almirante Álvaro Alberto (SN-BR). O RMB, além de ser um reator de pesquisa moderno, com fluência de nêutrons intensa permitindo o Brasil incrementar, em quantidade e tipo, sua produção de radioisótopos, o que será de extrema importância para a luta contra o câncer em nosso país, será também um complexo que abrigará outros laboratórios. O SN-BR será uma embarcação movida a propulsão nuclear que defenderá o território e as riquezas brasileiras em mar, principalmente patrulhando a região do pré-sal. A Marinha do Brasil tem o interesse em construir um submarino nuclear pelo menos desde o final da década de 1970. Devido a grandes dificuldades orçamentárias passadas, o projeto foi cada vez mais tendo o prazo de entrega adiado. Contudo, atualmente ele caminha a passos largos e as conquistas tecnológicas alcançadas pela Marinha ao longo do desenvolvimento deste submarino 100% brasileiro,

poderão impactar fortemente e positivamente a vida da população no futuro, devido às diferentes aplicações que estas tecnologias podem ter. Sem sombra de dúvidas, estes dois projetos são alguns dos mais importantes do Programa Nuclear Brasileiro.

BIBLIOGRAFIA

- [1] LAMARSH, John R. et al. Introduction to nuclear engineering. Upper Saddle River, NJ: Prentice hall, 2001.
- [2] WILLIAMS, William SC. Nuclear and particle physics. 1991.
- [3] ZAMBONI, Cibele Bugno. Fundamentos da física de nêutrons. Editora Livraria da Física, 2007.
- [4] BUENO, CARMEN CECÍLIA. Marcello Damy de Souza Santos. Grandes mentes da PUC-SP, Coleção Sapiientia.
- [5] MOTOYAMA, Shozo et al. 50 anos do CNPq contados pelos seus presidentes. In: 50 anos do CNPq contados pelos seus presidentes. 2002.
- [6] KURAMOTO, Renato Yoichi Ribeiro; APPOLONI, Carlos Roberto. Uma breve história da política nuclear brasileira. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 379-392, 2002.
- [7] ORTEGA, Leticia. Tradição e Ruptura: O Brasil e o Regime Internacional de Não Proliferação Nuclear. Appris Editora e Livraria Eireli-ME, 2018.
- [8] MALHEIROS, Tania. Bomba atômica? Pra quê! Brasil e energia nuclear. Editora Lacre, 2020.
- [9] PATTI, Carlo. O programa nuclear brasileiro: uma história oral. 2014.
- [10] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE. The radiological accident in Goiânia. Agence internationale de l'énergie atomique, 1988.
- [11] DE OLIVEIRA ANDRADE, Israel; DE FARIAS FRANCO, Márcio Magno; HILLEBRAND, Silva Giovanni Roriz Lyra. SUBMARINO NUCLEAR BRASILEIRO: DEFESA NACIONAL E EXTERNALIDADES TECNOLÓGICAS.
- [12] DUROVNI, CMG Moisés. CADEIA DE VALOR ESTABELECIDADA PELO PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA: fator de desenvolvimento econômico. Monografia.
- [13] ANDRADE, Israel de Oliveira et al. Submarino nuclear brasileiro: defesa nacional e externalidades tecnológicas. Texto para Discussão, 2018.
- [14] Estudo setor nuclear brasileiro, publicado pelo SEBRAE em 2022. Disponível em: [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/11dd498b1f959263d1243e131e41d4da/\\$File/31640.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/11dd498b1f959263d1243e131e41d4da/$File/31640.pdf) (acesso em 13/07/2023)
- [15] PERROTTA, José Augusto: entrevista [dez. 2022]. Entrevistadores: Andrei.A.Hernandes e Julio.C.H.Neto.
- [16] ALMEIDA, Ivan Pedro Salati de: entrevista [mar. 2023]. Entrevistadores: Andrei.A.Hernandes e Julio.C.H.Neto.
- [17] VINHAS, Laércio Antonio: entrevista [abr. 2023]. Entrevistadores: Andrei.A.Hernandes e Julio.C.H.Neto.
- [18] PERROTA, J. A. Curso de introdução à engenharia do núcleo de reatores. IPEN, São Paulo, 1999.