



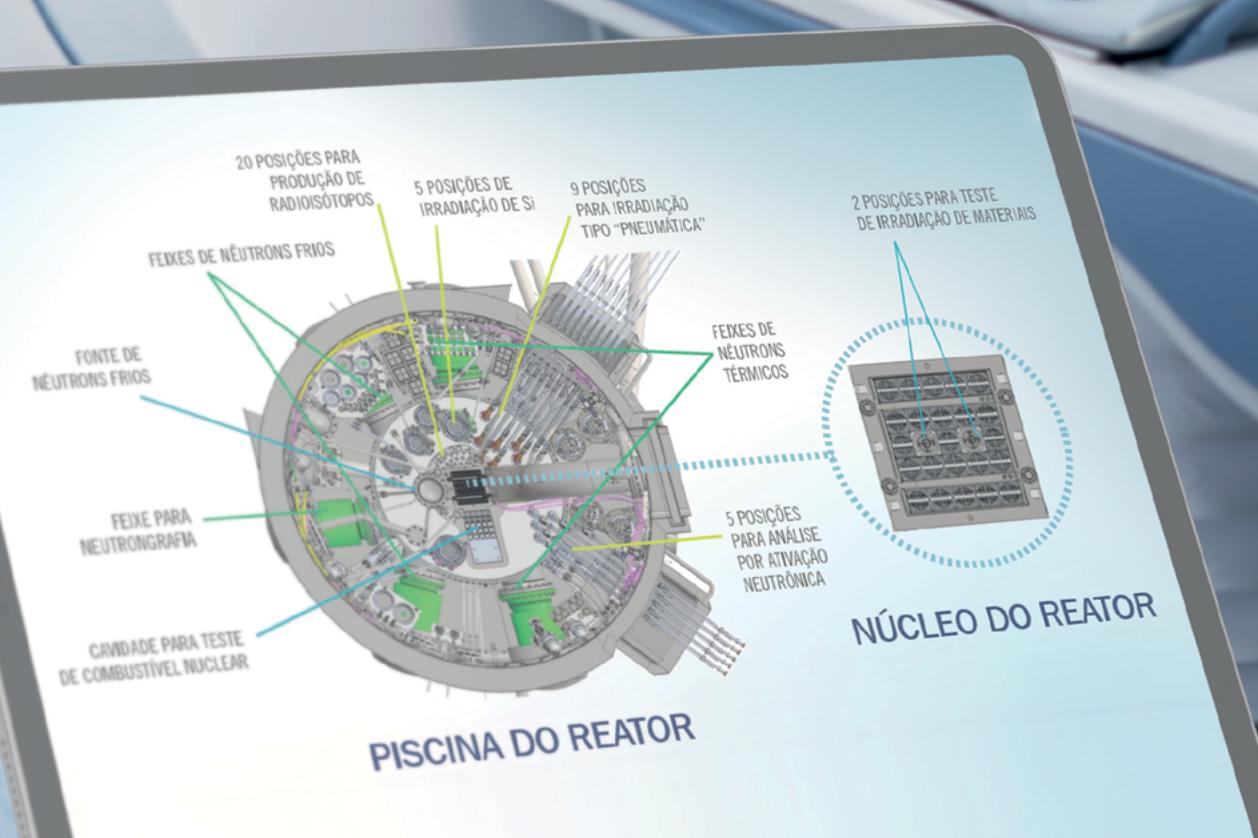
BRASIL NUCLEAR

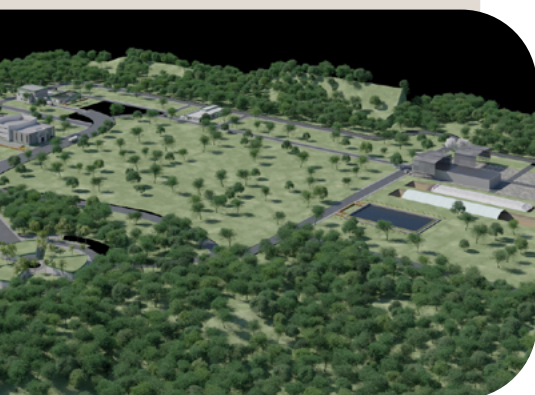
Informativo da Associação Brasileira
de Energia Nuclear

Ano 29 • Número 55 • Julho 2023

Um novo impulso para o RMB

Projeto de reator
que produzirá
radioisótopos
para medicina e
indústria volta a
receber recursos





Capa: Ilustração do reator -
Coordenação do Projeto RMB (Cnen)

Editorial
Possibilidades e desafios | 3

Entrevista
**Francisco Rondinelli,
presidente da Cnen** | 4

Capa
**RMB volta a receber verba
do FNDCT** | 8

Energia
**Nuclear e renováveis:
descarbonização pela
complementaridade** | 12

Política energética
**Sítios nucleares e a expansão
da energia nuclear no Brasil** | 15

Meio ambiente
**CENTENA - Um núcleo de segurança
e sustentabilidade para o Brasil** | 16

Presidente da Aben
John M. Albuquerque Forman

Conselho Editorial
Carlos Henrique C. Mariz - Aben
Edson Kuramoto - Aben
Francisco Rondinelli - Cnen
Márcia Flores - Aben
Paulo Ribas - Aben
Olga Mafra - Aben
Olga Simbalista - Aben

Editora
Vera Dantas

Colaborador
Bernardo Barata

Edição de Arte
IG+ Comunicação Integrada

**Brasil Nuclear é uma publicação da Associação
Brasileira de Energia Nuclear - Aben**
Rua Candelária, 65 • 14º andar • Centro Rio de Janeiro •
RJ • CEP: 20091-906
Tel: (55 21) 2266 0480 • 2588 7000 • Ramal 4721
aben@aben.org.br • www.aben.org.br

Possibilidades e desafios

Em dezembro de 2022, foi eleita uma nova diretoria para a ABEN, com mandato de dois anos. Este é um período de possibilidades e desafios, que deverão ser enfrentados por essa diretoria.

As possibilidades estão relacionadas a uma nova era que surge, onde a energia nuclear e todos os seus usos estão em pleno renascimento, com o reconhecimento mundial da sua importância para um futuro promissor e seguro para o planeta. A geração de base nuclear é limpa e capaz de dar plena segurança aos sistemas elétricos. As energias alternativas estão tendo um extraordinário desenvolvimento mas, devido à intermitência na geração, demandam uma base segura e permanente para compensar essa intermitência, o que poderá ser dado por reatores nucleares de porte menor.

Novas gerações de reatores estão em desenvolvimento, buscando não só uma forma de operação otimizada, como pela escala, vir a permitir sua construção completa, em plantas industriais, com instalação direta e rápida, nos sítios escolhidos, levando a custos mais baixos. São os reatores SMR, com capacidades abaixo de 300Mw.

Esta nova geração de reatores demanda novos tipos de combustível, com níveis de enriquecimento mais elevados, como, por exemplo, o HALEU.

É igualmente promissor o fato de que o Brasil é um dos únicos três países do mundo, juntamente com a China e a Rússia, que dispõe ao mesmo tempo de jazidas de urânio em seu território, produz o concentrado, domina a tecnologia da conversão produzindo UF₆, como faz também o enriquecimento isotópico, fabrica o combustível, constrói centrais de geração de energia e as opera. Além disso, fabrica todos os equipamentos pesados para as usinas de geração de energia.

É uma posição excepcional, a qual deve ser reconhecida, apoiada e promovida pela sociedade e autoridades, que sobre ela, precisam ser esclarecidas.

Os desafios começam pelas providências para que a construção de Angra 3 seja mantida de forma definitiva, permitindo sua entrada em operação, quatro décadas após o início da construção.

Quanto aos novos reatores, já temos em desenvolvimento o protótipo de um SMR, que é o reator para o submarino da Marinha Brasileira. É uma tecnologia que se enquadra, naquilo que a AIEA denomina de PWR+, por estar disponível, enquanto outras têm previsão de se tornar disponíveis, em prazos de 5, 10, 15 anos ou mais. A Rússia já emprega este tipo de reatores para gerar energia na Sibéria e para uso em navios e embarcações.

O combustível do tipo HALEU já é produzido no Brasil, em parceria entre o Ipen e a Marinha, para reatores de pesquisa. No entanto, é necessário e imprescindível que o chamado ciclo do combustível nuclear seja concluído em escala industrial, com a construção de uma planta de conversão e a aceleração da produção de centrifugas para as cascatas de enriquecimento isotópico.

Esta é uma oportunidade para o Brasil se tornar não só um País com capacidade plena de uso da energia nuclear, como um exportador importante de produtos e serviços a ela relacionados.

Concluir o RMB é outra meta que não deve ser esquecida, dada a sua importância na produção de radiofármacos e para a realização de pesquisas e testes de materiais.

Promover a utilização da irradiação de alimentos e produtos agrícolas deve aumentar a competitividade da agro indústria nacional.

Para tudo isto, há demanda de pessoal qualificado e treinado, o que está em falta no momento, devido ao envelhecimento das gerações de profissionais preparados nas décadas de 70 e 80 do século passado.

São todos desafios que podem ser enfrentados e vencidos, havendo determinação e persistência.

A ABEN, uma associação com quatro décadas de existência, deve se organizar para trabalhar intensamente no esclarecimento da sociedade e autoridades, quanto às vantagens dos diversos usos da energia nuclear. Para tanto, precisamos buscar novos sócios individuais e institucionais, uma vez que nossos quadros envelheceram e muitos se afastaram.

Já vemos resultados reais da atuação que vem sendo feita, com a motivação da Frente Parlamentar de Atividades Nucleares Mista, com o fornecimento de informações e esclarecimentos à sociedade e autoridades. A proposta de convênio com a França para o desenvolvimento de um SMR, as discussões sobre um SMR nacional, a conclusão do ciclo do combustível nuclear são propostas daí decorrentes.

Com o apoio de todos os associados, poderemos fazer muito mais. Contamos com Todos!

John M. Albuquerque Forman
Presidente da Aben

A Autoridade de Segurança não deveria estar subordinada ao MME



Fotos: Douglas Troufa/Cnen

A nomeação do engenheiro Francisco Rondinelli para a presidência da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) foi muito bem recebida no setor nuclear. Rondinelli tem uma trajetória profissional marcada pelo trabalho na Cnen, onde ingressou em 1984, após concluir o mestrado em Engenharia de Produção, com ênfase em energia nuclear, na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ). Seu perfil multidisciplinar é fruto de sua participação em projetos de aplicações nucleares nas áreas de energia, meio ambiente, agricultura, entre outras, e em atividades de gestão e planejamento estratégico. Também participou de projetos da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). Em sua entrevista a Vera Dantas, da **Brasil Nuclear**, Rondinelli informa que projeto que criou a Autoridade Nacional de Segurança Nuclear foi devolvido ao Senado e está sendo revisto, para a implementação de ajustes estruturais e orçamentários e, também, para corrigir um “erro conceitual”, que é a sua vinculação ao Ministério de Minas e Energia (MME). Segundo ele, a Convenção de Segurança Nuclear estabelece que uma autoridade regulatória nuclear não pode estar vinculada ao mesmo ente governamental onde estão vinculadas as plantas nucleares. “A Autoridade pode se subordinar a qualquer ministério, mas não ao MME”, afirma.

Em sua trajetória profissional na Cnen, qual o projeto mais significativo em que participou?

Foi o projeto de desenvolvimento tecnológico do ciclo do combustível nuclear, realizado pela Cnen, em parceria com a Marinha, e que já estava em curso quando ingressei. Também acompanhei o início e o crescimento da produção de radiofármacos pelo Ipen.

A seu ver, quais os principais marcos históricos da Cnen?

Tenho dificuldade de nomear um marco, mas destacaria a participação no desenvolvimento da tecnologia do combustível nuclear e o projeto de implantação dos ciclotrons, para produção de radiofármacos de meia vida curta.

Com o desmembramento da Cnen, as atividades de licenciamento e a fiscalização passarão para a Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), proposta para ser vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME). A Agência foi criada no final de 2021, mas ainda não está em funcionamento. Como está essa situação atualmente?

A necessidade de separação entre as funções de promoção e de fiscalização é uma discussão antiga do setor nuclear em todo o mundo. A Convenção de Segurança Nuclear estabelece que essas duas atividades devem ser ‘funcionalmente independentes’, mas não diz ‘institucionalmente independentes’. O Brasil atendeu essa exigência ao reestruturar a Cnen, criando as diretorias de Pesquisa e Desenvolvimento e de Radioproteção e Segurança Nu-

clear, com funções separadas. No entanto, chamo a atenção para um detalhe importantíssimo: a criação de uma autoridade regulatória nuclear é um ato soberano de um país. Por isso, nos fóruns internacionais, quando indagados se iríamos criar uma autoridade regulatória separada, mostrávamos que temos uma separação institucional muito clara, que não compromete nenhum dos aspectos de segurança. A discussão parava aí. Recentemente, essa discussão voltou a ganhar força. No Brasil, também houve algum questionamento interno, que levou o governo a criar uma autoridade nuclear, embora não tivesse essa obrigação. Eu vejo de forma positiva essa decisão, considero-a adequada, uma vez que pode melhorar a governança do processo e dar à sociedade mais transparência ou a tranquilidade de que as duas funções estão efetivamente independentes.

No entanto, vejo um problema na forma como esse processo foi realizado. Por determinação do Ministério da Economia, a criação da nova entidade regulatória deveria ser feita a custo zero, o que considero uma tarefa impossível. Na realidade, o que aconteceu foi o esquiteamento da Cnen; uma parte passou a ser a Autoridade e a outra, a Cnen. Isso enfraqueceu as duas instituições, que tiveram seu funcionamento comprometido.

Mas essa divisão já aconteceu, na prática?

Felizmente, ainda não. No final de 2022, durante os trabalhos do Grupo de Transição para o atual governo, identificou-se a necessidade de rever a medida, sendo o projeto que a instituiu devolvido pelo Senado. Portanto, a Autoridade está criada por lei, mas ainda não foi ativada porque são necessários ajustes estruturais e orçamentários, para que as duas instituições fiquem fortalecidas.

Além disso, é preciso reparar um “erro conceitual” cometido no processo, que foi a vinculação da Autoridade Regulatória ao MME. A Convenção de Segurança estabelece claramente que uma autoridade regulatória nuclear não pode estar vinculada ao mesmo ente governamental onde estão vinculadas as plantas nucleares. Portanto, a Autoridade pode se subordinar a qualquer ministério, mas não ao MME.

A principal alegação para essa decisão ter sido tomada é que, no modelo brasileiro, as agências reguladoras vinculam-se aos ministérios de suas atividades e, portanto, uma agência reguladora nuclear deveria estar alocada no ministério que administra as geradoras nucleares. No entanto, há uma diferença muito grande entre uma agência reguladora e uma autoridade regulatória nuclear. Agências reguladoras têm como atribuição regular e administrar seus respectivos mercados, obtendo deles sua receita. Já uma autoridade regulatória nuclear não tem mercado para regular e deve ter receita própria, proveniente de taxas públicas ou verba do estado. Segundo a Convenção de Segurança, ela não pode se envolver, em nenhuma hipótese, com o mercado. Esse foi

o equívoco, que se pretende corrigir agora com a reavaliação que está sendo feita.

Existe alguma tendência de alteração das atribuições e subordinações das empresas e atividades do setor nuclear no Brasil?

Que eu saiba, até o momento, não. Já foi dado, anteriormente, um passo adiante na estruturação do setor nuclear, com a passagem das empresas INB e Nuclep do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) para o MME. Já a Eletrobras saiu do âmbito da Eletrobras, que foi privatizada, e passou para o controle da Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional S.A. (ENBPar), junto com Itaipu. Talvez esse modelo venha a ser revisto, já que essas duas empresas de energia atuam em áreas bastante distintas. Acho que essas questões devem ser discutidas, mas não vejo nenhuma ação nesse sentido.

Quais os principais desafios que se colocam para a Cnen?

De um modo geral, as instituições da área de ciência e tecnologia no serviço público perderam muita capacitação, devido à falta de reposição de recursos humanos. É preciso repor esses quadros. Também é necessária uma recuperação orçamentária, para atender ao aumento das atividades do setor nuclear no país.

Mas o maior desafio, hoje, para o setor nuclear é demonstrar para a sociedade a sua importância e a sua contribuição para o desenvolvimento social e para uma matriz energética segura. Quando falo em segurança energética, refiro-me à garantia de fornecimento. Outro problema a ser enfrentado é a baixa motivação profissional para ingresso no setor. Precisamos oferecer aos jovens profissionais que estão se formando a oportunidade de se engajar num setor que tem um resultado importante para a sociedade.

Quais os principais projetos conduzidos hoje pela Cnen e suas unidades técnico-científicas?

Atualmente, temos dois projetos muito significativos e nos quais está sendo muito gratificante participar: o Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) e o Centro de Tecnologia Nuclear e Ambiental (Centena). Este último tem como objetivo não só armazenar os rejeitos de baixa e média atividade, como desenvolver técnicas de armazenamento, tratamento e acondicionamento de resíduos de uma forma geral. Outro projeto importante é o de uma unidade móvel de demonstração da aplicação da irradiação para tratamento de efluentes, que está em fase de conclusão no Ipen. Além de ir até as indústrias para demonstrar a eficiência do processo, a unidade poderá prestar localmente o serviço de tratamento de efluentes.

Uma outra aplicação que considero importante vai atuar na mitigação de um grave problema ambiental, que é a conta-

minação dos oceanos por microplástico. Nossas instituições de pesquisa estão desenvolvendo técnicas de análise para identificar não só a presença do microplástico, como sua composição e origem. Há um projeto internacional da AIEA para construir uma rede de monitoração da presença de microplástico na região da América do Sul e Caribe.

O cronograma do RMB tem sido adiado constantemente, por falta de recursos. Há perspectiva de uma mudança nesse quadro?

Essa mudança já aconteceu. No final do ano passado, com as mudanças ocorridas no MCTI, foram liberados R\$ 172 milhões do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). A previsão é utilizarmos esses recursos ao longo dos próximos dois anos, quando serão concluídos todos os projetos de engenharia, e poderemos iniciar a fase de construção.

Para especialistas do setor, um projeto do porte do RMB deveria contar com uma estrutura organizacional, para coordenar e executar as diversas ações previstas. Como o senhor vê essa proposta?

Concordo que é preciso estabelecer uma estrutura organizacional dedicada ao gerenciamento de projeto, que será o embrião de um novo centro de pesquisas da Cnen. Também é importante, um pouco mais à frente, contratar e iniciar o treinamento dos técnicos que irão trabalhar no projeto. Já pleiteamos junto ao governo a realização de concursos para contratar esses recursos humanos.

Assim como o projeto RMB até recentemente, o projeto do repositório definitivo de rejeitos, Centena, não tem avançado. A falta de recursos compromete o cronograma do projeto, que prevê a entrada em operação em 2029. Isso traz risco de paralisação para as instalações nucleares que geram rejeitos de baixa e média atividades?

Nos últimos dois anos, foram realizadas as etapas necessárias para a aplicação da norma de seleção de local para repositório, que é muito complexa. Foi um trabalho bastante extenso.

Em que ponto está esse processo?

Já estão mapeadas as regiões do país alcançadas pelas usinas nucleares e pelos depósitos intermediários da Cnen. Foram identificados seis locais, em São Paulo, Rio e Minas que atendem as especificações. Esse estudo foi concluído e apresentado ao MCTI, e uma vez aprovado, a próxima etapa é visitar os locais selecionados para confirmar *in loco* os dados levantados através de informações de cartografia e base de dados. Cumprimos a norma e a apresentamos à Cnen para iniciar o processo de licenciamento, mas agora é preciso efetivar a escolha do local.

Qual o custo do projeto?

Ele está estimado em R\$ 130 milhões. Portanto, uma etapa paralela do nosso trabalho é buscar os recursos orçamentários para sua efetivação. A construção tem um prazo estimado em quatro anos, o que, de certa forma, acompanha a previsão de conclusão das obras de Angra 3. A ideia é o projeto ficar ponto concomitante com a entrada em operação da nova usina, em 2029.

A falta de um plano estratégico de desenvolvimento tecnológico é apontada como uma das fragilidades da área nuclear. Como o sr. vê a perspectiva de criação de projetos como o desenvolvimento de um reator de pequeno porte (SMR, na sigla em inglês) ou de novas tecnologias como, por exemplo, para a fabricação de varetas de elemento combustível?

Em primeiro lugar, é necessário fazer um diagnóstico nacional do setor para identificar onde estão suas capacidades e as deficiências, à luz de um contexto mundial. A internalização de novas tecnologias deve ser feita através de um programa nuclear brasileiro voltado para concretizar os projetos estratégicos, que são: Angra 3 e mais quantas usinas forem necessárias, o Centena, o RMB, e a ampliação da fábrica de centrífugas e da planta de enriquecimento. Em relação ao desenvolvimento tecnológico, precisamos acompanhar o estado da arte em reatores SMR, novos materiais, novos conceitos de elementos combustíveis.

Os reatores SMR já estão perto de se tornarem realidade?

Cerca de 80 projetos de reatores SMR estão sendo desenvolvidos no mundo, mas hoje ainda não existe equipamento pronto para fornecimento. Um dos projetos mais adiantados é o Carem1, da Argentina, que já está no primeiro protótipo experimental. Estamos em situação privilegiada, porque a Argentina é nossa parceira no RMB.

Já existe algum movimento no sentido de fazer uma parceria em projetos de reatores SMR?

Vamos buscar uma parceria com Argentina na área de SMR, uma vez que as nossas competências se complementam. A partir da cooperação para a construção do RMB, podemos ampliar para projetos nas áreas de elementos combustíveis, complementação da cadeia produtiva e de reatores SMR.

As linhas de pesquisa dos cursos de doutorado poderiam ser direcionadas para projetos finais como estes?

A partir do momento em que o país tiver um programa nuclear de médio e longo prazo, poderemos criar um programa para atender a demanda de profissionais da cadeia produtiva do setor tanto na área pública como na iniciativa privada. Mas já existem cursos de pós-graduação nos vários

Vamos buscar parceria com a Argentina na área de reatores SMR, uma vez que nossas competências se complementam. A partir da cooperação no RMB, podemos ampliar para projetos nas áreas de elementos combustíveis, complementação da cadeia produtiva e SMR

campos das aplicações nucleares, como é o caso do projeto Centena, tem uma grande interface com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos. Há um conjunto de estudantes de pós-graduação desenvolvendo teses de mestrado e doutorado nas áreas de materiais, processos e métodos de análise que permitirão o desenvolvimento de um processo de tratamento, acondicionamento e isolamento de material. É o que eu chamo de uma cadeia de inovação.

Existe um planejamento para a reposição da força de trabalho das instituições nucleares?

Estamos elaborando um plano que envolve aspectos econômicos, gerenciais e administrativos. Uma coisa é certa: não faremos um grande concurso. As 1.800 vagas existentes deverão ser repostas progressivamente, calibrando com as aposentadorias futuras, que aumentarão a necessidade de pessoal. É isso que estamos colocando na pauta para discutir com o MCTI.

Qual a importância da International Nuclear Atlantic Conference (Inac), o maior e mais importante evento do setor nuclear do Hemisfério Sul, para fomentar a parte acadêmica dos pesquisadores e, em especial, os vinculados à Cnen?

Tive oportunidade de participar de todas as edições da Inac, que considero fundamental por oferecer um espaço de convivência de uma semana, com vários eventos simultâneos: o Enan (Encontro Nacional de Aplicações Nucleares), o Enfir (Encontro Nacional de Física de Reatores), o Enin (Encontro Nacional da Indústria Nuclear), a Expolnac e a exposição de trabalhos do Junior Poster. Isso permite a interação entre profissionais de vários segmentos da área nuclear, acadêmi-

cos e estudantes. A Inac tem a característica de atrair jovens profissionais ou potenciais profissionais do setor. Eu já ouvi, mais de uma vez, a seguinte observação de profissionais estrangeiros: é o evento da área nuclear onde vemos mais jovens participando.

Em sua visão, de que maneira a Aben, que completou 40 anos em 2022, pode continuar contribuindo para o desenvolvimento do setor nuclear brasileiro?

A Aben é uma entidade que agrega profissionais do setor e que conta, também, com a participação de algumas instituições públicas do setor. Acho que a entidade precisa fazer um trabalho maior para chegar aos novos profissionais. A Cnen sempre apoiou a Aben, que tem que continuar seguindo seu objetivo de apoiar o processo de comunicação das instituições e o esclarecimento da sociedade, além de apresentar sugestões para nosso programa nuclear. Ela congrega muitos profissionais e tem grande reconhecimento no setor. Por seu caráter não comercial, tem neutralidade suficiente para fazer isso.

Qual sua perspectiva para o futuro do setor nuclear brasileiro? Que recomendações pode passar?

O Brasil tem um potencial muito grande na área nuclear por dominar a tecnologia do ciclo do combustível. Isso é importantíssimo. Em segundo lugar, ele tem um histórico de desenvolvimento das aplicações no setor nuclear. E mantém, apesar de todas as dificuldades, programas de formação na área. Vejo uma perspectiva positiva de médio para longo prazo. E a recomendação é que o governo olhe para o setor nuclear brasileiro para identificar suas contribuições para a sociedade, e criar um programa nuclear brasileiro, com objetivos e metas.

O senhor gostaria de fazer mais algum comentário?

O Brasil precisa continuar avançando na ampliação de um programa nuclear para a geração nucleoeletrônica. O país precisa de segurança energética e, para isso, precisa ter uma matriz balanceada, com fontes renováveis e reguláveis. Como as fontes renováveis apresentam um grau de instabilidade, é preciso acrescentar à matriz energética um componente regulável. É esse componente que irá garantir que, na hora de flutuação das renováveis, o país tenha uma fonte que entrega energia. As fontes reguláveis são as térmicas, gás natural, biomassa e nuclear. O setor nuclear brasileiro, hoje, teria condição de entregar para o sistema energia equivalente a uma Itaipu. Lembramos a velha máxima de que 'a energia mais cara é aquela que não se tem'. Não estamos falando de construir usinas nucleares em todo o país, mas sim de explorar o potencial que temos hoje, que vai minimizar os custos e otimizar a geração de energia elétrica.

Luz no fim do túnel para o RMB

Projeto volta a receber verba do FNDCT

Vera Dantas

No dia 3 de setembro de 2008 foi realizada a reunião de abertura do projeto Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), um empreendimento destinado à produção de radioisótopos para aplicações na saúde, indústria, agricultura e meio ambiente, entre outras, e à realização de testes e qualificação de materiais e combustíveis para reatores de potência e de estudos científicos e tecnológicos sobre o uso de feixes de nêutrons em materiais. Participaram do evento o presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), Odair Dias Gonçalves, diretores e pesquisadores da autarquia e representantes do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP). No cronograma, a entrada em operação do reator estava prevista para 2013. No entanto, 10 anos depois, o projeto avançou conceitualmente, mas nenhuma obra foi iniciada.

A inconstância na liberação de recursos governamentais provocou sucessivos adiamentos no projeto. Em 2022, a situação tornou-se crítica, devido ao contingenciamento do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), o que significava que não haveria verba. O panorama também não se mostrava promissor para 2023. Contribuindo para o clima de incerteza, uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que consistia em fazer um estudo com o objetivo de “revisitar” o RMB, passou aos participantes do projeto a impressão que este seria encerrado. “Desde o final de 2021, o ministério estava coletando informações, mas tínhamos a impressão de que o verdadeiro objetivo desse movimento era impedir o avanço do empreendimento”, informa a atual coordenadora técnica do RMB, Patrícia Pagetti.

Em protesto contra a falta de vontade política do governo para garantir os recursos financeiros necessários, o coordenador técnico e idealizador do RMB, José Augusto Perrotta, pediu sua aposentadoria da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) e deixou o empreendimento em junho de 2022.

Em sua 74ª reunião anual, realizada em julho, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) aprovou por unanimidade uma moção de apoio ao

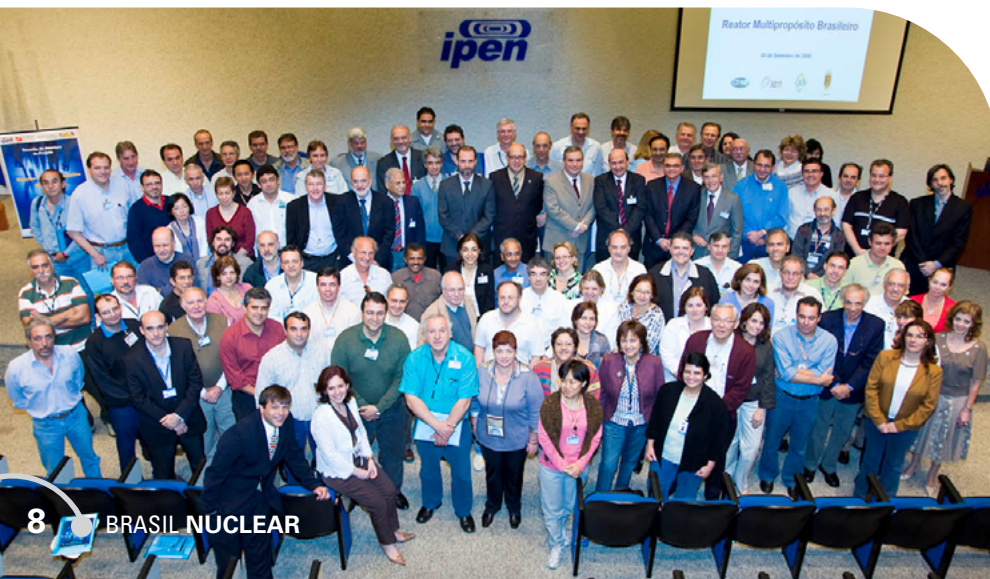
RMB, destinada aos presidentiáveis, congressistas e aos presidentes de associações e sociedades científicas. A iniciativa recebeu o apoio da Sociedade Brasileira de Biociências Nucleares, Sociedade Brasileira de Física, Associação Brasileira de Saúde Coletiva e Sociedade Brasileira de Farmacologia e Terapêutica Experimental.

No entanto, nos últimos meses de 2022, o ministro Paulo Alvim, que substituiu Marcos Pontes quando este deixou o MCTI para se candidatar ao Senado, vinha demonstrando interesse pelo RMB e promoveu reuniões com funcionários da Cnen, pesquisadores e representantes da área de medicina nuclear e da comunidade científica para conhecer os detalhes do projeto. Em dezembro, o MCTI autorizou a liberação de R\$ 172 milhões do FNDCT, através de um novo convênio entre a Cnen e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), com prazo de conclusão até dezembro de 2025.

A mudança de cenário foi reforçada pelo novo governo. Durante a visita oficial do presidente Luis Inácio Lula da Silva a Buenos Aires, em janeiro, a ministra Luciana Santos, anunciou a intenção do MCTI em avançar na construção do RMB e de retomar a parceria com a Argentina para o projeto. A Declaração Conjunta Presidencial decorrente do encontro reafirmou a aliança estratégica entre os dois países na área nuclear, destacando a importância da experiência da parceria bilateral na construção do RMB e do Reator Multipropósito Argentino (RA-10).

Hoje, o novo cronograma prevê a conclusão das obras principais e a entrada em operação do reator em 2028, ou seja, 20 anos após o início do projeto. O custo total estimado do RMB é

Reunião de abertura do RMB



US\$ 500 milhões (cerca de R\$ 2,5 bilhões), distribuídos em cinco anos. Seriam necessários aportes de US\$ 100 milhões anuais para sua conclusão. “Trata-se de uma fração muito pequena dos recursos disponíveis do FNDCT, cerca de US\$ 2 bilhões por ano”, observa José Augusto Perrotta – embora tenha se aposentado, ele continua trabalhando no RMB, como voluntário.

No entanto, desde o lançamento, em 2008, o RMB recebeu R\$ 452 milhões, incluindo o convênio hoje em vigor, de R\$ 172 milhões. “Em 14 anos e meio, os recursos disponibilizados não chegam a 15% do custo total estimado do empreendimento. É um valor muito baixo”, constata Patrícia Pagetti. “É preciso definir se o RMB é ou não um projeto prioritário para o país”, cobra Sílvia Velasques, ex-presidente da Sociedade Brasileira de Biociências Nucleares e representante da SBPC no grupo de trabalho de medicina nuclear, criado pelo GSI para a elaboração do Programa Nuclear Brasileiro. Ela aponta uma incoerência entre o discurso sobre o caráter estratégico do RMB e a falta de verbas para o empreendimento. “Liberação de menos de 15% em 15 anos mostra que o projeto nunca foi considerado prioritário pelo governo”.

Planejamento

Os recursos já recebidos permitiram concluir o projeto detalhado de engenharia do prédio do reator nuclear e o projeto básico de engenharia de todas as instalações do empreendimento. Foram produzidos, até agora, 17 mil documentos técnicos de engenharia. Parte da verba do novo convênio firmado com a Finep será aplicada na contratação do projeto detalhado da unidade de processamento de radioisótopos, que será construída ao lado do prédio do reator. Trata-se de uma obra de grande complexidade, e inédita no país. “O Brasil possui quatro reatores de pesquisa, mas não tem uma planta para a produção de radioisótopos como o molibdênio-99, que é o principal insumo para a produção da maioria dos radiofármacos utilizados pela medicina nuclear”, diz Patrícia Pagetti.

A coordenadora do RMB planeja também iniciar, em meados de 2024, algumas obras civis no terreno de 2 milhões de metros quadrados em Iperó (SP), cedido pela Marinha e pelo Governo do Estado de São Paulo. Uma delas é a construção de uma ponte sobre o Ribeirão do Ferro, necessária para o acesso ao local onde será construído o prédio do reator. Também estão programadas as primeiras obras de terraplenagem e o início do arruamento das vias principais. No entanto, ainda não foram designados recursos para iniciar a construção do prédio do reator e da unidade de processamento de radioisótopos. Uma possibilidade por ela levantada é firmar outros convênios, que permitam a execução dessas obras paralelamente. “Temos recursos garantidos para os próximos dois anos, mas no longo prazo, estamos sempre trabalhando com muita incerteza”, constata.

Também está prevista a contratação de uma empresa especializada na implantação de projetos nucleares, que prestará assessoria para a elaboração do plano estratégico de construção do RMB.

O presidente da Cnen, Francisco Rondinelli, projeta o universo de conclusão do RMB para mais sete anos: dois anos serão gastos na finalização do projeto detalhado de engenharia e em algumas obras civis, e outros cinco anos na construção.

Recursos humanos

Para Patrícia Pagetti, é preciso criar uma estrutura “compatível com a complexidade e grandeza desse projeto”. Hoje, somente ela, cinco tecnólogos e Perrotta (como consultor) se dedicam integralmente ao RMB. Mas contam com a colaboração de 75 pesquisadores e tecnólogos dos institutos da Cnen, que oferecem uma parcela do seu tempo trabalhando na revisão de documentos, na elaboração de especificações técnicas e discutindo toda a parte técnica de concepção do RMB.

O organograma do projeto indica a necessidade de cerca de 300 pessoas para as diversas fases de implantação do RMB. Uma parte deverá ser treinada quando as obras do reator forem iniciadas. “É importante que as pessoas que irão operar o reator também acompanhem a sua construção”, explica Pagetti.

Centro de pesquisa

“O empreendimento RMB não se resume a um reator. Ele é um complexo de pesquisa e desenvolvimento que carrega outras tecnologias”, afirma Francisco Rondinelli. Um dos frutos do RMB é o desenvolvimento da tecnologia do combustível para reatores de pesquisa, realizado em parceria pela Cnen, a Indústrias Nucleares do Brasil (INB) e o CTMSP. Sem citar nomes, ele informa que a Cnen já foi consultada por alguns países, interessados no fornecimento de combustível para seus reatores de pesquisa.

O Empreendimento RMB financiou a infraestrutura do Laboratório de Enriquecimento Isotópico do CTMSP para enriquecer urânio a 20% para fornecimento contínuo ao RMB e estruturou o Centro de Combustível Nuclear do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) para também produzir, continuamente, os elementos combustíveis e alvos de urânio para operação do RMB. Foram produzidos 19 elementos combustíveis idênticos aos do RMB e carregados no núcleo do reator IPEN/MB-01. Esse novo núcleo do IPEN/MB-01 foi licenciado e está em operação, simulando o núcleo do reator RMB. Esse projeto de autonomia de fornecimento de combustível para reatores de pesquisa, desenvolvido totalmente por brasileiros, é raro no mundo. Perrotta costuma enaltecer esse fato dizendo que “os nêutrons dos nossos reatores de pesquisa falam português”.



José Augusto Perrotta



Patrícia Pagetti

O empreendimento contará com laboratórios de processamento de radioisótopos, análise pós irradiação, radioquímica e análise por ativação com nêutrons. Está prevista também a criação de um Laboratório Nacional de Feixes de Nêutrons para complementar as atividades realizadas pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), de Campinas. No futuro, poderá contar ainda com um laboratório de lasers de alta potência e outro dedicado ao estudo da tecnologia da fusão nuclear, além de aceleradores de partículas com alta energia para produção de radioisótopos e pesquisas.

O laboratório de processamento de radioisótopos para a área médica contribuirá para reduzir a vulnerabilidade do país nessa área, de grande visibilidade social. Hoje, o Brasil importa os radioisótopos utilizados na produção de radiofármacos, sendo a maioria fornecida pela Rússia. Devido à grande distância entre os dois países e ao decaimento radioativo do material, a operação demanda uma complexa logística, dificultada a partir do conflito

Rússia-Ucrânia. Para demonstrar a gravidade da situação, Rondinelli emprega a hipotética situação de uma corrida de gelo. Nessa analogia, criada por José Augusto Perrotta, a importação de radioisótopos é equivalente a tirar um bloco de gelo da Sibéria e fazer com que ele chegue ainda como gelo ao Brasil. “Com o material radioativo acontece a mesma coisa; assim que é tirado do reator ele começa a perder energia, mas é preciso que chegue aqui com radioatividade suficiente para viabilizar o exame de diagnóstico”.

Um exemplo da vulnerabilidade do país é a dependência externa do radioisótopo molibdênio-99 para a produção de geradores de molibdênio-tecnécio, que fornece o radiofármaco empregado na maioria dos exames de cintilografia no país. Os geradores são fornecidos em sua maior parte pelo Ipen. O molibdênio-99 é importado semanalmente de países como Argentina, Israel, África do Sul e Rússia. “Qualquer irregularidade no seu fornecimento impacta na produção dos geradores de molibdênio-tecnécio, que são distribuídos para todo o país”, constata o especialista em medicina nuclear com ênfase em cardiologia, Rafael Willain Lopes, presidente da Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear (SBMN). Em sua opinião, o projeto do RMB propiciará uma série de mudanças nesse contexto, ao garantir a autonomia do país na produção de diversos isótopos, principalmente o molibdênio-99. “Os geradores de tecnécio serão produzidos com matéria-prima brasileira, com custo em Real, o que facilitará sua distribuição e, principalmente, permitirá ampliar o acesso e reduzir os custos da medicina nuclear para a população”, explica. Ele acredita que o RMB será um polo de agregação do conhecimento que permitirá produzir novos isótopos e terá capacidade para abastecer não só o Brasil como outros países dentro e fora da América Latina.

Anualmente, são realizados no país cerca de dois milhões de procedimentos de medicina nuclear, tanto pela saúde suplementar como pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Os exames de cintilografia do miocárdio respondem pela metade dos procedimentos. Os radiofármacos também são utilizados em exames de

Operações simultâneas

Um reator de pesquisa multipropósito tem a capacidade de realizar ao mesmo tempo várias operações. Assim, o RMB poderá irradiar, simultaneamente, alvos para a produção de radioisótopos, elemento combustível, materiais para a estrutura do núcleo do reator e materiais para análise por ativação neutrônica. Além disso, o feixe de nêutrons de grande intensidade que é gerado pelo núcleo do reator pode ser utilizado em análises e pesquisas de estruturas de novos materiais. “Ele complementa, por exemplo, a capacidade do país na área de pesquisa de novos materiais. O Projeto Sirius, que é muito importante, faz pesquisa de novos materiais, mas não dispõe de feixe de nêutrons”, afirma Francisco Rondinelli.

Patrícia Pagetti garante que a realização de várias operações simultâneas não implica em nenhum risco de segurança. “O reator multipropósito é projetado para isso: pode estar irradiando silício ou alvos de urânio, como também realizando teste de combustível ou usando feixes de nêutrons para pesquisa científica. E cada uma dessas atividades segue as normas de segurança estipuladas pelo órgão regulador”, explica.

diagnóstico PET-CT e cintilografias tradicionais, além do tratamento de doenças como o câncer de tireoide, com o iodo-131, e tumores neuroendócrinos, com o lutécio-177, que mais recentemente vem sendo também empregado para pacientes com câncer de próstata avançado. Esse número, no entanto, deveria ser o dobro, de acordo com o presidente da SBMN. “Em outros países da América Latina como Argentina e Chile, a possibilidade de um paciente realizar um exame ou tratamento de medicina nuclear é duas vezes maior do que a disponibilidade existente no Brasil”, garante. “A diferença é ainda maior se comparamos o número de procedimentos realizados na medicina suplementar em relação ao sistema público”, frisa. Cerca de 94% dos serviços de medicina nuclear são privados – embora a grande maioria das clínicas preste serviços para o SUS – e apenas 6% são públicos. Ele estima que, mesmo com um crescimento constante, seriam necessários 30 anos para que o número de procedimentos na saúde pública alcance os realizados na saúde suplementar. “O RMB poderá auxiliar na tentativa de reduzir a assimetria em menor tempo, trazendo perspectivas de ganhos expressivos para o acesso da população a estas tecnologias em benefício da saúde de todos, além de tornar-se um polo de ensino, pesquisa e de desenvolvimento científico em nosso país”, afirma.

Os três pilares de um grande projeto

Embora tenha se aposentado, o idealizador e ex-coordenador técnico do RMB, José Augusto Perrotta, continua trabalhando no projeto. “Pedi minha aposentadoria em protesto, mas não abandonaria nunca o projeto e os ideais que o Brasil precisa na área nuclear. Continuei trabalhando sempre”, afirma.

Segundo ele, a implementação de um grande projeto como o RMB deve se apoiar em três pilares: o primeiro é o R cifrão (R\$), ou seja, sustentabilidade e recursos financeiros; o segundo, que ele chama de RH, são os recursos humanos. “Sem recursos humanos não se faz nada. O Brasil tem sofrido nos últimos anos, não só na área nuclear, um esvaziamento completo das cabeças, das inteligências dos grupos atuantes. O Ipen, que já contou com 1600 funcionários, tem hoje apenas 500, dos quais a metade ou mais poderia se aposentar”, denuncia. O terceiro pilar é a gestão. “Não adianta ter dinheiro, ter recursos humanos se não há uma organização adequada para construir, operar e manter um sistema do porte do RMB”, afirma.

Uma das dificuldades apontadas por Perrotta é que a área nuclear tem sua atuação condicionada à liberação de recursos do Tesouro. Ele cita como exemplo o Ipen, que fornece radioisótopos para mais de 400 clínicas mas não é remunerado, uma vez que os recursos gerados pela atividade têm como destino o caixa único do governo. “A instituição não tem domínio sobre todo o processo, já que muitas vezes seu orçamento é contingenciado. Não há dinheiro para aumentar a produção, para fazer investimento”.

De acordo com Perrotta, o empreendimento RMB propõe uma mudança desse perfil, com a criação de uma instituição subordinada à Cnen para gerir o empreendimento de forma autônoma. “A lei que criou a Cnen permite a criação de uma empresa pública não dependente do governo, com gestão autônoma dos recursos gerados e flexibilidade na contratação de recursos humanos”, explica.

O estudo de viabilidade do RMB demonstra que, com os recursos financeiros auferidos na produção dos radioisótopos (apenas uma das funções multipropósito), é possível pagar a operação e, mais que isso, gerar recursos adicionais para investir, para fazer um crescimento contínuo. “Além de atender de forma brilhante a sociedade, com os produtos, o investimento motivaria o desenvolvimento tecnológico. Seria um círculo virtuoso de vencedor”, garante Perrotta.

Parceria Brasil-Argentina

Os sistemas nucleares do RMB foram projetados pela Invap, empresa argentina que ostenta em seu portfólio os projetos do reator de pesquisas australiano Open Pool Australian Lightwater (Opal), inaugurado em 2007, e do reator argentino RA10, “gêmeo” do RMB e que ficará pronto no próximo ano. A participação da Invap deriva de um convênio entre a Cnen e sua similar da Argentina, a Comisión Nacional de Energía Atómica (Cnea), no âmbito da Comissão Binacional de Energia Nuclear.

A Amazônia Azul Tecnologia de Defesa (Amazul), empresa brasileira de engenharia, também participou do projeto, através de convênio anterior com a Finep para realizar a análise crítica e desenvolver projetos de sistemas convencionais.

A equipe do RMB tem interesse em retomar a parceria com a Argentina, através de um novo acordo de cooperação voltado para a etapa de detalhamento da planta de radioisótopos. “Vamos aproveitar o conhecimento de ambos. Por exemplo, o Brasil domina várias fases do ciclo do combustível e é capaz de produzir esse combustível de baixo enriquecimento que será usado nesses reatores. O Brasil pode produzir alvos de urânio para produzir molibdênio. E a Argentina tem a tecnologia do processo de dissolver os alvos para produzir o molibdênio”, explica Patrícia Pagetti.

Nuclear e renováveis: descarbonização pela complementaridade

Leonam dos Santos Guimarães*

A comparação dos custos de diferentes tecnologias de geração de energia tornou-se um dos principais argumentos utilizados pelos defensores de fontes específicas e por aqueles que procuram encontrar a melhor abordagem para planejar a expansão de sistemas elétricos. No entanto, essa abordagem, tomada isoladamente para a formulação de políticas públicas de energia, está longe de ser simples e pode levar a resultados indesejados e inesperados.

Quanto custa isso? Parece uma pergunta simples. No entanto, quando se trata de tecnologias concorrentes de geração de energia, é uma pergunta extremamente desafiadora. Os custos de geração incluem muitas variáveis: capital, combustível, localização, disposição de resíduos, impacto ambiental, interconexão, confiabilidade, intermitência e outros custos externos e sistêmicos. Não há duas tecnologias iguais.

Os custos do sistema são geralmente divididos nas quatro categorias amplamente, definidas a seguir: custos de perfil (também chamados de custos de utilização ou de backup), custos de balanceamento, custos de rede e custos de conexão [1].

- Os custos de perfil se referem ao aumento no custo de geração do sistema elétrico como um todo em resposta à variabilidade da produção de Energias Renováveis Variáveis (VRE).
- Os custos de balanceamento referem-se aos crescentes requisitos para garantir a estabilidade do sistema devido à incerteza na geração de energia (interrupções imprevistas da planta ou erros de previsão de geração).
- Os custos de rede refletem o aumento nos custos de transmissão e distribuição devido à natureza distribuída e à restrição de localização das usinas de geração de VRE.
- Os custos de conexão consistem nos custos de ligação de uma usina ao ponto de conexão mais próximo da rede de transmissão.

Os custos externos são baseados na soma de três componentes: custos de danos causados pelas mudanças climáticas associados às emissões de gases de efeito estufa

(CO₂ e outros); custos de danos (como impactos na saúde, agricultura, etc.) associados a outros poluentes do ar (NO_x, SO₂, NMVOCs, PM₁₀, NH₃) e outros custos sociais não ambientais para tecnologias geradoras de eletricidade não fósseis. As externalidades ambientais e sociais são altamente específicas do local e, portanto, os resultados variam amplamente, mesmo dentro de um determinado país, de acordo com a localização geográfica.

Durante décadas, os analistas propuseram uma abordagem que tenta integrar algumas das principais variáveis de custo das tecnologias de geração. É chamado de Custo Nivelado de Eletricidade (LCOE), atendendo aos custos internos, incluindo Capex e Opex, até que uma nova planta seja conectada à rede [2]. A análise do LCOE [3] fornece evidências sobre três pontos principais:

- Apesar dos recentes projetos de alto custo nos países ocidentais, a maioria das novas usinas nucleares tem um custo nivelado de eletricidade (LCOE) comparável a qualquer outra fonte de geração, incluindo a maioria das VRE.
- O LCOE para VRE não leva em consideração os custos do sistema que os consumidores são obrigados a pagar, como ampliação da rede para acomodar uma geração distante dos centros de consumo, baixo balanceamento de previsibilidade do VRE e controle de frequência e backup e/ou armazenamento de eletricidade para compensar para essa variabilidade.
- A análise do LCOE não inclui externalidades ambientais e sociais, como disposição de resíduos, poluição do ar e do efeito estufa, recursos materiais e uso da terra; excluindo externalidades marginais, o LCOE contradiz um ponto central para a consideração de tecnologias de energia limpa, que é o próprio impacto dessas externalidades.

Usar o LCOE para comparar os custos de geração tornou-se uma prática generalizada. No entanto, essa abordagem associada a diferentes tecnologias de geração ou qualquer outra medida dos custos totais de produção do ciclo de vida por MWh fornecido, não leva em conta os diferentes custos do sistema, tratando efetivamente todos os MWh gerados, independentemente da fonte, como um produto homogêneo, isto é, uma mercadoria, governada por um preço único.

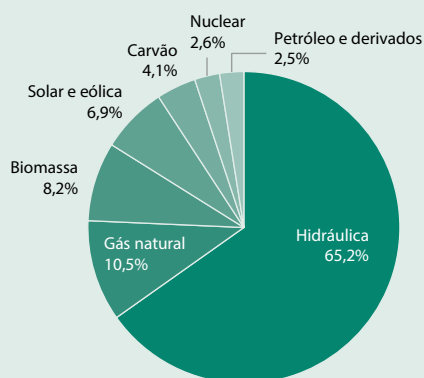
A crítica é técnica e a objeção fundamental é que custo não mede valor. A geração de energia ocorre em momentos e locais diferentes, com valores diferentes a cada momento e em cada local. Seria como dizer que um carro custa muito mais do que uma bicicleta, então todos devemos comprar bicicletas. No entanto, isso desconsidera que carro e bicicleta estão fornecendo serviços de diferentes naturezas.

Analisando o Estudo NEA sobre os custos da descarbonização [1], COSTES [4] nos proporciona algumas ideias poderosas:

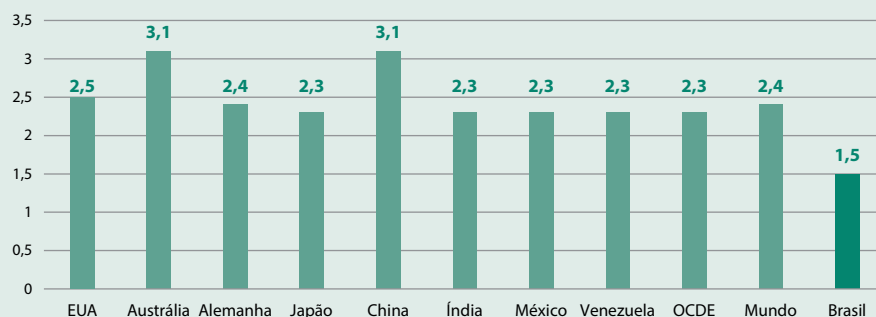
- Definir um preço para o carbono como um custo externo parece óbvio: US\$ 35 por tonelada de CO₂ emitido é considerado suficiente para erradicá-lo de todos os cenários. Isso não está tão longe dos US\$ 20 já considerados por alguns países. Quanto mais cedo isso for alcançado, melhor, pois todos concordam que há uma necessidade urgente de descarbonizar o sistema energético.

- Idealmente, as políticas devem ser desenvolvidas para garantir que os custos do sistema sejam bem analisados e alocados à fonte que os gera. Foi proposto o conceito de “Energia Firme Equivalente” [5], segundo o qual qualquer fonte de VRE deve garantir sua produção com algum armazenamento pelo qual seria responsável. Em qualquer sistema, isso seria muito difícil de implementar.
- A adequação da maioria dos mercados de eletricidade existentes pode ser questionada. A ordem de mérito poderia ser justificada no passado, quando todas as fontes tinham LCOE comparável e estavam totalmente expostas ao mercado. Hoje, os mercados de eletricidade produzem situações em que os preços são zero e não há mais sinais econômicos consistentes com uma parcela crescente do VRE.
- Em um mercado em que qualquer forma de geração de eletricidade é tratada por mérito próprio, sem subsídios ou direitos prioritários, haverá necessidade de novos regulamentos muito claros. Com uma alta participação do VRE, os mercados existentes serão muito voláteis e apresentarão riscos altos para qualquer investimento e financiamento de longo prazo. Como as políticas podem ser projetadas para atrair investimentos nessa situação?
- Existem evidências claras de que, além da energia hidrelétrica com grandes reservatórios, a nuclear é a única tecnologia despachável de baixo carbono e é essencial, juntamente com as VRE, para obter um sistema elétrico descarbonizado. A relação custo-benefício para o consumidor leva a um sistema equilibrado, em que o valor da energia nuclear e das próprias VREs não é destruído pela participação excessiva destas últimas. Em vez de desenvolver políticas públicas que definam metas para a participação das VRE, o que exigirá capacidade, flexibilidade e infraestrutura da rede, não seria preferível definir metas de geração de carbono primeiro e depois identificar qual sistema elétrico proporcionaria o melhor custo-benefício?

Matriz Elétrica Brasileira 2017 (BEN, 2018)



Emissões de carbono do setor de energia* | Alguns países e regiões (tCO₂/toe)



Fonte: Agência Internacional de Energia

(*) Avaliadas com base na oferta doméstica de energia

Um sistema de baixo carbono com boa relação custo-benefício

- parcela considerável de VRE,
- parcela considerável de tecnologias despacháveis de carbono zero, como energia nuclear e hidroeletricidade com grandes reservatórios.
- quantidade complementar de capacidade a gás para flexibilidade adicional, juntamente com armazenamento,
- gerenciamento do lado da demanda e interconexões

O sistema brasileiro parece ir nessa direção, já possuindo alguns desses atributos.

Ao considerar os fatos sobre os tipos de tecnologia; seus custos, incluindo custos externos e do sistema; aceitação do público e avaliando o potencial de preços mais altos da eletricidade, os formuladores de políticas poderiam criar as condições e regras do mercado para encontrar um caminho apropriado.

No entanto, existem outros aspectos importantes para os tomadores de decisão levarem em consideração:

- para acomodar uma alta parcela do VRE, o sistema deve desenvolver não apenas redes de transmissão e distribuição, mas também incorporar novas tecnologias que ainda não existem para acomodar as flutuações que a geração das VRE acarreta; esses custos podem ser levados em consideração, mas e os riscos associados a essas futuras tecnologias? E a confiabilidade desse sistema e sua resiliência?
- o uso de recursos materiais para gerar eletricidade é uma questão pouco analisada; é uma questão de energia e densidade de potência [6]; em essência, as VRE possuem, na maioria das áreas, um fator de carga limitado: para atingir a mesma geração em GWh, as VRE precisam de cerca de três vezes mais capacidade do que qualquer fonte despachável e exigiria muita capacidade de armazenamento com um fator de carga limitado; VRE de baixa densidade energética implica mais materiais de construção (cimento, concreto, aço, por exemplo) e mais uso da terra para uma dada geração de energia no ciclo de vida. Que política proporcionaria o modo mais eficiente de usar os recursos que o planeta pode oferecer?

Um sistema de baixo carbono com boa relação custo-benefício provavelmente consistiria em uma parcela considerável de VRE, uma parcela pelo menos igualmente considerável de tecnologias de carbono zero despacháveis, como energia nuclear e hidroeletricidade com grandes reservatórios. Uma quantidade complementar de capacidade a gás proporcionaria flexibilidade adicional, juntamente com armazenamento, gerenciamento do lado da demanda

A energia nuclear terá um papel fundamental nas estratégias de diversificação das transições energéticas para os países atingirem a descarbonização de seus sistemas elétricos

e expansão de interconexões. O sistema brasileiro parece seguir nessa direção, já tendo alguns desses atributos.

A energia nuclear terá um papel fundamental nas estratégias de diversificação das transições energéticas para os países atingirem a descarbonização de seus sistemas elétricos para os quais traz benefícios e continua sendo uma opção economicamente viável. Produz grandes quantidades de energia despachável e com baixo carbono mas enfrenta questões de aceitação pública em muitos países. Os custos ao nível de geração das VRE caíram drasticamente, mas seus custos globais para o sistema não são plenamente contabilizados, pois a produção é agregada em um número limitado de horas.

Os mercados de eletricidade estão evoluindo e a energia nuclear segue esse ritmo como por exemplo no caso dos reatores modulares pequenos (SMR), com muitos projetos promissores.

A energia nuclear é um parceiro confiável do VRE por meio de um modelo colaborativo. Uma complementaridade técnica pode ser alcançada através do desenvolvimento de uma maior flexibilidade na operação do reator, a fim de minimizar a produção de energia variável do VRE. Uma complementaridade sistêmica poderia ser alcançada por meio de tecnologias inovadoras. A complementaridade estratégica para a construção do futuro mix de energia descarbonizada não deve ser esquecida.

*Assessor da ENBPar e diretor técnico da Abdan

Referências

- [1] ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT NUCLEAR ENERGY AGENCY, The Costs of Decarbonization: System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables, available at <http://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2019/7299-system-costs.pdf>. (2019).
- [2] GUIMARAES, L., The Levelized Cost of Electricity and its Impact on Energy Transition, CEIRI NEWS, available in Portuguese at <https://ceiri.news/o-custo-nivelado-da-eletricidade-e-seu-impacto-na-transicao-energetica/>. (2019)
- [3] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY AND NUCLEAR ENERGY AGENCY, Projected Costs of Generating Electricity, available at <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2015/7057-proj-costs-electricity-2015.pdf>. (2015)
- [4] COSTES, P., Viewpoint: Studying the cost of decarbonization, World Nuclear News, January 30, available at <http://world-nuclear-news.org/Articles/Viewpoint-Studying-the-cost-of-decarbonisation>. (2019)
- [5] HELM, D., Cost of Energy Review, BRITISH INSTITUTE OF ENERGY ECONOMICS, available at http://www.biee.org/wpcms/wp-content/uploads/Cost_of_Energy_Review.pdf. (2017)
- [6] SMIL, V., Power Density: A Key to Understanding Energy Sources and Uses, MIT Press (2016)

Sítios nucleares e a expansão da energia nuclear no Brasil

Carlos Henrique da Costa Mariz*

Nos anos de 2009 e 2010, a Eletronuclear coordenou os trabalhos de seleção de sítios nucleares no Brasil, ocasião em que o Plano Nacional de Energia (PNE 2030) sinalizava a necessidade de construção de novas usinas nucleares no país. Inicialmente, duas usinas na região nordeste, seguidas de duas na região sudeste, deveriam entrar em operação na primeira metade da década de 2020.

Esse processo de seleção contou com a consultoria da Coppe/UFRJ, do consultor internacional Paull Rizzo, dele participando também a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do Ministério de Minas e Energia (MME). O estudo culminou, inicialmente, com a escolha de áreas no Nordeste e no Sudeste e, posteriormente, em 40 áreas candidatas, em todo território nacional, para a construção de centrais nucleares.

O processo foi baseado em conceitos e critérios do Electric Power Research Institute (EPRI) da Califórnia, Estados Unidos, especificamente desenvolvidos para a seleção de sítios nucleares, conforme metodologia utilizada com sucesso, e que constam do EPRI Site Guide.

Naquela ocasião, dois sítios ganharam destaque: o sítio de Itacuruba no estado de Pernambuco, considerado um excelente sitio nuclear pelo engenheiro Paull Rizzo; e o sitio localizado no município de São Romão, no estado de Minas Gerais.

Nessa mesma época o engenheiro Paul Rizzo também estudou o sítio nuclear dos Emirados Árabes, onde hoje se situa a central nuclear de Barakah, com quatro reatores nucleares APR-1400, num total de 5.600 MW, cuja construção ficou sob responsabilidade de consórcio liderado pela Korea Electric Power Corp. (Kepco), da Coreia do Sul. A construção foi realizada em sequência, isto é, uma usina seguida por outra, de forma ininterrupta, caracterizando um caso de sucesso do setor nuclear, pois foi realizada dentro do prazo e orçamentos previstos. Trata-se de experiência pioneira dos Emirados Árabes cujo êxito se deve, em parte, a esse método da construção sequencial, a exemplo da França que o adotou e continua a adotar e que assim construiu as suas 58 usinas nucleares, das quais 40 em 10 anos. E o novo programa chinês prevê, dessa mesma forma, a construção de 150 novas usinas nucleares em 15 anos.

O que faltou ou falta ao Brasil para não ter avançado no desenvolvimento do seu programa nuclear? Por que estamos tão lentos? O programa de construção de renováveis e as linhas de transmissão não são suficientes, e o Brasil caminha para tarifas altas de eletricidade e insegurança energética justamente no momento que precisa crescer para se desenvolver. Temos um consumo per capita de eletricidade muito baixo, 2.500kWh/hab/ano. Precisamos de urgentes e grandes investimentos em geração de grandes blocos de energia para sair desse vergonhoso patamar, que nos coloca em péssima posição no mundo, septuagésima quinta posição em IDH – Índice de Desenvolvimento Humano.

A energia de base nuclear oferece alto fator de capacidade que independe do clima e não polui a atmosfera. Constitui alternativa fundamental para o desenvolvimento do nosso país, quer pela garantia da segurança energética, quer do ponto de vista industrial, tecnológico, educacional e de crescimento socioeconômico regional. Ademais, dispomos de grandes jazidas de urânio e dominamos todo o ciclo de produção do combustível nuclear.

Precisamos adotar, rapidamente, novos paradigmas baseados na experiência exitosa de países que já provaram que padronizar e construir em sequência, seguindo um programa de construção em sítios pré-definidos, é a base comprovada para o sucesso para a construção de novas usinas nucleares.

O recente Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) sinaliza a expansão de mais 10.000 MW de novas nucleares nos próximos 27 anos. Viabilizar essa meta significa seguir esse novo paradigma construindo 10 novas usinas de 1.000 MW nesse período. O tempo é curto. Portanto, é urgente a aprovação dos novos sítios nucleares, já estudados, e iniciar o processo de construção nos novos moldes com baixo custo e dentro dos prazos pré-estabelecidos.

A energia nuclear será um grande vetor para colocar o Brasil de volta à sua rota de crescimento, como todos nós brasileiros almejamos. Precisamos participar do novo ciclo de expansão mundial. É também indispensável uma grande campanha de esclarecimento junto à nossa população da grande segurança oferecida pela moderna tecnologia empregada nas usinas nucleares e de todos os seus benefícios. É preciso deixar claro para nossa população, através de boa comunicação, da grande segurança das usinas nucleares e de todos os seus benefícios, inclusive a contribuição no combate ao aquecimento global e a poluição atmosférica.

O Brasil, com mais de 203 milhões de habitantes, está na péssima posição de nonagésimo lugar em PIB/per capita, o que torna, pelo que foi dito, mais do que urgente que os importantes decisores do país se mobilizem para viabilizar o novo e necessário programa nuclear brasileiro.

*Presidente da Associação Brasileira de Energia Nuclear (Aben) no biênio 2021-2022.

CENTENA – Um núcleo de segurança e sustentabilidade para o Brasil

Clédola Cássia Oliveira de Tello*

No cenário atual, a condição de sustentabilidade é fundamental para o desenvolvimento industrial. A área nuclear tem grande compromisso com os princípios da sustentabilidade e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), colaborando para atingir as metas definidas para 2030.

A matriz energética brasileira contempla a ação contra a mudança do clima, por meio de duas usinas nucleares em operação, Angra 1 e Angra 2, e uma em construção, Angra 3, que compõem a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, no município de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro. Para contribuir com outros ODS, o Brasil conta com mais de 2.500 instalações que atuam em diversas áreas, como medicina, indústria, meio ambiente, agricultura etc.

Nestas atividades, como em tantas outras, podem ser gerados rejeitos. A diferença entre os outros setores e o nuclear é que, neste último, os rejeitos são gerenciados desde sua origem, com iniciativas para evitar e minimizar sua geração, proteger os trabalhadores, o público e o meio ambiente.

Hoje, os rejeitos são armazenados em depósitos iniciais, localizados nas próprias unidades onde são gerados, ou em depósitos intermediários. São instalações absolutamente

seguras, mas que estão licenciadas para armazenamento por tempo limitado. O Projeto Centena atuará justamente no fechamento do ciclo de vida do uso da energia nuclear e dos radioisótopos em todas as suas aplicações, contribuindo para a sustentabilidade do setor.

O objetivo do projeto é construir, licenciar e colocar em operação o Centro Tecnológico Nuclear e Ambiental (Centena), cujas principais funções serão armazenar os rejeitos de baixo e médio níveis de radiação, provenientes do uso da energia nuclear no Brasil, e realizar atividades de PD&I não somente para o tratamento dos rejeitos radioativos, mas também para outros tipos de rejeitos, tais como os químicos ou de mineração, que possam conter radionuclídeos naturais.

O Centena será o primeiro repositório construído, licenciado e em operação no Brasil para a deposição de rejeitos de baixo e médio nível de radiação. Seu conceito é semelhante a outros centros exitosos da Europa, especificamente na Espanha e França.

Desafios

Na última década, o Projeto Centena tem passado por muitos desafios de diferentes tipos, tais como de natureza técnica, política, financeira, legal e social.

Destino dos rejeitos gerados: CENTENA



Técnicas nucleares no combate a pragas



Medicina nuclear



Controle de qualidade de aquíferos por técnicas isotópicas



Usinas nucleares com emissão zero



Controle de processos por técnicas nucleares

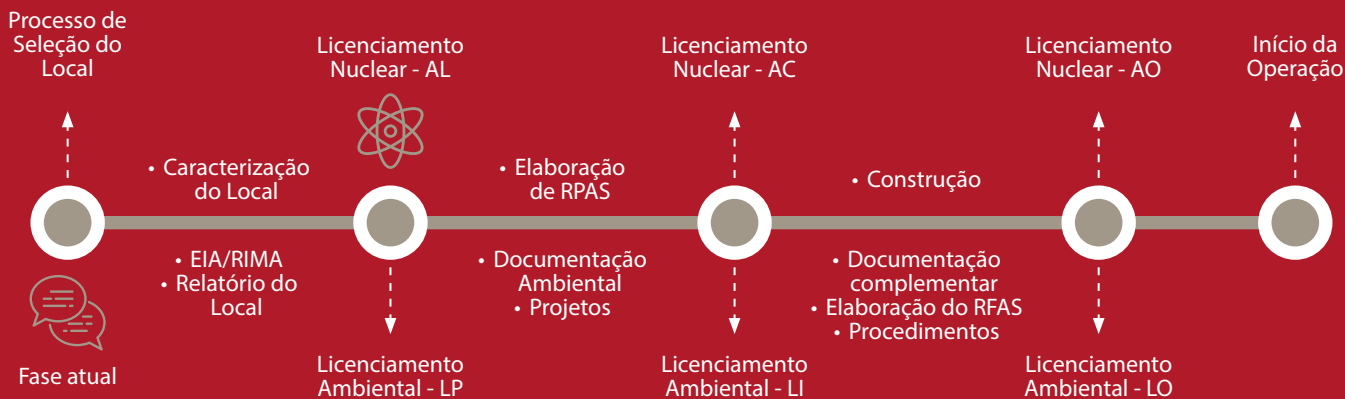


Geração elétrica com baixa emissão



Técnicas isotópicas na agricultura

Etapas do Projeto associadas ao licenciamento



Desafios Técnicos

No mundo, quando o projeto começou, havia poucos depósitos licenciados para rejeitos radioativos de baixo e médio nível. No Brasil, havia o depósito da Abadia de Goiás, construído para abrigar os rejeitos do acidente radiológico ocorrido em Goiânia em 1987. No entanto, este repositório foi construído para um único radionuclídeo e para um volume constante. O Centena está previsto para armazenar todo o rejeito de baixo e médio nível de radiação. É uma instalação composta pela área de deposição e toda a infraestrutura necessária para garantir a segurança das pessoas e do meio ambiente. Também foram previstas instalações para atividades de PD&I relacionadas ao desempenho das múltiplas barreiras e à própria atividade de gerenciamento de rejeitos.

O sucesso do projeto depende de uma equipe multidisciplinar, que deve trabalhar em conjunto em suas diversas etapas como: a escolha do local; projetos conceituais, básicos e executivos; construção e comissionamento. Neste sentido, o desafio é ter recursos humanos competentes suficientes e capazes de atender aos requisitos técnicos e de licenciamento. Está sendo desenvolvido um programa de formação de profissionais com esse perfil. Enquanto isso, técnicos do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) e de outros institutos e alunos de graduação e pós-graduação são a principal força de RH do projeto, que conta também com o apoio de outras instituições de ensino.

Desafios Políticos

Desde o início do Projeto Centena (anteriormente chamado RBMN), houve cinco mudanças na Presidência da República, quinze mudanças na direção do Ministério da Ciência e Tecnologia e cinco na direção da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen). Todas essas mudanças repercutiram internamente e afetaram negativamente o projeto. No entanto, em julho de 2018 foi criado o grupo de trabalho interministerial – GT-8 – dedicando esforços para trazer solução para as questões do projeto. O resultado mais importante desse GT foi colocar o Centena como “projeto de Estado brasileiro” e ser reconhecido como estratégico para a área nuclear.

Desafios Financeiros

De acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), “a maioria das instalações de deposição de rejeitos de baixo e médio nível de radiação (RBMN) são instalações de superfície ou próximas à superfície. A deposição desta classe de rejeitos e daqueles de muito baixo nível em países cuja geração é relativamente baixa é um desafio, devido ao custo fixo inicial relativamente alto para projetar, licenciar e construir um repositório”. O Brasil tem um programa nuclear que vai desde a mineração de urânio até as usinas nucleares, além de diversas aplicações que utilizam técnicas nucleares.

Comparativamente, o orçamento estimado para o projeto, em torno de R\$ 130 milhões, é relativamente baixo. Esse montante está sendo analisado no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) a fim de se identificar as fontes de recursos disponíveis, além da celebração de parcerias, seja junto à outras instituições públicas federais que atuam no setor nuclear, seja por intermédio de potenciais parcerias junto ao setor privado.

Desafios Sociais

“A aceitação pública da gestão de combustível irradiado e resíduos radioativos continua sendo um desafio na maioria dos países. Isso é especialmente verdadeiro para instalações de deposição e teve um impacto negativo no andamento dos programas”, conforme declarado pela AIEA. Entretanto, países como Finlândia, França e Suécia superaram esses desafios com sucesso.

Este é um desafio que está sendo trabalhado pelo projeto, pois foi constatado que, mesmo no meio científico, há um grande desconhecimento da área nuclear, sendo as informações sobre o tema para o público em geral muito difusas. Na maioria dos países, esse foi o maior desafio. Uma agência especializada em comunicação pública, juntamente com a coordenação do Projeto, elaborou um Plano Preliminar de Comunicação com as Partes Interessadas, tendo sido elaborados materiais de divulgação, para esclarecimento sobre a área nuclear e o Centena para diversos públicos.

Adicionalmente, este Projeto possui alguns aspectos que são únicos no contexto brasileiro, especialmente no que se refere ao tempo entre sua construção e o término de seu período institucional. Esse tempo é de cerca de 360 anos, quando a área será liberada para usos irrestritos. Isso significa que o Repositório deve estar seguro por mais de trezentos anos, o que é mais da metade de toda a história do Brasil. Este aspecto é muito novo no ambiente social brasileiro, trazendo uma nova dimensão à aceitação pública.

O compromisso com as gerações futuras é um dos princípios básicos da sustentabilidade e, também, da gestão

O Centena cumpre o compromisso com as gerações futuras, ao dar visibilidade sobre o quanto é gerado e como os rejeitos radioativos são tratados e armazenados

dos rejeitos radioativos. Nesse sentido, o Centena cumpre integralmente esse compromisso, pois dará visibilidade sobre o quanto é gerado e como os rejeitos radioativos são tratados e armazenados, permitindo a essas gerações a opção pelo uso continuado da energia nuclear. O desafio é a gestão da informação e do conhecimento gerado durante implantação e operação do Centena.

Concluindo, a implantação do Centena é um marco de transcendente importância para a consolidação da indústria nuclear brasileira. A experiência internacional mostra que o armazenamento final dos rejeitos traz uma imagem positiva quanto ao uso da energia nuclear e que, quanto melhor e mais transparentes forem seu projeto, construção, operação e fiscalização no longo prazo, mais seguro e confiante o público se sente sobre as diversas formas de utilização dessa energia, tanto na geração elétrica quanto em práticas médicas e processos industriais e de outra natureza.

*Tecnologista da Cnen e coordenadora do Centena

Mais informações, vídeos e depoimentos na página eletrônica do Centena:
<https://www.gov.br/cdtn/pt-br/projetos-especiais/centena>

Átomos

Inac 2024 será realizada no Rio

A próxima edição da International Nuclear Atlantic Conference - Inac (Conferência Internacional Nuclear do Atlântico), tradicional evento de energia nuclear do Hemisfério Sul, ocorrerá na Escola de Guerra Naval (EGN), na cidade do Rio de Janeiro, de 7 a 10 de maio de 2024, com o tema “Nuclear Energy: Assuring Energy, Health and Food” (Energia Nuclear: Garantindo Energia, Saúde e Alimentação).

Promovida pela Associação Brasileira de Energia Nuclear (Aben), a Conferência, que está em sua 11ª edição, congregará o XXIII Encontro de Física de Reatores e Termohidráulica (Enfir), o XVI Encontro de Aplicações Nucleares (Enan), o VIII Encontro da Indústria Nuclear (Enin), a X Junior Poster Technical Sessions (sessão de pôsteres para estudantes de graduação) e a XI Expolnac. Durante a Inac 2024, também serão divulgados os vencedores da 3ª Edição do Projeto Embaixadores Nucleares da Aben.

The main image shows a complex underwater manipulator system. It features a central yellow vertical component with two circular ports. Above this are two large orange rectangular units, likely sensors or cameras, mounted on a metal frame. Various cables and hoses are connected to the system. The background is a dark, greenish-blue, possibly the interior of a reactor vessel. An inset image in the bottom left shows a close-up of a circular nozzle or port with internal mechanical components.

framatomē

Reactor Pressure Vessel Nozzles NDE at Nuclear Power Plants with reliable, precise and portable underwater manipulator

Framatome is a major international leader in the nuclear energy market recognized for its innovative solutions and value-added technologies for designing, building, maintaining, and advancing the global nuclear fleet. The company designs, manufactures, and installs components, and fuel and instrumentation and control systems for nuclear power plants and offers a full range of reactor services.

With 15,000 employees worldwide, every day Framatome's expertise helps its customers improve the safety and performance of their nuclear plants and achieve their economic and societal goals.

The examination of nozzle and RPV welds is usually on the critical path during a power plant's outage. Tight and multi-tasking outage schedule requires from RPV in-service inspection (ISI) team application of a lightweight and portable system which can be set up, maneuvered and removed quickly to enable shortest possible vessel occupation.

For more information about Framatome's inspection solutions, visit us at:



Your performance
is **our** everyday **commitment**

To discover more, visit us at
www.framatome.com/solutions-portfolio
www.framatome.com

A energia que move o presente e ilumina o futuro do Brasil!

A Eletronuclear segue alinhada com a **Agenda 2030** e os **17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU**.

A energia que produzimos é limpa e não emite gases que contribuem para o efeito estufa. Nosso compromisso é com o desenvolvimento sustentável do Brasil.



Faça parte da nossa história:

  /eletronuclear eletronuclear.gov.br

 **Eletronuclear**
Energia Limpa

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO