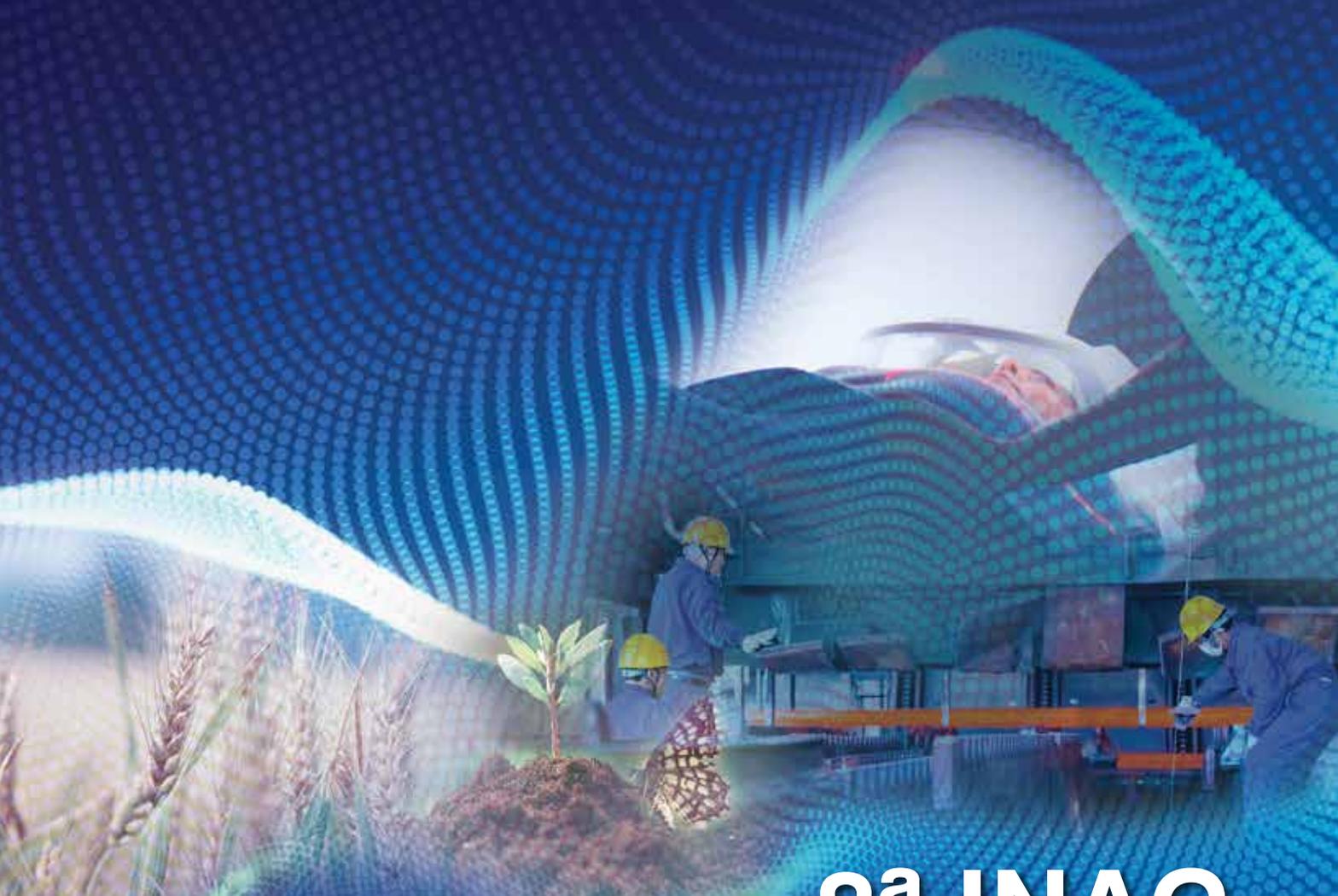




# BRASIL NUCLEAR

Informativo da Associação Brasileira  
de Energia Nuclear  
Ano 23 • Número 48 • Maio 2018



## 8ª INAC

traz avanços da energia nuclear  
em áreas como saúde, indústria,  
agricultura e meio ambiente, em  
benefício da sociedade



[www.las-ans.org.br](http://www.las-ans.org.br)

## RENEWABLES AND NUCLEAR BASELOAD FOR RELIABLE AND CLEAN ENERGY

O objetivo principal do evento será discutir a importância da geração de energia de base, perto dos centros de demanda para assegurar a estabilidade dos sistemas de transmissão de energia elétrica.

Será apresentada e discutida a participação da Energia Nuclear - tipicamente uma fonte de energia de base - conjuntamente com as fontes de energia renováveis, de maneira a se ter um perfil predominante das chamadas Energias Limpas na matriz energética dos países latino americanos.

### EVENTOS PARALELOS.

- **LAS-ANS - Scientific Initiation Poster Session**

Objetiva somar esforços com diversas iniciativas públicas e privadas, no sentido de promover a produção de conhecimento científico na área da tecnologia nuclear para fins pacíficos.

- **NUCLEAR ENERGY - Technology Expo 2018**

Trata-se de uma exposição de produtos, equipamentos e serviços direcionados a Usinas Nucleares e outras aplicações da energia nuclear para fins pacíficos.

## 28 A 31 DE AGOSTO

RIO DE JANEIRO | BRASIL

Promoção:



Organização:

**TCDN**

CONSULTORIA, COMUNICAÇÃO E MARKETING

# O Custo da Indecisão

Qualquer empreendimento projetado no país precisa levar em conta o chamado 'Custo Brasil'. É um item mandatário, que adiciona ao investimento o ônus de nossa precária infraestrutura de transportes (estradas, portos, ferrovias) e de uma pesada carga tributária. Em obras onde a participação do governo é total ou majoritária, esse custo é inflacionado por constantes atrasos na liberação de recursos. No caso do setor nuclear, há que se computar um outro item negativo e muito frequente: o 'Custo Indecisão'.

Empreendimentos vitais para a sociedade brasileira são afetados pelo 'Custo Indecisão'. O Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), por exemplo, que foi iniciado em 2008 e com previsão de implantação em 2014, só deverá entrar em operação em 2023. Trata-se de um projeto de ponta cuja parte mais visível é a produção de radioisótopos utilizados no diagnóstico e tratamento de inúmeras doenças, beneficiando principalmente pacientes atendidos pelo SUS – hoje, o Brasil é totalmente dependente da importação desses medicamentos.

Outro projeto penalizado pelo 'Custo Indecisão' é a usina nuclear Angra 3, que contribuirá para a estabilidade do sistema elétrico nacional interligado. No curtíssimo prazo, o sucessivo adiamento da retomada das obras de Angra 3 pode impactar a operação das usinas Angra 1 e Angra 2, como consequência de uma possível inadimplência da Eletrobras Eletronuclear. Desde o segundo semestre do ano passado, a empresa enfrenta dificuldades para cobrir as despesas e, ao mesmo tempo, amortizar as parcelas vencidas do empréstimo contraído junto ao BNDES e à CEF para a construção de Angra 3 – prevista para ter entrado em operação em 2017 e com as obras paralisadas. De lá para cá, a situação financeira da Eletronuclear vem se agravando.

Um passo fundamental para a retomada de Angra 3 é a correção de sua tarifa, para que seja compatível com o mercado internacional. Enquanto a tarifa de Angra 3 está fixada em R\$ 223,00 por MWh, a nova usina Hinkley Point C, que está sendo construída na Inglaterra, terá tarifa de R\$ 450,00 por MWh e a usina Akkuyu, em construção na Turquia, custará R\$ 432,00 por MWh. A proposta para cobrir essa defasagem em relação ao mercado internacional é que a tarifa de Angra 3 seja corrigida para R\$ 440,00, em 2025.

A revisão da tarifa de Angra 3 possibilitará que a Eletronuclear renegocie com o BNDES e a CEF o aumento do valor dos empréstimos e o alongamento dos financiamentos para a construção da usina. Ao mesmo tempo, permitirá restaurar a atratividade do empreendimento junto a eventuais parceiros privados. Projetada como uma usina 100% estatal, Angra 3 teve sua tarifa arbitrada com base em outros fatores que não a realidade econômica do empreendimento e, agora, para viabilizar a retomada das obras, a Eletronuclear deverá buscar parceiros estrangeiros para Angra 3. Para que isso ocorra, há necessidade de se ter uma tarifa que realmente reflita as condições econômicas do empreendimento.

Cada dia de atraso na tomada de decisão nesse sentido por parte do Ministério das Minas e Energia e da Eletrobras aumenta o 'Custo Indecisão' de Angra 3. Da mesma forma, aumentam as perdas do setor com o atraso na reestruturação do Programa Nuclear Brasileiro (PNB), cujas discussões foram iniciadas há mais de uma década. O setor deixa de contar com o conhecimento de centenas de experientes pesquisadores, engenheiros e técnicos, que se aposentaram nos últimos dois anos e não foram nem serão substituídos nas instituições de pesquisa, ensino e na operação de reatores.

Mas, apesar disso, o setor nuclear continua despertando o interesse da nova geração de profissionais e estudantes, atraídos pelos desafios de projetos como o RMB, o submarino nuclear e outros apresentados na 8ª International Nuclear Atlantic Conference (Inac), como mostra esta edição da **Brasil Nuclear**. Uma boa leitura.

8ª Inac <b>Inac 2017 supera expectativas</b>	4
Inac <b>Setor vive situação complexa e difícil</b>	6
Inac <b>Benefícios e desafios de um projeto nuclear nacional</b>	12
Inac <b>Ações em Goiânia são modelo de resposta a emergências em geral</b>	14
Inac <b>Diretor da AIEA aborda o acidente de Fukushima</b>	18
Enfir/Enan/Enin <b>A luta do RMB pela viabilização financeira</b>	19
Enfir/Enan/Enin <b>Educadores mostram preocupação com formandos</b>	23
Enfir/Enan/Enin <b>Sistema de Salvaguardas pressupõe cooperação e boa fé</b>	24
Enfir/Enin <b>Cresce a demanda por urânio</b>	26
Enan <b>Um tratamento inovador</b>	28
Enin <b>Aceitação pública da energia nuclear em discussão</b>	29

<p>Presidente da Aben Olga Simbalista</p>	<p>Editora Vera Dantas</p>	<p>Impressão Gol Gráfica</p>
<p>Conselho Editorial Edson Kuramoto – Aben Francisco Rondinelli – Cnen Guilherme Camargo – Eletronuclear Mario Moura – INB Márcia Flores – Aben Koishi Noriyuk – CTMSP Rogério Arcuri – Eletronuclear</p>	<p>Colaboradores Bernardo Barata Lúcia Teixeira</p> <p>Produção Editorial Inventhar Comunicação</p> <p>Edição de Arte IG+ Comunicação Integrada</p>	<p>Brasil Nuclear é uma publicação da Associação Brasileira de Energia Nuclear - Aben</p> <p>Av. Rio Branco, nº 53 • 17º andar Centro • Rio de Janeiro CEP 20090-004 Tel: (21) 2266-0480 • 2203-0577 aben@aben.com.br www.aben.com.br</p>

# Inac 2017 supera expectativas

Apesar do momento econômico difícil do país, marcado pela retração de investimentos e corte de despesas e empregos, a 8ª edição da International Nuclear Atlantic Conference - Inac 2017, realizada de 23 a 27 de outubro de 2017 em Belo Horizonte (MG), surpreendeu os organizadores, com um desempenho acima do esperado.

“Foi um sucesso. Apesar das dificuldades, conseguimos vencer o desafio de congregar tão grande número de pessoas e de empresas”, comemorou a presidente da Associação Brasileira de Energia Nuclear (Aben), Olga Simbalista, durante a solenidade de encerramento. Tendo como tema “Energia Nuclear para Projetos Nacionais”, a Inac 2017 firmou-se como o maior evento de energia nuclear da América Latina, reunindo o XX Encontro de Física de Reatores e Termohidráulica (XX Enfir), o XIII Encontro de Aplicações Nucleares (XIII Enan), o V Encontro da Indústria Nuclear (V Enin) e a 7ª edição da Junior Poster Technical Sessions (sessão de pôsteres para estudantes universitários). Paralelamente, foi realizada a Expolnac 2017, exposição comercial e técnica que reúne empresas e organizações ligadas ao setor nuclear.

A Inac 2017 contou 905 participantes registrados, e mais de 1500 pessoas circularam pela Expolnac 2017. Foram apresentados 617 trabalhos nas sessões técnicas, sendo

165 em apresentações orais e 452 na forma de pôsteres. O volume e a qualidade dos trabalhos recebidos foram ressaltados pelos coordenadores do XX Enfir, Maria de Lourdes Moreira, do XIII Enan, Margarida Mizue Hamada, e V Enin, João da Silva Gonçalves. “Foi uma grata surpresa, neste momento difícil que estamos vivenciando, com a redução drástica na pesquisa e também com o envelhecimento dos recursos humanos do setor, sem reposição”, disse Margarida Hamada. Ela também destacou os aspectos inovadores dos trabalhos apresentados no Enan, que mostraram os benefícios da aplicação da tecnologia nuclear em diversas áreas como saúde, indústria, agricultura e nos ambientes rurais.

Para o coordenador da sessão Junior Poster, Ricardo Barros, a Inac, mais uma vez, atingiu um dos seus principais objetivos, que é promover a interação entre “instituições de pesquisa e educacionais, entre docentes, alunos e empresas”. Ele destacou que, pela primeira vez, os trabalhos aprovados para publicação pelo Conselho Editorial do XX Enfir e do XIII Enan também poderão ser publicados na “Brazilian Journal of Radiation Sciences”, após aprovação do Conselho Editorial da revista científica.

Além de dez mesas redondas, palestras de convidados nacionais e internacionais e das sessões técnicas, a Inac 2017 também ofereceu aos participantes a oportunidade



de conhecer os atuais empreendimentos e projetos futuros dos principais fabricantes de reatores. Apresentaram palestras técnicas representantes das empresas State Power Investment Corporation (SPIC) e State Nuclear Power Technology Company (SNPTC), da China; Westinghouse, dos Estados Unidos; e EDF, Areva NP e Atmea, da França.

### Embaixadores Nucleares

Durante a Inac 2017, a vogal da Aben Alice Cunha da Silva lançou o “Embaixadores Nucleares”. Esse novo projeto de comunicação do Programa de Aceitação Pública (Apub) da Aben, cujas inscrições se encerraram no último dia 9 de março, é voltado para estudantes de graduação e pós-graduação interessados em dialogar com o público sobre a tecnologia nuclear, aumentando o alcance das informações do setor em todo o país.

“Não se trata apenas de apresentar ideias, mas efetivamente implementar ações. O nome ‘Embaixadores Nucleares’ foi escolhido porque a ideia é que os selecionados sejam diplomatas fora do setor, representando a área nuclear para o público em geral”, explica Alice, idealizadora do projeto. Os projetos precisam ter relação com os objetivos globais da Organização das Nações Unidas (ONU) para o desenvolvimento sustentável, ajudando a mostrar que o uso e desenvolvimento da tecnologia nuclear ajuda a alcançar tais metas.

Um candidato ou uma equipe (de no máximo três integrantes) de cada categoria (graduação e pós-graduação) serão escolhidos como vencedores e, consequen-

temente, serão convidados a fazer uma apresentação do trabalho desenvolvido na próxima Inac, se tornando, assim, um Embaixador Nuclear da Aben. As ações podem ser as mais diversas, como ciclo de palestras, workshops, vídeos, jogos ou eventos, sempre voltadas a dialogar com o público sobre os benefícios da tecnologia nuclear, compreendendo as suas principais dúvidas e os seus anseios em relação ao setor.

De acordo com Alice Cunha, foram enviados mais de 20 projetos. “São diversas propostas, algumas voltadas para crianças e outras para adultos, algumas com mais de uma atividade e outras com apenas uma. Há equipes de pós-graduação e graduação, cerca de metade em categoria”, revela. A vogal da Aben também relata que as propostas são oriundas de diversas partes do Brasil: Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais, Pernambuco, Ceará e Piauí.

“Sinceramente, estou muito animada com as propostas enviadas, pois acredito que quando começarem a ser implementadas vão garantir abertura de um diálogo com a população em diversos locais do Brasil e, assim, permitir entender os seus receios e compartilhar os nossos conhecimentos sobre os maravilhosos benefícios da tecnologia nuclear. As propostas que recebemos ajudarão na abertura de importantes canais de comunicação com diferentes públicos”, finaliza Alice Cunha da Silva.

O manifesto de divulgação do programa, que contém todos os termos, está disponível em <<http://www.aben.com.br/Arquivos/555/555.pdf>>.



1. Feng Zhe, representante da empresa chinesa CNNC; Ricardo Antunes Correa, diretor Comercial Interino da Nuclep; Reinaldo Gonzaga, presidente da INB; Paulo Roberto Pertusi, presidente da Cnen; Olga Simbalista, presidente da Aben; almirante Ney Zanella dos Santos, diretor-presidente da Amazul; Christopher Xerri, diretor de Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology da AIEA; Leonam dos Santos Guimarães, presidente da Eletronuclear; Ivan Dybov, vice-presidente regional



da América Latina da Rosatom; Carlos Leipner, vice-presidente da Westinghouse para a América Latina; Antonio Teixeira e Silva, general chair da Inac 2017, e Fausto Maretti, do CDTN.  
2. A organização Women in Nuclear (WiN) Brasil contou com um espaço para adesões na Inac 2017  
3. Seção de Pôsteres



## Setor vive situação complexa e difícil

Vera Dantas

O presidente da Eletrobras Eletronuclear, Leonam dos Santos Guimarães, compartilhou com os participantes da mesa redonda Perspectivas Nacionais para o Setor Nuclear sua grande apreensão com a continuidade de operação das usinas Angra 1 e Angra 2.

A preocupação deve-se, em primeiro lugar, ao fato de que, com o vencimento dos contratos de financiamento de Angra 3, os agentes bancários estão cobrando o pagamento dos juros e do principal dos empréstimos, embora a usina esteja com suas obras paralisadas. Sem Angra 3, a receita obtida com a venda de energia de Angra 1 e Angra 2 não é suficiente para que Eletronuclear amortize as dívidas. “Para fazer esses pagamentos, temos necessariamente que deixar de pagar a outros fornecedores”, revelou.

Além de Leonam Guimarães, a mesa redonda Perspectivas no Brasil para o Setor Nuclear contou com a partici-

pação de representantes da Associação Brasileira de Energia Nuclear (Aben), Olga Simbalista (chair), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), André Luiz Rodrigues Osório, Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), contra-almirante André Luis Ferreira Marques, Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (Nuclep), Ricardo Antunes Correa, Indústrias Nucleares do Brasil (INB), Reinaldo Gonzaga, Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), Paulo Roberto Pertusi, e Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A. (Amazul), Ney Zanella dos Santos.

Em sua apresentação, o presidente da Eletronuclear disse que estava tentando ser realista e colocar os problemas do setor para que todos os participantes tivessem “uma visão da situação bastante complexa e difícil que vivemos hoje”.

De acordo com Leonam Guimarães, a segunda ameaça à continuidade de operação de Angra 1 e Angra 2, segundo ele tão severa quanto a primeira, é a situação financeira da

INB, fornecedora do combustível das usinas. Como empresa da União, ligada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, a INB sofreu um severo corte em seu limite de dispêndios. Com isso, segundo Leonam, a empresa não terá condição de dar continuidade às operações de recarga de combustível. “Cada recarga de combustível é um processo que dura dois anos, com etapas bastante complexas. Nós faremos a 14ª recarga de Angra 2 em janeiro e acredito que conseguiremos fazer a 23ª recarga de Angra 1, que ocorrerá em outubro. Mas, se essa situação financeira da INB não for revertida, a 15ª recarga de Angra 2, que ocorrerá em fevereiro de 2019, estará seriamente comprometida”, alertou.

Uma possível oportunidade seria o processo de reestruturação societária da Eletrobras, com a saída da Eletronuclear da holding. “Talvez seja uma oportunidade de consolidação da indústria nuclear brasileira. Se formos sinceros, veremos que nós temos uma indústria pequena e bastante fragmentada. Não caberia uma reestruturação do setor? Uma consolidação de empresas?”, indagou.

Ele apontou também a questão do esgotamento da capacidade de armazenamento do combustível usado de Angra 1 e Angra 2. Explicou que está em fase de licenciamento junto à Cnen e junto ao Ibama um projeto da empresa de estabelecimento da unidade de armazenamento a seco de combustível usado. A opção tecnológica adotada é de estocagem a seco, *over pack*, desenvolvida pela empresa Roll Pack, que ganhou a licitação. A Eletronuclear conta com a parceria da INB, uma vez que trata-se de um processo com operações muito delicadas, nunca antes realizadas no Brasil, como o carregamento do combustível dentro do compartimento do reator.

Outra preocupação da empresa é a proximidade do fim da vida útil de Angra 1, previsto para final de 2024. A empresa vai investir na extensão do prazo de operações da usina e deve encaminhar requerimento nesse sentido à Cnen até 2019. Leonam disse que espera anunciar, no próximo Inac, que entregamos o requerimento de extensão de vida útil de Angra 1 à Cnen.”

O desafio a ser enfrentado é o esgotamento, em 2025, da capacidade instalada de armazenagem dos rejeitos de baixa e média atividade na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto. O presidente da Eletronuclear prevê um problema bastante complexo para a empresa, caso até essa data não tenha sido implantado o repositório nacional de baixa e média atividade, uma vez que está impedida, por decisão

judicial, de implantar novos depósitos de rejeitos na área da CNAEA. “O repositório nacional é fundamental para a continuidade das atividades nucleares no Brasil como um todo”, afirmou. Embora ressaltando que, do ponto de vista legal, a responsabilidade de implantação do repositório é da Cnen, ele diz que a Eletronuclear vai colaborar para a realização do empreendimento.

Ele defende que a geração elétrica nuclear seja classificada, do ponto de vista legal, como energia limpa, a exemplo das fontes renováveis. Ele informou que uma opção para isso é através do legislativo, uma solução já adotada pelo México “com grande sucesso, e está viabilizando a implantação das novas usinas”.

#### Não há volta para o modelo anterior

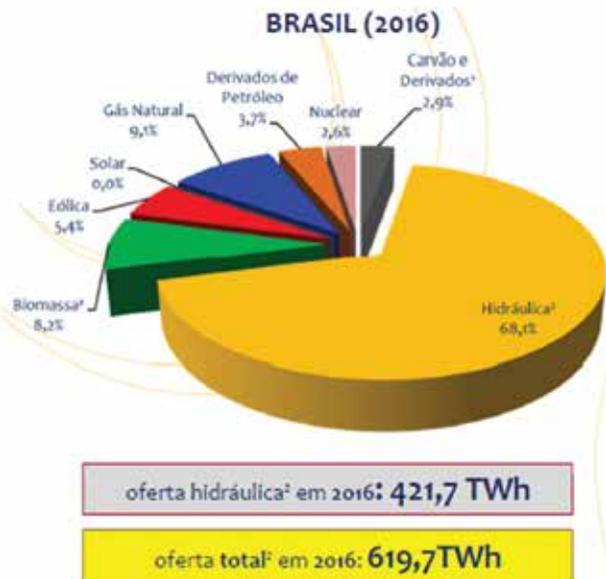
O representante da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), André Luiz Rodrigues Osório, afirmou que o setor elétrico brasileiro está “numa situação bastante favorável em relação ao cenário mundial”, devido à diversificação de nossas fontes energéticas, com parcela significativa de fontes renováveis na geração elétrica, como a fotovoltaica, a eólica, as PCH e a biomassa de cana. Mas que essa variabilidade, por sua vez, exige que o sistema tenha grande flexibilidade, o que signi-

Leonam Guimarães, almirante Ney Zanella dos Santos e contra-almirante André Luis Ferreira Marques



# CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

Diversificação com parcela significativa de renováveis na geração elétrica



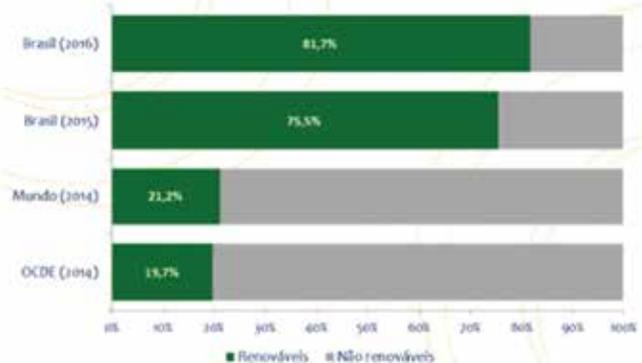
<sup>1</sup> Inclui gás de coque

<sup>2</sup> Inclui importação

<sup>3</sup> Inclui madeira, cana, e outras fontes primárias

EPE (BEN 2017-Relatório Síntese)

## Comparativo percentual renovável Brasil Vs. Mundo



Fonte: EPE; International Energy Agency

Empresa de Pesquisa Energética  
Ministério de Minas e Energia



fica a capacidade de pronta resposta às mudanças. Outro importante fator para a eficiência do sistema elétrico é a despachabilidade, onde a nucleoeletricidade desempenha um importante papel como fonte de base, que ajuda a dar segurança à matriz energética.

André Luiz Osório garantiu que “não há volta para o modelo anteriormente vigente no setor elétrico”, majoritariamente hidráulico, uma vez que existem importantes restrições à expansão hídrica de grande porte e com reservatórios. “Em face de restrições à expansão hidrelétrica, crescerá de importância a introdução de geração base - carvão ou nuclear ou gás, a depender dos avanços tecnológicos, das restrições ambientais e da competitividade”, afirmou.

Para contextualizar a participação da energia nuclear no médio e longo prazo, André Luiz Osório abordou os dois planos de energia do governo: o Plano Decenal de Energia 2026, concluído poucos dias antes da palestra e submetido ao Ministério de Minas e Energia, e o Plano Nacional de Energia 2050, “onde a energia nuclear tem uma participação bastante efetiva”. A expansão da energia nuclear no Plano Decenal está relacionada basicamente à usina Angra 3 (quadro 23), cuja entrada em operação está prevista para

2024. Ele disse acreditar que o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) autorizará a retomada das obras da usina, em curto espaço de tempo. Segundo ele, a inclusão de Angra 3 no PDE 2026 significa “um reconhecimento de que a conclusão de Angra 3 é justificável”.

No longo prazo, ele apontou algumas questões-chave para equacionar a expansão da oferta de energia. Em primeiro lugar está o aproveitamento do potencial hidrelétrico. Outras questões apontadas são: o preço da energia, os efeitos da inserção de renováveis no sistema e a eficiência energética. Ele explicou que uma menor expansão hidrelétrica significará uma maior expansão de renováveis e de geração termelétrica. Mas que a manutenção do equilíbrio entre a oferta e demanda deve ser suprida por fontes despacháveis.

Ele apontou os problemas enfrentados pelas três principais fontes térmicas. Quanto ao gás natural, há uma indefinição em relação ao preço. Já as plantas de carvão, em grande parte no sul do país, são muito antigas e precisam passar por uma atualização tecnológica. Já em relação à energia nuclear, o problema reside no modelo de negócios que será adotado para Angra 3.

## Desafios produtivos e institucionais

André Luiz Rodrigues elencou os principais desafios produtivos e institucionais que são colocados para o setor nuclear, a que denominou “Dever de casa”, que são apresentados a seguir.

### Mudanças institucionais e regulatórias

- Definir um modelo de negócio que propicie uma administração eficiente aos setores envolvidos.
- Criação de um órgão regulador autônomo e independente.
- Da forma como está hoje organizado o processo de licenciamento acaba por gerar incertezas ao empreendimento.
- Um arranjo comercial adequado que preencha as lacunas referentes a regulamentação tarifária das usinas nucleoeletricas

### Viabilização do financiamento vs investimento privado

- Riscos estão associados ao cumprimento do cronograma do projeto e à intensidade de capital.
- Atrasos no tempo de construção incorrem em custos de financiamento.
- Um financiamento inovador precisa refletir o pensamento a longo prazo.
- Aprendizado com Angra 3

### Indústria nacional

- Aumentar o grau de nacionalização dos insumos – Escala Industrial.
- Fomentar a mobilização do complexo industrial do país, para atender ao planejamento de novas usinas.
- Mobilização para atração de investimentos e de financiamentos ao setor produtivo envolvido.

## Definição da tecnologia de reatores – Definição tecnológica

- Considerando a tecnologia de reatores PWR, cerca de seis modelos, disputam o mercado de novas usinas nucleares.
- A expectativa é que a padronização garanta reduções de custo devido às economias de escala.
- Vários projetos padronizados existentes em instalações nucleares utilizam o princípio da construção modular.
- O prazo de construção realmente se reduzirá?

### Gestão de Rejeitos

- Dada a situação de saturação dos depósitos de rejeitos radioativos de baixa e média até 2020, investimento na implementação de novas unidades torna-se emergencial.
- A construção de novas unidades de armazenamento requer agilidade nos processos de licenciamento ambiental e nuclear.
- Maior transparência em todos os processos.

### Combustível Nuclear

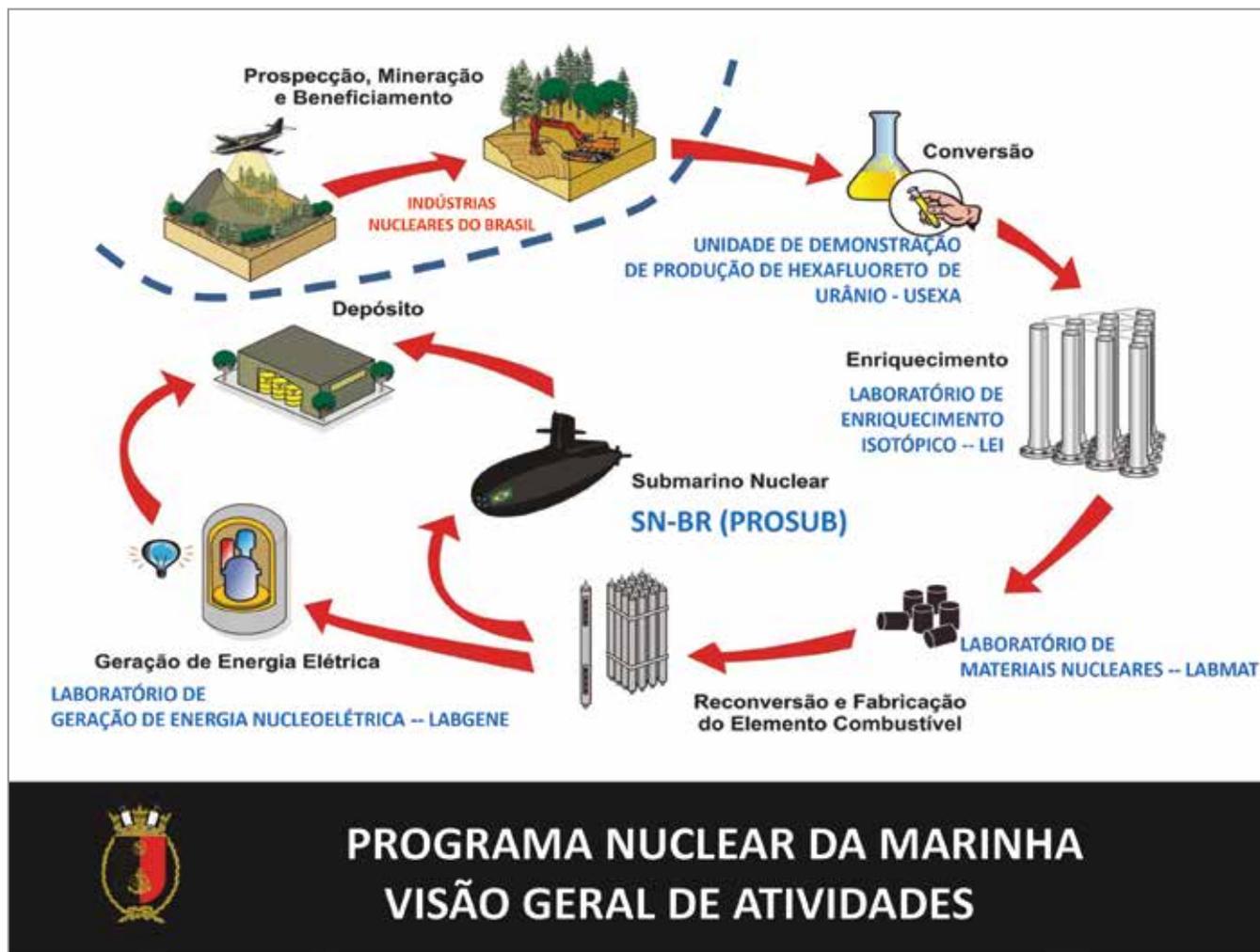
- Aumento da produção mineral.
- Aumento da capacidade do enriquecimento do urânio.
- Aumento da efetividade e da economicidade na produção do elemento combustível.

### Escolha de Sítio

- Reestabelecer as bases para a seleção de um sítio, contribuindo para a mitigação dos riscos do empreendimento.
- Os estudos da região Nordeste estão mais adiantados.

### Recursos Humanos

- Necessidade de formação imediata de novos profissionais.
- Idade média elevada dos trabalhadores dos diversos setores da indústria nuclear.



## PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA VISÃO GERAL DE ATIVIDADES

Na opinião do representante da EPE, “a opção nuclear é capaz de contribuir para a segurança energética (operação na base do sistema), dado seu elevado desempenho operacional (alto fator de capacidade e disponibilidade) e perspectiva de funcionamento por longo prazo (vida útil de até 60 anos), cujo custo de combustível tem sido pouco suscetível a oscilações, representando certa segurança face à volatilidade dos preços do petróleo e do gás natural no mercado internacional”.

### Desenvolver combustível nuclear é uma necessidade

A Marinha espera que, até 2021, seja iniciado o comissionamento do Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (Labgene), protótipo em terra de sistemas de propulsão naval nuclear. De acordo com o diretor de Desenvolvimento Nuclear da Marinha, contra-almirante André Luis Ferreira Marques, todas as etapas do ciclo do combustível para o projeto do futuro submarino brasileiro a propulsão nuclear são feitas internamente, com exceção da prospecção, mineração e beneficiamento de urânio, matéria-prima adquirida à INB. Segundo ele, trata-se de uma necessidade, uma vez que “ninguém vende combustível nuclear para propulsão naval”. As etapas de conversão e de enriquecimento são realizadas em Aramar e o laboratório está sendo adaptado para a fabricação de pastilhas. Todas as atividades são licenciadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen).

O Labgene é o um laboratório de testes e referência para o submarino nuclear Álvaro Alberto e para o complexo radiológico do estaleiro da base para os submarinos. Com 48MWt, o protótipo do reator tem capacidade para abastecer uma cidade

de 20 mil habitantes. “Não é equipamento de grande porte, já que a propulsão naval requer coisas compactas”, explica o contra almirante Marques. Já estão prontos e em montagem os circuito primário, o circuito secundário e o circuito de condução elétrica. Os equipamentos que integram o sistema possuem 85% de índice de nacionalização. Em relação às instalações, ele informa que já estão prontos os prédios não nucleares e que os cinco prédios nucleares devem estar concluídos em 2018.

O diretor de Desenvolvimento Nuclear da Marinha explicou que o Programa Nuclear da Marinha não está limitado à área de Defesa, trabalhando também em projetos do setor civil. Citou como exemplos o desenvolvimento de sistemas inerciais para uso em plataformas da Petróbras, a usinagem de componentes

de usinas hidrelétricas – dentre elas, a usina de Três Gargantas, na China, e o desenvolvimento do projeto de uma estação científica no arquipélago de São Pedro e São Paulo, solicitado pelo Centro de Recursos do Mar. Outro projeto ressaltado pelo contra almirante Marques é o de desenvolvimento de fibras de carbono, que estará, em breve, à disposição da sociedade. “Este é um exemplo de algo que nasce no setor de Defesa e que migra para a sociedade civil, uma evolução natural desse tipo de programa”.

Em relação à interação com o Programa Nuclear Brasileiro, ele ressaltou a parceria com o projeto do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), pela necessidade de “melhorar a oferta de medicina nuclear para a população brasileira e, também, fortalecer as pesquisas com materiais nucleares”. E adiantou que há grande possibilidade de emprego da energia nuclear em projetos de micro reatores de motores e de componentes eletrônicos (*chips*).

Depois de citar a parceria com o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), para o fornecimento do urânio enriquecido a 19,9%, para a produção de radioisótopos e radiofármacos e para o desenvolvimento primeiro elemento combustível do RMB no reator Ipen/MB-01, ele abordou a interação com a INB, destacando a recente montagem de novas ultracentrífugas, mais eficientes e com maior capacidade de produção. Informou

que essa parceria deverá ser exportada, tendo em vista a possível continuidade de exportação de combustível nuclear para a Argentina, por parte da INB.

### **Flexibilidade, um dos grandes diferenciais da Amazul**

O diretor-presidente da Amazul, Ney Zanella Santos, apresentou a Amazul como uma empresa pública constituída sob a forma de sociedade anônima. Com personalidade jurídica de direito privado e patrimônio próprio, ela possui uma flexibilidade que lhe permite contratar pessoal por tempo determinado, mediante processo seletivo simplificado, abrir escritórios internacionais sem grande burocracia, ter participação em empresas privadas e ser contratada como prestadora de serviços por instituições sem a necessidade de licitação.

Criada em agosto de 2012 e instituída por assembleia de acionistas em 2013, a Amazul é vinculada ao Ministério da Defesa, por meio do Comando da Marinha. A empresa trabalha apenas com projetos nucleares e capacitação de pessoal. Seus projetos são voltados para promover, desenvolver, absorver e manter as tecnologias necessárias às atividades nucleares do Programa Nuclear Brasileiro e do Programa Nuclear da Marinha.

Um dos grandes trunfos da Amazul é a facilidade de reposição de mão de obra e poder contratar pessoal por tempo determinado, com duração máxima de dois anos, para confecção de projetos em qualquer nível, com salários diferenciados. “Embora o sistema de admissões no governo esteja congelado, hoje, devido ao investimento que o governo está fazendo no Programa Prosub da Marinha, talvez o maior desafio do país, nós estamos com a porta aberta para contratação, para podermos cumprir nossa tarefa”, afirmou.

Entre os principais projetos desenvolvidos pela Amazul, em parceria, foram entregues: o fornecimento de pastilhas de urania-gadolinia para INB para calibração do Rod Scanner; o Projeto Conceitual do Complexo Radiológico do Estaleiro e Base Naval (EBN) da Marinha em Itaguaí; o curso de Tecnologia Nuclear Básica com a Universidade de São Paulo (USP) e o Sistema Piloto para Gestão do Conhecimento.

Estão em andamento: o Projeto Conceitual e Básico da Unidade de Testes e Treinamento para a INB; o Projeto Conceitual do Sistema de Combate do SN-BR; Participação em todos os 24 laboratórios do CTMSP e o Reator Multipropósito Brasileiro (RMB).

Zanella resumiu a visão da empresa para 2030: “Ser detentora de tecnologia própria, nas áreas nuclear e de construção de submarinos, e ser reconhecida nacional e internacionalmente pela excelência de seus produtos e de seus serviços.”



## **TECNOLOGIA NACIONAL EM BENEFÍCIO DA SOCIEDADE**

A Amazul – Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A. foi criada para promover, desenvolver, transferir e manter tecnologias sensíveis às atividades do Programa Nuclear Brasileiro, Programa Nuclear da Marinha e Programa de Desenvolvimento de Submarinos.

A empresa também participa do empreendimento do Reator Multipropósito Brasileiro, plataforma de pesquisa que produzirá radioisótopos destinados à fabricação de fármacos para o diagnóstico e tratamento de doenças como o câncer.

Outra área de atuação é a gestão de conhecimento em empreendimentos nucleares.

# Benefícios e desafios de um projeto nuclear nacional



A energia nuclear continua a fornecer múltiplos benefícios como fonte de geração de eletricidade para atender às necessidades mundiais de energia e continuará a desempenhar um papel importante em uma economia de baixo carbono para lidar com a mudança climática.

A afirmação é do vice-presidente da Westinghouse para a América Latina, Carlos Leipner, durante a mesa-redonda Energia Nuclear para Projetos Nacionais. Entre os principais desafios que se colocam para a energia nuclear no Brasil, ele destacou a estabilidade política, necessária para a tomada de decisões, e a incerteza quanto a um programa de construção de novas usinas, que considera fundamental para atrair o investimento privado. Ele também abordou a necessidade de se melhorar a maneira pela qual os agentes do setor nuclear se comunicam com o público e a importância de identificar soluções em conjunto com todos os agentes em prol do Programa Nuclear Brasileiro (PNB). Também participaram do evento, que teve como *chair* a presidente da Associação Brasileira de Energia Nuclear (Aben), Olga Simbalista, representantes da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), das empresas chinesas CNNC e SPIC/SNPTC, da russa Rosatom e da francesa EDF. Os representantes chineses detalharam o programa nuclear do país, onde muitas usinas estão sendo construídas simultaneamente e onde existem intensos esforços conjuntos entre empresas nucleares e instituições financeiras. A corporação estatal da Rússia, Rosatom, também atua na construção de várias plantas nucleoeletricas nos mercados interno e externo. Já o representante da EDF mostrou que a França se mantém como o país mais

nuclearizado do mundo, com cerca de 75% de sua matriz elétrica a cargo de usinas nucleares.

Ao abordar as necessidades mundiais de energia, Carlos Leipner disse que, numa população mundial estimada em 7,6 bilhões de pessoas em 2017, cerca de 1,3 bilhão não têm acesso à eletricidade. “O acesso à eletricidade confiável e limpa é um imperativo futuro. A energia nuclear tem um importante papel a desempenhar”, afirmou.

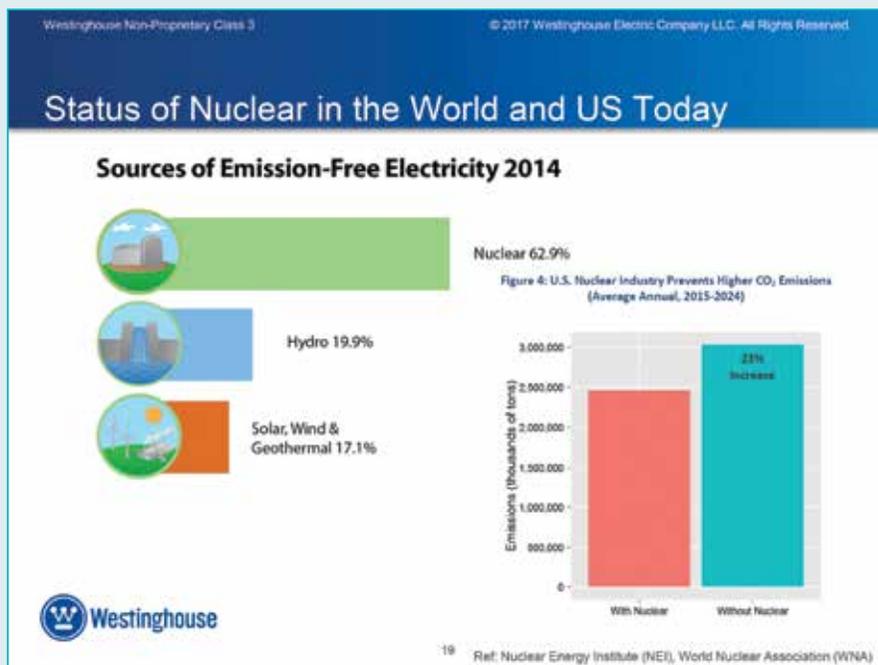
De acordo com Leipner, a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) projeta que, para atingir as metas de emissões estipuladas pela Conferência de Paris (COP 21), a participação da energia nuclear na produção global de eletricidade deve aumentar de cerca de 400 GW para 1 mil GW até 2050, produzindo cerca de 9 trilhões de kWh/ano, com um custo de construção de cerca de US\$ 8 trilhões. Isso também pressupõe que o vento e a energia solar atinjam cerca de 2 mil GW cada, produzindo um total combinado de 10 trilhões de kWh/ano, no mesmo período, a um custo de construção de cerca de US\$ 20 trilhões. “A energia nuclear é uma parte essencial do mix de energia limpa global”, disse.

Ele assinalou que o Brasil ocupa uma posição única no mundo atual: é um dos dez países mais populosos, com 193,9 milhões de habitantes; é uma das dez maiores economias mundiais; está entre os dez países com maior capacidade elétrica instalada e, por fim, tem uma das dez maiores reservas mundiais de urânio. Em compensação, está entre os países com menor consumo *per capita* de energia elétrica. “Enquanto, desde 2006, o consumo na Índia cresceu 40% e na China 175%, no Brasil foi de apenas 17%”, ressaltou.

Carlos Leipner elencou alguns dos muitos benefícios provenientes de projetos nucleares sustentáveis em um país, como: matriz energética estável e segurança energética; desenvolvimento econômico e desenvolvimento tecnológico e profissional.

Entre os motivos para um país desenvolver um projeto nuclear, ele destaca, em primeiro lugar, impulsionar uma matriz de energia estável e fortalecer a segurança energética. Como um exemplo dramático de risco energético, ele citou o fato da Barragem de Sobradinho, no sertão do São Francisco, estar com apenas 4% da capacidade, em outubro de 2017. “Consequentemente, sua vazão foi reduzida para 550 metros cúbicos por segundo, a menor em 37 anos, quando começou a operar”, alertou.

Outro motivo é o impulso ao desenvolvimento econômico proporcionado pela energia nuclear, como acontece nos Estados Unidos. Os 99 reatores dos 62 sites que operam naquele país - com capacidade de mais de 100 mil MW e geração anual de quase 800 milhões de MWh, e US\$ 103 bilhões anuais em produção bruta -, contribuem com aproximadamente US\$ 60 bilhões por ano para o Produto Interno Bruto (PIB), gerando cerca de 475 mil empregos. Além disso, contribui para manter os preços da eletricidade baixos, uma vez que, sem a geração nuclear, as tarifas seriam em média 6% mais altas. "A energia nuclear é responsável por quase US\$ 10 bilhões anuais em receitas adicionais de impostos federais e US\$ 2,2 bilhões em receitas adicionais de impostos estaduais, devido ao impulso que elas dão à economia", informou o executivo.



Ele destacou, também, a contribuição da energia nuclear para impulsionar o desenvolvimento tecnológico. "Além da potencial transferência de tecnologia para mercados locais, promove o desenvolvimento de novos fornecedores, a inovação dos processos de fabricação e o desenvolvimento técnico e profissional".



Energia limpa.  
Segura.  
Indispensável.

**Indústrias Nucleares do Brasil**

[www.inb.gov.br](http://www.inb.gov.br)



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



# Ações em Goiânia são modelo de resposta a emergências em geral

Vera Dantas

Quando chegou ao Brasil, em julho de 1987, depois de passar um ano nos EUA, o então chefe da Divisão de Saúde Ocupacional de Furnas, Nelson Valverde, estava certo que nunca utilizaria os conhecimentos adquiridos no Oak Ridge National Laboratory, nos EUA, onde passara um ano se especializando em radiopatologia.

Mas, apenas dois meses depois, sua expertise foi colocada à prova em um desafio que ele nunca imaginara que iria enfrentar: o acidente com o Césio-137, em Goiânia. Valverde fez um relato da situação, na qual teve uma atuação decisiva para o atendimento correto aos feridos, durante sua palestra na mesa redonda 30 Anos Após o Acidente de Goiânia.

Médico clínico, com especialização em medicina ocupacional, Valverde ingressou em 1974, em Furnas Centrais Elétricas, empresa então responsável pela construção e opera-

ção das usinas nucleares. A transferência para a Divisão de Saúde de Angra dos Reis, dois anos depois, despertou seu interesse pelas disciplinas de radiopatologia e de resposta médica a emergências radiológicas. Em 1985, retornou ao Rio de Janeiro para assumir a chefia da Divisão de Saúde Ocupacional de Furnas. Em meados de 1986, foi estudar radiopatologia no Laboratório Oak Ridge.

Três meses após o regresso, ele chegava ao escritório quando foi surpreendido com a ordem de seguir para Goiânia, onde ocorrera um acidente radiológico. A princípio incrédulo – chegou até dar “um risinho” quando o chefe lhe deu a notícia –, ele viajou com a roupa do corpo, pois não teve tempo de ir em casa. Pôde apenas telefonar para sua esposa, explicando a emergência.

Entre suas “lembranças mais agudas” do período inicial, Valverde destacou que, logo ao chegar ao Hospital Geral



Expertise posta à prova

Valverde

de Goiânia, viu uma ambulância estacionada em frente e, dentro dela, um dos catadores de papel contaminados pelo Césio. “Era um dia muito quente, quase 40 graus, e ele estava respirando fortemente, nitidamente desidratado. Os atendentes se recusavam a chegar perto dele, com medo de contaminação. Não tive outra alternativa senão pegar uma maca e, com a ajuda do colega Carlos Eduardo Veloso de Almeida, que viria a ser meu chefe, no Laboratório de Ciências Radiológicas da Uerj, levá-lo para dentro do hospital”, lembrou. O catador sobreviveu, mas posteriormente teve o antebraço amputado. “Ele ia morrer, não pela exposição radioativa, mas porque ninguém queria chegar perto dele”, afirmou.

Para Nelson Valverde, o que aconteceu em Goiânia foi um desastre. Para fundamentar sua afirmação, citou o professor E. K. Noji, dos EUA, que define desastre como uma situação que resulta de uma ruptura ecológica importante, nas relações entre os humanos e o ambiente. É um evento sério, súbito, de tal ordem que a comunidade atingida necessita de um esforço extraordinário para fazer frente, quase sempre demandando um auxílio externo e internacional. “Isso aconteceu de todas as formas no acidente radiológico de Goiânia, e o esforço para responder a essa situação foi tremendo”, garantiu.

A grande demora na caracterização do evento como um acidente radiológico, segundo ele, levou a um agravamento das lesões e da contaminação, aumentando o número de pessoas expostas à radiação. E, também, a uma exacerbação dos danos não “apenas” para a saúde, mas também dos impactos ambientais, econômicos e psicológicos. De acordo com o especialista, isso se deve ao fato dos profissionais de saúde, de uma maneira geral, não conseguirem identificar as patologias radioemissivas, uma vez que o assunto não faz parte do currículo das faculdades de Medicina e das áreas de Saúde.

Ele acredita que, se houvesse pelo menos uma suspeita de causa radiológica quando as primeiras pessoas começaram a apresentar perda de peso, alopecia, depilação, náusea, vômito, queimaduras sem história de exposição a calor ou a produtos químicos, possivelmente o acidente fosse identificado bem mais cedo e não assumiria a dimensão de um desastre. “Esta é uma lição que permanece”, afirmou.

Ele diz que as ações tomadas “de uma maneira bastante intuitiva” e a diligência, o comando e a organização do professor Rex Nazaré, presidente da Cnen, possibilitaram o estabelecimento de uma resposta adequada à emergência. “Podemos colocar, com base no que é admitido teoricamente, o que fizemos quase que intuitivamente em Goiânia como resposta ideal a uma emergência em geral, não só radiológica”, afirmou.

Nelson Valverde elencou as principais lições tiradas do acidente de Goiânia. A primeira é a necessidade de planejamento e preparo para resposta médica também em emergência radiológica. “A área de saúde precisa identificar algumas das patologias radioinduzidas de modo que o diagnóstico de uma situação de emergência seja o mais pronto possível, mitigando ou evitando determinadas consequências”.

Ele citou, ainda, a utilização do ferro cianeto férrico, o chamado azul da Prússia, uma resina usada para eliminar o Césio do organismo das pessoas contaminadas. E, também o dimensionamento em profundidade de exposições radioativas localizadas. De acordo com o médico, o impacto psicossocial é muito forte. Apresentou dados de um estudo da Universidade Federal de Goiás, de 2011, que mostra uma prevalência de manifestações depressivas nos pacientes de Goiânia de 42.5%, enquanto essa prevalência na população geral do Brasil situa-se entre 3% e 11%.

Outra lição “importantíssima” do evento foi a realização, pela primeira vez, de autópsias em corpos altamente radioativos. De acordo com Valverde, houve um amplo planejamento para a operação, o que incluiu a adoção de técnicas de proteção e contou com a participação de engenheiros, físicos, técnicos de radioproteção, “gerando um modelo adotado universalmente”, salientou.

Por fim, ele revelou que o acidente de Goiânia tem sido muito útil para a modelagem de possíveis consequências de atos criminosos ou terroristas com o emprego de material radioativo.

### **A gestão do acidente e da remediação**

Presidente da Cnen quando aconteceu o acidente com o Césio-137, o professor Rex Nazaré participou ativamente das operações, tanto em Goiânia, onde instalou uma central de coordenação no quarto do hotel onde estava hospedado, como no Rio, onde acompanhou o tratamento dos casos mais graves e até mesmo a autópsia das vítimas. Uma de suas primeiras medidas foi convocar profissionais com capacidade de tomada de decisões e conhecimento básico de níveis de proteção radiológica tanto dos institutos da Comissão, como Ipen, IRD e CDTN, como de Furnas.

Foi dada prioridade imediata ao socorro às vítimas, com base nos níveis de radiação entre as pessoas contaminadas. As vítimas de maior risco foram transferidas para a unidade especializada do Hospital Naval Marcílio Dias, da Marinha, no Rio de Janeiro. Os pacientes foram transportados em um avião especialmente adaptado, da Força Aérea Brasileira. No Hospital, Rex Nazaré acompanhou o processo de autópsia das duas primeiras vítimas fatais do Césio-137, quando foi constatado que os procedimentos não eram adequados, pois não havia padrão de autópsia para vítimas contaminadas.

Os caixões utilizados no enterro foram especialmente projetados, sendo blindados com lâminas de zinco e de chumbo para evitar a exposição à radiação das pessoas que transitavam perto da uma funerária. Ele lembrou que o enterro, em Goiânia, foi realizado sob intensa comoção local e ressaltou o trabalho de comunicação desenvolvido pelo diretor da área de Fiscalização Radioativa da Cnen, Julio Rosenthal, que “teve um papel fundamental de apoio psicológico às vítimas e familiares”. De acordo com Nazaré, “os profissionais da Cnen e das instituições nucleares tiveram uma aceitação muito grande entre a população local”.

O ex-presidente da Cnen lembrou a grande tensão experimentada em todas as etapas do trabalho. “Não podíamos errar. As operações tinham que ser rápidas, para evitar o contato com altas doses de césio, o que poderia ser letal. Fazíamos avaliações das operações toda noite. Ninguém da equipe dormia antes da meia-noite e, às seis da manhã, retomávamos os trabalhos”.

Em seu relato, Rex Nazaré informou que foi necessário entrar nas casas afetadas e identificar os objetos contaminados, como roupas, aparelhos eletrodomésticos e outros utensílios, para serem descartados. Em algumas casas, o reboco das paredes foi removido e reconstruído imediatamente após a descontaminação. Houve necessidade, ainda, de podar árvores frutíferas e seus respectivos frutos, como mangas e romãs, que também estavam contaminados. E uma retroescavadeira operada remotamente foi desenvolvida em apenas 20 dias para a operação, pelo engenheiro Paulo Renha, da Cnen, com apoio do coronel Silva, do Corpo de Bombeiros do Rio de Janeiro.

Rex Nazaré destacou o apoio internacional recebido durante os 45 dias do trabalho de descontaminação, por parte da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), que cedeu equipamentos de monitoração da radioatividade, e de especialistas como o alemão Gunter Drexler e o médico japonês Ókida, sobrevivente do bombardeio nuclear de Hiroshima.

Ivan Salati e prof. Rex Nazaré



Ainda, durante as atividades de descontaminação, a Cnen prestou assistência psicológica à população local, para que pudessem retomar o seu cotidiano. Havia muito medo. “Os moradores das casas atingidas pela radiação custaram a acreditar que podiam voltar às suas moradias, mesmo depois da descontaminação”.

Outra medida decisiva para a retomada da rotina nos locais antes contaminados foi a visita do então presidente da República, José Sarney (1985-1990). Acompanhado por seus netos, visitou uma residência que tinha sido descontaminada e recebera reparos e tomou café na casa ao lado, coincidentemente de uma família maranhense. Em seguida, acompanhado por Rex Nazaré, visitou os pacientes hospitalizados.

### As lições de Goiânia

Responsável por identificar a contaminação com Césio-137 em Goiânia, onde então residia, o físico Walter Mendes Ferreira, atual chefe da Divisão de Rejeitos Radioativos da Cnen, elencou as principais lições aprendidas com o acidente, que teve como consequências quatro mortes, 271 pessoas contaminadas, contaminação ambiental localizada severa, gerou 6 mil toneladas de resíduos radioativos, provocou impactos econômicos na região e um substancial impacto psicológico nas pessoas afetadas.

### Lições aprendidas com o acidente

- Autoridades: implementação de planos específicos para lidar com emergências radiológicas.
- Necessidade de um porta-voz oficial para informar ao público.
- Estabelecimento prévio de níveis de intervenção.
- Inúmeros banhos com água e sabão são efetivos para descontaminação.
- Descontaminação da pele dos pacientes (água e sabão neutro, ácido acético e dióxido de titânio).
- Muitos equipamentos utilizados para lidar com a emergência.
- A manutenção contínua do equipamento é importante.
- Uso de aspiradores com filtros de alta eficiência para limpeza de superfícies contaminadas.
- Cortar árvores e descartar frutas mostrou-se eficaz contra contaminação.
- Implementação e estabelecimento de uma estrutura específica de resposta por meio de Planos de Emergência.
- Melhoria dos documentos regulamentares.

- Operação para coleta de fontes fora de uso em todo o país ("Pente Fino").
- Controle específico para importação de fontes e fontes de distribuição produzidas no Brasil, bem como sua transferência entre usuários e disposição final.
- Todos os equipamentos devem ser projetados para operar em condições ambientais adversas.
- Documentação/gravação de informações muito importantes.
- Sistema de informação pública para evitar pânico.
- Os trabalhadores de emergência devem estar bem informados, uma vez que trabalham entre os públicos.
- Banco de dados de computadores de instalações e fontes (Sinrad).
- Sistema Integrado de Controle do Comércio Exterior desenvolvido pelo Banco Central (Siscomex). Sistema em tempo real no qual a Cnen tem que aprovar a importação de fontes após verificar se os requisitos regulatórios são atendidos.



O físico Walter Mendes Ferreira identificou a contaminação

- Atualização do sistema informatizado de controle de fontes com a implementação de um acesso *web* e acompanhamento por meio de um fluxo de trabalho permitindo que os inspetores tenham acesso aos dados durante as inspeções.
- Categorização de instalações, seguindo as recomendações da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e frequência de inspeções de acordo com o risco das instalações .



Radiofármacos produzidos pela CNEN

## Garantir o uso seguro e pacífico da energia nuclear, desenvolver e disponibilizar tecnologias nuclear e correlatas, visando ao bem-estar da população

Esta é a missão da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Criada em 1956, é a autoridade máxima do governo no setor e a responsável pela formulação da política nuclear brasileira.

Com 14 unidades distribuídas em nove estados, a CNEN licencia e controla instalações nucleares e radioativas nas áreas médica, industrial, de pesquisa ou geração de eletricidade. Para multiplicar conhecimento, realiza trabalho de ensino e capacitação além de credenciar os profissionais que atuam nas instalações; é responsável pelo destino final dos rejeitos radioativos gerados nestas atividades e produtora de radiofármacos no Brasil.

Saiba mais sobre a CNEN acessando:  
[www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)

# Diretor da AIEA aborda o acidente de Fukushima

Bernardo Mendes Barata

O acidente de Fukushima-Daiichi, ocorrido no dia 11 de março de 2011, foi tema de palestra de Gustavo Caruso, diretor na área de Segurança da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), no último dia de apresentações da Inac 2017. Caruso abordou a avaliação da efetividade regulatória, à luz da AIEA, quanto à eficiência, inspeções, regulamentos e novos padrões adotados pela Autoridade de Regulação Nuclear (Nuclear Regulation Authority - NRA, em inglês) do Japão, a partir de 2012.

O diretor da AIEA rememorou a resposta inicial no Japão ao acidente, quando o intervalo entre a notificação inicial do tsunami (15h42, hora local) e a declaração de emergência nuclear (19h03, hora local) foi considerável. Somente a partir daí puderam ser tomadas ações de mitigação em centrais nucleares e de gestão de emergência envolvendo entidades centrais do governo japonês.

Em relação às ações de proteção ao público e de resposta que foram implementadas, Gustavo Caruso citou evacuação, abrigo, bloqueio de iodo na tireoide (administração de iodo estável), restrições ao consumo de alimentos e água potável, realocação e provisão de informações. Contudo, frisou que foram encontradas dificuldades na evacuação devido a danos causados pelo terremoto e tsunami e problemas associados a transporte e comunicação. "Ocorreram, também, dificuldades significativas quando foi feita a evacuação de pacientes de hospitais e asilos em um raio de 20 quilômetros da Central Nuclear de Fukushima-Daiichi", pontuou.

De acordo com o diretor da AIEA, em virtude da falta de planejamento de alguns detalhes da evacuação para locais fora da zona de emergência de dez quilômetros e das dificuldades na coordenação, muitos evacuados foram realocados várias vezes durante as primeiras 24 horas. O especialista também explicou que medições de radiação a partir do dia 15 de março justificaram a realocação para algumas áreas além da zona de evacuação de 20 quilômetros.

Diversos canais foram utilizados para manter o público informado e para responder às preocupações das pessoas durante a emergência, incluindo televisão, rádio, internet e linhas telefônicas exclusivas. Programas foram feitos em prol de ações de proteção no setor agrícola e restrições no consumo e na distribuição de alimentos e água potável



(também foi estabelecido um sistema de certificação para alimentos e outros produtos destinados à exportação). Ainda, foram desenvolvidas várias instruções e diretrizes para tratar de questões relacionadas a resíduos.

No tocante aos efeitos do acidente de Fukushima na saúde, o diretor Gustavo Caruso mencionou que não foram registrados efeitos perceptíveis e/ou atribuíveis em adultos, crianças e fetos, mas houve consequências psicológicas, detectadas por meio de pesquisas sobre saúde mental e estilo de vida.

Ao concluir sua palestra, Caruso destacou o relatório lançado pela AIEA durante sua 59ª Conferência-Geral, realizada em setembro de 2015, que contém 45 observações principais e lições aprendidas decorrentes do acidente de Fukushima. Segundo ele, o legado do acidente é um foco mais nítido na segurança de instalações nucleares de qualquer lugar e os padrões da Agência incorporaram ainda mais um consenso internacional sobre do que se trata um alto nível de segurança. Além disso, a tragédia trouxe à tona a importância vital de uma cooperação internacional eficaz e a necessidade de constantes revisões para fortalecer a cultura de segurança nuclear em nível global. Na indústria nuclear, como não pode deixar de ser, a segurança deve sempre vir em primeiro lugar!

# A luta do RMB pela viabilização financeira

Vera Dantas

O Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro (CDPNB) criou um grupo especial para discutir o projeto do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB). A decisão foi anunciada pelo responsável pelo projeto, José Augusto Perrotta, coordenador da mesa redonda O Estado Atual do RMB, realizada em seção conjunta pelo XX Enfir, XIII Enan e V Enin.

A mesa foi composta por representantes da Amazul, Luciano Pagano, Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), Isaac José Obadia, e Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), Elita Fontenele Urano de Carvalho.

O anúncio foi comemorado por Isaac Obadia como uma iniciativa de grande relevância e que sinaliza o reconhecimento da importância das contribuições do Empreendimento RMB para o país. Ele espera que a medida contribua para o equacionamento financeiro do projeto. Segundo o representante da Cnen, o programa é permanentemente ajustado em função, principalmente, dos aportes financeiros recebidos. Ele citou como exemplo que, da verba de R\$ 1.959.887, aprovada no orçamento de 2017 para as ações de posse e de conservação do local e de licenciamento ambiental, foram efetivamente recebidos R\$ 826 mil, dos quais R\$ 500 mil somente duas semanas antes da Inac. “Este é o cenário básico no qual trabalhamos”, declarou.

Da verba de R\$ 106 milhões prevista para o projeto executivo do reator e sistemas associados, o empreendimento não tinha recebido nenhum valor até a data da palestra. Desta etapa, fruto de um convênio com a Finep, previsto para durar de 2014 a 2017 e no valor de R\$ 149.400,00, estavam disponíveis para uso apenas R\$ 74.400,00. Obadia explicou que, da rubrica “restos a pagar de 2015”, no valor de R\$ 56 milhões, faltavam R\$ 18.900,00. Mas que esse restante não seria pago, segundo foi informado. “Tornar realidade o Empreendimento RMB requer uma pré-disposição, uma luta diária para viabilizar as condições financeiras”, desabafou.

## Perspectivas

Com custo estimado de US\$ 500 milhões, o RMB ainda necessita de R\$ 1,350 bilhão para sua viabilização. O empreendimento, com tempo de vida estimado de 50 anos, deve se pagar em 23 anos, de acordo com Obadia. “O RMB tem perspectiva de ser bastante rentável. É um excelente negócio”, afirmou.

A total dependência de recursos públicos, que têm sofrido contingenciamentos frequentes, devido à situação econômica do país, impactam fortemente e provocam sucessivos atrasos no cronograma físico de implantação do RMB, o que representa um alto risco para a viabilização do empreendimento. Ele acredita que a criação do grupo dentro do CDPNB foi uma decisão no sentido de contornar esse risco. Outra medida em desenvolvimento é a contratação de uma consultoria para conceber e apoiar a viabilização de um modelo de negócio empreendedor e inovador para a implantação do RMB, principalmente por ser um empreendimento lucrativo.

A contratação de pessoal para implantação e operação do RMB também apresenta alto nível de risco, uma vez que as vagas só poderão ser preenchidas através de concurso público para a Cnen. Além de não haver expectativa de realização de novos concursos, caso venham a acontecer, as vagas para o RMB concorrerão com as destinadas a repor pessoal nas unidades da Cnen, que, por sua vez, estão esvaziadas. Trata-se de um cenário que Obadia descreve como

O RMB  
é um  
excelente  
negócio

Obadia



“complicadíssimo”. Uma medida que poderia solucionar, ou pelo menos minimizar o problema seria o estabelecimento de um termo de cooperação entre os ministérios que integram o CDPNB para viabilizar a contratação de pessoal para o RMB.

Torna-se necessária também a definição e implantação de um modelo de gestão que permita que os operadores do RMB trabalhem em regime de turnos, hoje proibido no serviço público, e garanta autonomia administrativa dos recursos financeiros e de pessoal.

## Estudo de Viabilidade Financeira do RMB

Receitas: Produção de Radioisótopos  
Testes de Irradiação de combustíveis e materiais  
Serviços com feixe de nêutrons

### RESULTADO

Receitas Anuais em 2024	R\$ 132.537.785
Custo Anual de Operação em 2024	R\$ 44.354.600
VPL Fluxo de Caixa Financeiro	R\$ 428.819.237
TIR (%)	9,19%
TRC - Período de <i>Payback</i> (anos) 30	(23 de operação)

## Principais Riscos do Empreendimento RMB

Área	Risco	Nível	Impacto	Medidas
Financiamento da implantação do RMB	Total dependência de financiamento por meio de recursos públicos oriundos do MCTIC.	MUITO ALTO	Sucessivos atrasos no cronograma físico de implantação do RMB.	Estabelecer, no âmbito do CDPNB, Termo de Cooperação entre MCTIC, MS, MD e MPDG para viabilizar o financiamento para a implantação do RMB.
	Recursos do PAC têm sofrido contingenciamentos frequentes e significativos.		Necessidade de ajustar continuamente o planejamento físico-financeiro.	Contratar consultoria para conceber e apoiar a viabilização de um Modelo de Negócio empreendedor e inovador para a implantação do RMB.
	Situação econômica do país.			
Pessoal para implantação e operação do RMB	Contratação de pessoal para o RMB depende de aprovação de concurso público para a Cnen.	ALTO	Estrutura insuficiente de pessoal com dedicação exclusiva ao empreendimento RMB, acarretando dificuldades na sua gestão.	Estabelecer, no âmbito do CDPNB, Termo de Cooperação entre MCTIC, MS, MD e MPDG para viabilizar a contratação de pessoal para o RMB.
	Vagas para o RMB concorrem com vagas para as unidades da Cnen.			Cooperação com a Amazul.
	Falta de expectativa de realização de concurso público.			Contratar consultoria para apoiar a concepção e viabilização de um Modelo de Negócio empreendedor e inovador para a implantação do RMB.
Modelo Jurídico – Institucional de Operação do RMB	Necessidade de definição e implantação de modelo de gestão que permita alta disponibilidade operacional por meio de regime de turnos e autonomia administrativa dos recursos financeiros e de pessoal.	MÉDIO	Ineficiência na produção de radioisótopos.	Estabelecer, no âmbito do CDPNB, Termo de Cooperação entre MCTIC, MS, MD e MPDG para viabilizar modelo de gestão apropriado para o RMB.  Contratar consultoria para apoiar a concepção e viabilização de um Modelo de Negócio empreendedor e inovador para a operação do RMB.



## O combustível nuclear do RMB

A pesquisadora Elita Fontenele Urano de Carvalho, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), expôs o projeto de desenvolvimento do combustível nuclear para o Reator Multipropósito (RMB) na mesa redonda conjunta Enfir/Enan/Enin. O projeto está sendo realizado em conjunto com o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) e conta com recursos da ordem de R\$ 24 milhões, provenientes de convênio com a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

O projeto envolve o desenvolvimento de processos e a adaptação da infraestrutura de fabricação de elementos de combustível para o reator do RMB e de alvos de urânio para a produção do radioisótopo molibdênio 99 (99Mo). O protótipo do primeiro combustível, de uma série de 19, já foi concluído em agosto de 2017. Os elementos combustíveis serão colocados no núcleo do reator de pesquisas Ipen/MB-01, que está sendo utilizado para simular o reator do RMB. Em operação há 30 anos, o reator Ipen/MB-01 foi projetado e construído, em conjunto, pelo Ipen e pela Marinha do Brasil, duas instituições que, segundo a pesquisadora, “têm um histórico consagrado nas suas es-

## O RMB é muito diferente de um reator comum

O diretor técnico-comercial da Amazul, engenheiro Luciano Pagano Junior, ressaltou o aspecto multi-institucional do RMB, que envolve diversas instituições, entre elas a Amazul. Trata-se, segundo ele, de uma característica de grande importância, uma vez que permite utilizar as habilidades, capacidades e ferramentas que essas várias instituições possuem.

Ele também destacou a complexidade desse empreendimento multipropósito, dando como exemplo o volume de documentos previstos, “uma lista de quase 16 mil, sem contar as revisões”. O RMB é, ainda, “um projeto muito intensivo em mão de obra”, que demandará cerca de um milhão e 200 mil horas de engenharia. “Desse total, a previsão é que 70% seja desenvolvido no mercado nacional”, informa. A equipe de projeto conta com 100 pessoas, trabalhando 160 horas/mês. Durante os seis anos de desenvolvimento e implantação, serão subcontratadas empresas para projetos muito específicos.

Dentre as diversas instituições envolvidas no projeto, Pagano destacou o Ministério da Saúde, por ter um grande orçamento e ser o principal cliente dos radiofármacos que serão produzidos pelo RMB. “Embora ainda não tenha feito nenhum investimento, o ministério apoia o projeto e irá contribuir com recursos para sua viabilização. O que está sendo discutido agora são o montante e a forma de execução”, explicou ele.<sup>1</sup>

A equipe de engenharia do projeto é formada por jovens e por profissionais experientes, chamados informalmente, segundo Pagano, de “tios e os sobrinhos”. Ele destacou que, mesmo com a crise financeira no país, a Amazul oferece empregos a brasileiros, em um projeto nacional. Entre os contratados estão incluídos três engenheiros nucleares recém-formados no curso de graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

<sup>1</sup> No dia 27 de março de 2018, o Ministério da Saúde firmou parceria com a Amazul e anunciou um investimento de R\$ 750 milhões, até o ano de 2022, para o RMB.

## NUCLEP

A primeira empresa na América Latina e a única no país certificada pela ASME para produzir vasos nucleares



## Metodologia gerou pedido de patente

Elita Urano



pecialidades". Ela explicou que, no projeto do combustível do RMB, "o Ipen utilizou como metodologia o conhecimento do CTMSP na área de enriquecimento isotópico".

Como parte do projeto está prevista a adequação do núcleo do reator Ipen MB/01, que utiliza combustível do tipo varetas, para operar com o combustível tipo placa do RMB. De acordo com a pesquisadora, estão envolvidos no projeto duas unidades do Ipen, ambas com 30 anos de experiência: o Centro do Combustível Nuclear (CCN) e o Centro de Engenharia Nuclear, que participou do projeto e opera até hoje o reator Ipen/MB-01.

O elemento combustível projetado pelo CCN do Ipen é formado por 21 placas, sendo duas externas e 19 internas. Segundo Elita Urano, a especificação do novo combustível é extremamente rígida. "Ela é muito mais rígida que as dos

outros combustíveis anteriormente desenvolvidos e fabricados para o Ipen/MB-01", afirma. Ela destacou a parte de espessura e revestimento como "a mais problemática no desenvolvimento". Para enfrentar o desafio, foram desenvolvidas metodologias de análise que permitem, através de um microscópio de varredura, verificar a medição da espessura e núcleo dentro das placas de combustível.

Um dos principais marcos do projeto foi a inauguração, em 8 de dezembro de 2016, da cascata de enriquecimento, pelo Laboratório de Enriquecimento Isotópico do CTMSP. Em 31 de agosto foi apresentado o primeiro combustível. Estão sendo fabricados outros 18 combustíveis, etapa que deverá estar concluída em setembro de 2018. Um marco de grande importância ocorrerá em novembro de 2018, quando será feita a primeira criticalidade dos elementos combustíveis. Na ocasião, também serão comemorados os 30 anos de operação do reator Ipen/MB-01.

Além do elemento combustível, o CCN do Ipen desenvolve alvos de urânio para a geração do radioisótopo molibdênio 99. A equipe do CCN está trabalhando em duas linhas de fabricação de alvos de urânio: a rota UALx e a rota de folha fina. Para aumentar a produtividade do processo de fabricação, os pesquisadores desenvolveram uma metodologia inovadora baseada na modificação da placa de armação dos conjuntos a serem laminados, permitindo a laminação conjunta de múltiplos núcleos e assim, obtendo vários alvos. "Essa metodologia possibilita a colocação de 15 alvos em uma única placa, economizando tempo de laminação e de tratamento termo-mecânico", explica Elita Urano. Ela adiantou que a nova metodologia já gerou um pedido de patente e é tema de duas teses de doutorado.

Para a pesquisadora, os projetos em desenvolvimento no CCN prestam uma grande contribuição à tecnologia nuclear, não só na área de combustíveis, mas também nas áreas de caracterização e de controle de qualidade. "O produto que será entregue oferece uma grande segurança ao reator. Além disso, seu projeto resultou na formação de recursos humanos, na geração de tecnologias de novos processos", afirmou.



ABACC

Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares

Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares

2.937

inspeções realizadas no Brasil e na Argentina entre 1992 e 2017

77

instalações sob salvaguardas

92

cursos de capacitação técnica realizados entre 1992 e 2017

VERIFICANDO O USO PACÍFICO DA ENERGIA NUCLEAR NA ARGENTINA E NO BRASIL  
VERIFICANDO EL USO PACÍFICO DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN ARGENTINA Y BRASIL

<http://www.abacc.org.br>

# Educadores mostram preocupação com formandos

Bernardo Mendes Barata

Os participantes da mesa redonda Visão das Instituições Educacionais para o Setor Nuclear Brasileiro detalharam os programas de pós-graduação de suas respectivas instituições, informando linhas de pesquisa, início de funcionamento, tipos e cursos (alguns apenas com mestrado e outros também com doutorado), quantidades de dissertações de mestrado e teses de doutorado defendidas e confluências com o setor nuclear, nas mais diversas áreas: medicina, agricultura, meio ambiente, indústria, dosimetria e instrumentação, física de reatores, modelos computacionais e geração de eletricidade, por exemplo.

Também salientaram que as suas universidades e institutos possuem muitas parcerias, intercâmbios e colaborações com instituições estrangeiras e, ainda, que os alunos formados costumam ser absorvidos por Eletro-nuclear, Indústrias Nucleares do Brasil (INB), Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), Forças Armadas e Petrobras, por exemplo. O caráter interdisciplinar dos programas de pós-graduação dessas instituições, por sua vez, é uma tônica.

Além da *chair*, a professora Claúbia Pereira Berreza Lima, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a mesa foi composta por mais oito especialistas: Luiz Cláudio Meira Belo, do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN); Elvis Joacir de França, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Paulo Vítor

Rodrigues de Carvalho, do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN); Paulo Fernando F. e Melo, do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ); Delvonei Alves de Andrade, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen); Ricardo Barros, do Instituto Politécnico da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IPRJ/Uerj); José Guilherme Peixoto, do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) e coronel Walter Guimarães da Seção de Engenharia Nuclear do Instituto Militar de Engenharia (IME).

De acordo com o coronel Walter Guimarães, representante da única entidade militar, o IME, o mestrado em Engenharia Nuclear conta atualmente com mais alunos civis do que militares. “Gostaria de salientar que estamos abertos para civis, embora muitas pessoas não saibam disso. A nossa pós-graduação é a primeira do Brasil em Engenharia Nuclear, tendo começado no ano de 1958”, destacou. Já a *chair*, Claúbia Pereira Bezerra Lima, pontuou que a UFMG possui egressos em todas as instituições do setor nuclear brasileiro, mas, mesmo assim, fez um desabafo. “Sabemos que o principal dever de uma universidade é a formação de pessoal qualificado e manutenção do conhecimento científico e tecnológico, mas considero que a participação direta das universidades nos grandes projetos do país é pequena. Espero que as empresas da área nuclear abram vagas para os alunos formados nas diversas universidades. Faço a seguinte pergunta: onde vamos colocar os nossos futuros egressos?”, encerrou.

IME está aberto para civis

Coronel  
Guimarães



# Sistema de Salvaguardas pressupõe cooperação e boa fé

Vera Dantas

A mesa redonda sobre Segurança e Salvaguardas, apresentada em sessão conjunta do Enfir/Enan/Enin, proporcionou ao público uma oportunidade de esclarecer algumas importantes questões sobre o tema, a começar pela diferença entre *Safety* e *Security*, termos traduzidos em português por Segurança, mas que têm diferentes significados em inglês.

O representante da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), Laércio Antonio Vinhas, explicou que enquanto *Safety* está relacionado à proteção das pessoas e do meio ambiente contra a liberação da radiação provocada por um eventual problema em instalações nucleares, *Security* tem objetivo contrário, ou seja, visa proteger uma instalação nuclear de danos provocados por atos humanos mal intencionados.

Já as Salvaguardas integram o Regime de Não Proliferação, que estabelece ações para evitar a proliferação de armas nucleares e estimular o desarmamento, permitindo que os benefícios das aplicações nucleares sejam estendidos a toda população. De acordo com o representante da Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (Abacc), Marco Antonio Marzo, o termo Salvaguardas “talvez seja o menos conhecido por técnicos e população em geral, embora aplicado desde o

final da Segunda Guerra”. Essa falta de conhecimento deve-se, segundo ele, à percepção do risco, que é muito forte quando se aborda os termos *Safety* e *Security*. “Quando se fala em Salvaguardas, em desvio de material nuclear para a fabricação de armas, a percepção desse risco é muito tênue, está longe do nosso dia-a-dia”, explica. Além disso, haveria uma percepção geral de que “Salvaguardas é um assunto do governo, não só no Brasil, onde as atividades nucleares são eminentemente estatais, como em países onde há a participação privada, como os Estados Unidos”.

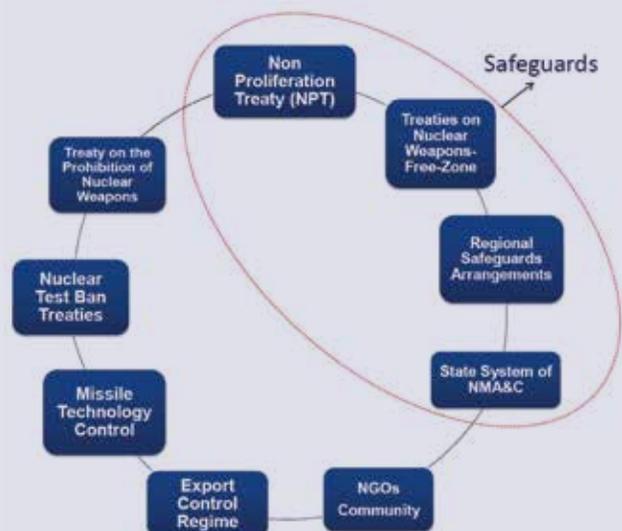
Bastante abrangente, o Regime de Não Proliferação é formado por diversos tratados e acordos, todos envolvendo a aplicação de Salvaguardas. Há o Tratado de Não Proliferação Nuclear, considerado o mais importante no âmbito internacional, cinco tratados de zonas livres de armas nucleares e dois acordos regionais de salvaguardas, Euratom e Abacc. Além disso, de acordo com Marzo, integram o Regime de Não Proliferação os sistemas nacionais de contabilidade e controle de material nuclear, sistemas de controle de exportações - como o Grupo de Supridores Nucleares, do qual o Brasil faz parte -, o regime de controle de tecnologia de mísseis, os tratados de banimento de testes nucleares e, ainda, a atuação de organismos não governamentais. Para ele, a entrega do Prêmio Nobel da Paz a um conjunto de 100 ONGs “demonstra a importância desse regime”.



Tema Salvaguardas é  
pouco conhecido

Marzo

## Non-Proliferation Regime



Segundo o especialista, o TNP é o tratado com maior adesão no mundo, com 191 países. Ele compara esse número aos apresentados pela ONU, com 193 países membros; pela AIEA, com 168 participantes; pela Organização Mundial de Saúde, com 194 e a Federação Internacional de Futebol (Fifa), com 211 membros. Em sua opinião, o Regime de Não Proliferação é muito bem sucedido. “Nos anos 1950 e 1960, esperava-se que, em 30 anos, cerca de 30 países teriam armas nucleares. Hoje, são nove os países detentores de armas nucleares, dos quais cinco são potências nucleares, além de Israel, Paquistão e Índia, que nunca assinaram o TNP, e a Coreia do Norte, que assinou e depois se retirou do tratado”.

O representante da Abacc explicou que as Salvaguardas têm como objetivo evitar a proliferação de armas nucleares detectando o desvio de quantidades significativas de material nuclear declarado, em tempo hábil. Ele destaca a importância dos termos ‘tempo hábil’ e ‘quantidades significativas’. “O sistema foi feito para detectar o desvio rapidamente, e não três anos após a ocorrência. Da mesma forma, não foi projetado para detectar o desvio de um ‘pellet’, mas quantidades significativas de material”. Um terceiro objetivo é assegurar a ausência de materiais e instalações não declarados. Este último item, mais recente, surgiu com a criação do Protocolo Adicional, que ampliou a filosofia das Salvaguardas.

O sistema de Salvaguardas é baseado em um tripé formado pelo operador da instalação nuclear, pela autoridade nacional e pela organização de Salvaguardas. “Se um desses elementos falha, a implementação pode falhar ou se tornar difícil de ser implementada. O sistema pressupõe cooperação e boa fé dos três elementos”, afirmou o palestrante.

### Ambiguidades construtivas

O representante da AIEA, Laércio Vinhas, afirmou que o Brasil ainda não assinou o Protocolo Adicional ao Acordo de Salvaguardas, uma vez que a assinatura é voluntária. Ele admitiu haver “uma certa confusão” quando se relaciona o Protocolo Adicional ao Tratado de Não Proliferação. “Uma coisa não tem nada a ver com a outra”, garantiu. De acordo com ele, o Protocolo Adicional se aplica principalmente a empresas e instituições que desenvolvem atividades de construção e de produção de equipamentos essenciais para a operação de instalações nucleares, sem ligação com um arsenal nuclear. E informou que o Brasil é signatário do Acordo Quadrípente, que envolve Argentina, Abacc e AIEA e que impõe aos dois países sul-americanos obrigações semelhantes às que todos os países não nuclearmente armados signatários do TNP têm com a AIEA.

Como o Protocolo Adicional visa assegurar a ausência de materiais e instalações nucleares não declarados, sua redação foi objeto de muitas discussões. De acordo com Vinhas, houve grande dificuldade para se chegar a “um acordo possível”. A consequência disso, e também pelo fato de não ter sido formado um comitê de redação, é que a versão final ficou confusa, segundo ele. “O Protocolo Adicional é, no fundo, um conjunto de ambiguidades construtivas, podendo ser interpretado da forma mais conveniente para cada um”, disse. Ele definiu como “ambiguidade construtiva” o fato do protocolo ter sido redigido de forma a que tanto A como B, que têm posições divergentes, vejam suas opiniões refletidas no documento, embora sejam diferentes. “Há uma certa mágica”, afirmou.

Em um desabafo, o especialista disse que, cada vez mais, são impostas restrições e obrigações aos países não nuclearmente armados, enquanto que os nuclearmente armados não cumprem o artigo 100 do TNP, no sentido de caminhar em direção ao desarmamento.



Laércio Vinhas

### Drones e ciber ataques

Vinhas abordou as oportunidades e desafios apresentados por drones e os ciber ataques. Os drones, segundo ele, apresentam aspectos tanto positivos como negativos. “Ao mesmo tempo que permitem acesso a locais perigosos para o envio de profissionais e contribuem para reforçar a vigilância em instalações nucleares, por exemplo, esses equipamentos também podem transportar explosivos ou dispositivos com capacidade de interferir nos sistemas de controle dessas instalações”.

Em relação aos ataques à segurança dos sistemas computacionais, ele explicou que impactam tanto a área de *Safety* quanto a de *Security*. “Uma intromissão no sistema computacional que controla uma instalação nuclear pode causar um acidente com grande repercussão tanto para a própria instalação quanto para a proteção radiológica e para o meio ambiente”, disse.

Vinhas afirmou que, ao contrário do que muitos pensam, as normas de *Safety* e *Security* da Agência não são legalmente vinculantes. “Não há instrumentos legalmente vinculantes exclusivamente para a segurança nuclear, assim como não existe uma convenção de segurança nuclear, uma vez que ela está diretamente ligada à segurança nacional”. No entanto, ele destacou que, embora não tenham sido redigidos na forma clássica de normas, os padrões da AIEA “são essenciais e fundamentais, pois servem como base para o desenvolvimento da legislação e dos sistemas de segurança dos países”.

# Cresce a demanda por urânio

A demanda por urânio no mercado global está em uma curva crescente até o ano de 2035, com previsão de aumento nos anos subsequentes. “Em 2015, a demanda mundial de urânio era de 56.585 toneladas, para atender a uma capacidade instalada mundial de 377.4 Gwe (gigawatts elétricos)”, informou Edson Kuramoto, da Eletronuclear, em palestra na mesa redonda O Mercado de Urânio, realizada em conjunto pelo XX Enfir e V Enin.

Participaram da sessão José Carlos Castro, da Indústrias Nucleares do Brasil (INB), *chair*, o embaixador do Cazaquistão no Brasil, H. E. Kairat Sarzhanov, Alexandr Boitsov, representando a Uranium One, empresa vinculada à corporação estatal russa Rosatom, e Feng Zhe, da empresa estatal chinesa CNNC.

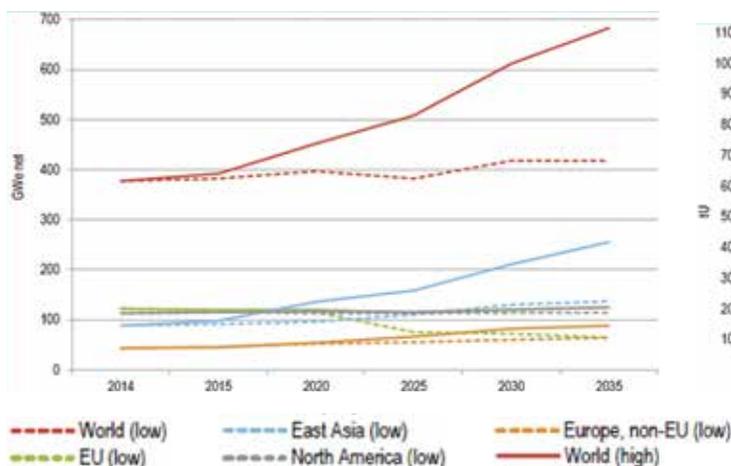


Em sua palestra, Kuramoto apresentou duas projeções de demanda para 2035, em função da perspectiva de capacidade instalada naquele ano: uma curva tracejada (*low case*) e outra cheia (*high case*). Ele explicou que a prevalência de uma ou outra projeção depende de vários fatores, como, por exemplo, o risco de novos acidentes ou o Acordo Climático da Mitigação. Enquanto no *high case*, a capacidade instalada no mundo chegaria em 2035 a 680 Gwe, no *low case*, uma projeção com incerteza menor, chegaria a 410 Gwe. A projeção da demanda de urânio acompanha as curvas da capacidade instalada. A projeção para 2035 é de mais de 100 mil toneladas de urânio no *high case* e 68 mil toneladas, no *low case*.

Kuramoto garantiu haver reservas de urânio suficientes para suportar a operação das usinas em funcionamento e o crescimento da capacidade instalada até 2035. “Essas reservas, tanto as inferidas quanto as garantidas, seriam suficientes para mais de 175 anos de operação dessas usinas”, afirmou. Em relação ao Brasil, ele informou que, com a sexta maior reserva do mundo, em torno de 290 mil toneladas de urânio, o país apresenta uma posição confortável. Baseado em uma estimativa realizada há alguns anos, que haveria urânio suficiente para operar 50 usinas nucleares durante mil anos, ele garantiu que “com somente duas usinas em operação e uma terceira em construção, as nossas reservas seriam suficientes para, no mínimo, mais que mil anos”.

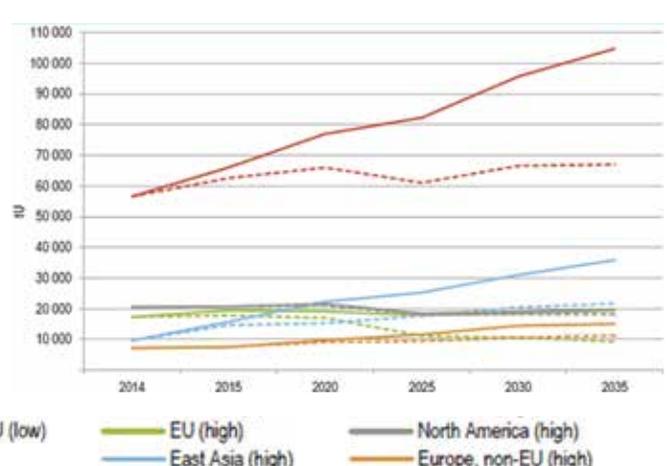
O representante da Eletronuclear previu o aumento futuro da capacidade instalada de usinas nucleares e da demanda de urânio, devido principalmente ao Acordo Climático da Mitigação e à necessidade de energia dos países asiáticos. E informou que a variação do preço do urânio

**Projection of Nuclear Capacity Installed**



Source: NEA 2016

**Projection of Uranium Demand**



## World Uranium Production by Company

Producer	tonnes U	% of World
Kazatomprom	12,986	21%
Cameco	10,438	17%
AREVA	8,433	14%
ARMZ/Uranium One	7,913	13%
BHP Billiton	3,233	5%
CNNC/CGN	2,672	4%
Rio Tinto Uranium	2,440	4%
Navoi Mining	2,404	4%
Energy Asia	2,308	4%
Paladin Energy	1,310	2%
Sopamin	1,200	2%
General Atomics/Quasar	1,088	2%
Sumitomo	1,004	2%
Others	4,793	8%
<b>Total</b>	<b>62,221</b>	<b>100%</b>

Source: OCDE-NEA/IAEA, 2016

tem pouquíssimo impacto no valor das tarifas de geração nuclear, uma vez que o custo do mineral, principalmente no Brasil, representa apenas 30% do custo do combustível nuclear, que, por sua vez, representa em torno de 17% do custo de geração de uma usina nuclear. “Isso mostra, mais uma vez, a competitividade das usinas nucleares e o porquê do país dever investir na geração nuclear”, afirmou.

### Oportunidades

José Carlos Castro, da INB, ressaltou as oportunidades de trabalho que são geradas pela indústria de urânio. Ele citou como exemplo o licenciamento da atividade de lixiviação *in situ*. “Há uma grande demanda por especialistas em modelagem de campos de lixiviação, engenheiros químicos e engenheiros da área mineral, entre outros”, informou. Ele chamou a atenção dos jovens para as oportu-

nidades de trabalho e de conhecimento decorrentes do êxito de projetos como os do Casaquistão, China e Rússia, através da Rosatom. “Há muitas possibilidades, apesar das crises”, afirmou.

O representante da Uranium One confirmou a previsão de crescimento da produção de urânio, que deve aumentar cerca de 1,5 vezes até 2035. Mas, de acordo com Alexandr Boitsov, enquanto a produção de urânio das minas existentes diminuirá quase 50% até 2035, as novas minas planejadas compensarão as capacidades exauridas.

Ao apresentar o histórico da demanda de urânio, ele informou que a produção atendeu às necessidades do mercado até 1990, o que permitiu a criação de um estoque de 1 milhão de toneladas métricas (1MtU). Mas, a partir daquele ano, o aumento da demanda levou à utilização de inventários e outras fontes secundárias para cobrir a diferença em relação à produção. Após uma queda em 2014, a produção global de urânio voltou a crescer em 2016.

Ressaltando a expansão da produção sustentável no Cazaquistão, líder mundial desde 2009, Boitsov disse que o país foi responsável por 40% da produção mundial de urânio em 2016. A Kazatomprom é a empresa líder, com 21% de participação em 2016, e a Uranium One é o quarto maior produtor com uma fatia de 8% do mercado produtor.

De acordo com Boitsov, embora a produção de urânio seja suficiente para garantir as necessidades de longo prazo da indústria de energia nuclear, grande parte dos recursos é pouco explorada, por se enquadrar na categoria de alto custo.

O embaixador do Cazaquistão, Kairat Sarzhanov, salientou a tradição do país no mercado de urânio, no qual ocupa a liderança mundial na área de mineração e a segunda posição em termos de reservas do mineral. A corporação estatal do país do setor, a Kazatomprom atua em todas as frentes do mercado do urânio. Já a CNNC, que possui participação em diversos empreendimentos em outros países, como Níger, Zimbábue e Mongólia, trabalha nas áreas de desenvolvimento, projetos, exploração e administração de geologia e mineração de urânio.

Alexandr Boitsov, Kairat Sarzhanov e Feng Zhe



# Um tratamento inovador

Bernardo Mendes Barata



Uma das mais aguardadas palestras da Inac 2017 foi a sobre o uso de pele de tilápia radioesterilizada para o tratamento de vítimas de queimaduras. Ministrada pelo dr. Marcelo José Borges de Miranda, do Hospital São Marcos, de Recife (PE), a sessão fez parte do XIII Enan.

Ele destacou que esse inovador curativo possui três segredos para o sucesso: a ação microscópica do glicerol aliada ao

colágeno do peixe e ao processo de radioesterilização, o qual resulta na morte de agentes microbiológicos que porventura poderiam contaminar o produto. O médico destacou que de cada dez peles de tilápia aplicadas, de seis a oito permanecem no paciente até a alta. A grande vantagem de manter o mesmo curativo no queimado do início ao fim do tratamento é amenizar a dor, proporcionando maior conforto.

De acordo com Miranda, o projeto teve apoio fundamental de Mônica Mathor, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), que encontrou a dose de radiação mais eficaz para radioesterilizar a pele de tilápia: 30 quilograys. "Verificamos um empate técnico entre peles humanas e de tilápia em relação à resistência à tração", complementou o médico.

O dr. Marcelo José Miranda também exaltou que o curativo de tilápia, que está em período experimental (o tratamento ainda não foi registrado junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa), pode vir a se efetivar como o primeiro oriundo de um animal aquático a ser utilizado no tratamento de vítimas de queimaduras no mundo.



- The major body in the nuclear power technology R&D of China
- The main nuclear power plant exporter in China
- The general contractor of nuclear design and engineering of China
- The only nuclear fuel supplier in China
- The major investor of nuclear power plants under operation or construction in China
- The nuclear power operating service provider of China

**- Reliable Nuclear Energy Partner**

web site: [www.cnn.com.cn](http://www.cnn.com.cn)



**CNNC Nuclear Industry System**

# Aceitação pública da energia nuclear em discussão

Bernardo Mendes Barata

A aceitação pública da energia nuclear foi tema da mesa redonda do V Encontro da Indústria Nuclear (V Enin).

A sessão, cujo *chair* foi Ivan Salati, da Associação Brasileira de Energia Nuclear (Aben), teve como palestrantes Cássia Helena Pereira Lima, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), Marco Antônio Alves, da Eletrobras Eletronuclear, e Paulo F. Frutuoso e Melo, do Programa de Engenharia Nuclear do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PEN/Coppe/UFRJ).

A coordenadora de Comunicação Social da Cnen, Cássia Helena Pereira Lima, ressaltou em sua apresentação que é importante que a linguagem seja mais uma ponte do que um fim e, ainda, que a comunicação de risco é complexa, uma vez que o risco tem diferentes significados para diferentes pessoas, sendo uma questão de percepção. De acordo com ela, desafios importantes que envolvem a aceitação pública da



Risco tem diferentes significados para cada pessoa

Cássia Lima

energia nuclear são a maneira pela qual o público tomou conhecimento do nosso produto, qual a nossa estratégia para apresentar o nosso produto, qual nossa estratégia para demonstrar os benefícios - e mesmo os riscos - do nosso produto e qual a nossa estratégia para mostrar que a sociedade precisa do nosso produto (como exemplo, aplicações na medicina, indústria, agricultura e geração de energia).

Cássia Lima, que ministrou uma palestra de caráter mais teórico, também comparou os diferentes argumentos em relação à área nuclear utilizados por *experts* e leigos: visão mais racional e estatística versus visão intuitiva e passional, argumentos lógicos e científicos versus argumentos do senso comum, estudos e artigos científicos como fonte de informação versus fonte de informação sen-

**Cemig.**  
Energia que gera mais oportunidades para todos.



**CEMIG** **MINAS GERAIS**



Neste exato momento, tem alguém utilizando a energia da Cemig no campo, na cidade, na indústria, a favor do meio ambiente e nas ações sociais da empresa, em cada canto de Minas Gerais. É com essa mesma energia que a Cemig está preparada para reduzir as desigualdades sociais e regionais por meio de programas como Eletrificação Rural, Energia Inteligente e Tarifa Social.

Em cada investimento em novas tecnologias, em cada ação cidadã, a Cemig está trabalhando para construir o presente com os olhos no futuro da nossa gente.



Percepção de risco é mais latente durante exercícios do plano de emergência

Alves



Atividades de extensão são importantes para compreensão e aceitação da energia nuclear

Frutuoso

do mídia e conhecidos, avanços tecnológicos (benefícios para indústria e produtividade) versus ameaças para gerações futuras e catástrofe potencial e associação da energia nuclear a aplicações pacíficas versus associação da energia nuclear a proliferação e uso de armas nucleares.

Ela frisou que, apesar de estarmos em um mundo de técnicos, precisamos a todo momento lembrar que estamos falando de pessoas para pessoas. E encerrou a palestra utilizando uma citação do ex-presidente sul-africano Nelson Mandela: “Se você falar com um homem numa linguagem que ele compreende, isso entra na cabeça dele. Se você falar com ele em sua própria linguagem, você atinge seu coração”.

Em seguida, quem palestrou foi Marco Antônio Torres Alves, da Coordenação de Comunicação da Eletronuclear. Diferentemente de Cássia Helena Pereira Lima, ele utilizou uma abordagem mais prática, mostrando as ações da empresa estatal na área de educação e comunicação. O especialista citou o Centro de Informações da Eletronuclear em Angra, que recebe mais de 20 mil alunos e técnicos por ano; o estímulo à visitação às usinas nucleares; o curso de formação sobre energia nuclear e emergência nuclear proferido a professores (em cinco anos, 20% dos docentes de Angra e Paraty já concluíram); interação com universidades; *tour* virtual em Angra 2; diálogo constante com população próxima à central nuclear; investimento no website e no canal no YouTube da Eletronuclear; orientação aos profissionais da empresa para se tornarem embaixadores da energia nuclear mesmo fora do ambiente profissional; patrocínios a eventos culturais e técnicos, como a própria Inac, e publicidade. No último caso, ele destacou que a ação torna-se mais ampla durante os exercícios do plano de emergência da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAEA), onde é mais latente a percepção do risco.

O acadêmico Paulo F. Frutuoso e Melo focou nas universidades, cuja missão principal é transmitir conhecimento. Na área de ensino, os alunos devem aprender absolutamente

tudo sobre energia nuclear, pois a atuação deles, quando formados, contribui de forma importante para a compreensão e aceitação da energia nuclear, uma vez que possuem os conhecimentos técnicos precisos e detalhados para esse propósito, o que é o primeiro ponto para um esclarecimento objetivo da população. Já a parte de pesquisa envolve acadêmicos de diversas instituições disseminando conhecimento para pessoas que às vezes não conheciam a fundo o nuclear.

Frutuoso ainda salientou que as atividades de extensão podem ter uma participação fundamental no processo de compreensão e aceitação da energia nuclear. Em primeiro lugar, através da realização, tipicamente anual, pelos estudantes de graduação, das Semanas de Engenharia Nuclear, quando diversas atividades são organizadas e promovidas, como palestras, minicursos, exposições, apresentações, debates, exibição de filmes e participação aberta do público. Nesse âmbito, ele informou que o Programa de Engenharia Nuclear da UFRJ está tentando construir um espaço de visitação pública para estudantes do ensino médio, de modo a recebê-los e apresentá-los um pouco do que é e para que serve a energia nuclear, com o firme propósito de auxiliar na propagação de conhecimentos técnicos.

Na última apresentação da mesa redonda, Ivan Salati detalhou acontecimentos negativos do setor nuclear, como as bombas de Hiroshima e Nagasaki, os acidentes nas usinas nucleares de Three Mile Island, Chernobyl e Fukushima e o acidente radiológico em Goiânia. Conforme Salati, o trabalho de aceitação pública é muito difícil, pois foi internalizada nas pessoas a associação da energia nuclear com destruição. Além disso, há percepção de risco sobre a natureza da radiação e questões políticas (em países como Irã e Coreia do Norte), interesses econômicos (nuclear versus outras fontes de energia), dificuldades de comunicar sobre um complexo setor (na área de radioatividade, por exemplo, há inúmeras unidades utilizadas, relação com tempo, etc.) e falta de informação ou informações erradas.



# SIEN 2018

IX SEMINÁRIO INTERNACIONAL  
DE ENERGIA NUCLEAR

25, 26 E 27 DE JULHO - 2018 |  
RIO DE JANEIRO | BRASIL

realização

Casa Viva



## TECNOLOGIA NUCLEAR A SERVIÇO DA SOCIEDADE **INSCRIÇÕES ABERTAS!**



Informações: (55 21) 3301-3208 | 99699-1954



## EXPO NUCLEAR



IV FEIRA DE TECNOLOGIA EM ENGENHARIA NUCLEAR PARA FINS PACÍFICOS

## SEJA UM PATROCINADOR

Sua empresa pode ser patrocinadora do SIEN 2018, participar da agenda com palestra e/ou expor soluções e tecnologias no espaço do evento

**CONSULTE NOSSOS MODELOS DE PATROCÍNIO EM:**

(55 21) 3301-3208  
carlos.emmiliano@gmail.com



# REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

## Tecnologia Nuclear a Serviço da Vida



O RMB dotará o Brasil de uma infraestrutura fundamental para o desenvolvimento nacional das atividades da área nuclear, em aplicações sociais estratégicas e industriais, proporcionando desenvolvimento científico e tecnológico, e constituindo-se em um importante projeto estruturante e de arraste do setor nuclear.

### RMB - Principais Contribuições



- Autonomia nacional na produção de radioisótopos para aplicações na saúde, indústria, agricultura e meio ambiente;
- Criação de capacidade nacional para testar e qualificar combustíveis nucleares e materiais para reatores de potência, propulsão naval e novos conceitos de reatores nucleares.
- Criação de um Laboratório Nacional de Análise por Ativação e de um Laboratório Nacional de Pesquisas com Feixes de Nêutrons disponíveis à comunidade científica nacional.

### RMB: Principais Instalações



- Reator Nuclear de Pesquisas de 30MW
- Processamento e Manuseio de Radioisótopos
- Feixe de Nêutrons
- Análise Pós-Irradiação
- Radioquímica
- Análise por Ativação Neutrônica.

O RMB terá características de um Laboratório Nacional, fornecendo apoio e suporte para pesquisadores e programas de pós-graduação, e se tornará o principal polo de desenvolvimento de tecnologia nuclear do País.

Responsável pelo Empreendimento

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



Empreendedor



Parceiro Técnico

