



Conexão
Nuclear

Ano **06**
Nº **22**
Mar. 2025

Taxonomia sustentável

Precisamos aprender
com os exemplos internacionais

Uso de SMRs na indústria do Petróleo

Solução para áreas remotas
e com infraestrutura limitada



De olho na Finlândia

Descoberta geológica pode transformar
o cenário energético global

Custo total da provisão de eletricidade

Mitos e verdades

Entrevista com Mikhail Chudakov

Executivo da AIEA traz perspectivas sobre
os desafios e oportunidades do setor nuclear

ABDAN

Expediente

PRESIDENTE

Celso Cunha

VICE-PRESIDENTE

Alexandre Honaizer

VICE-PRESIDENTE

Ivan Alexandrovich Dybov

VICE-PRESIDENTE

Paulo Coelho

VICE-PRESIDENTE

Stephen McKinney

DIRETOR TÉCNICO

Leonam dos Santos Guimarães

CONSELHO CONSULTIVO

PRESIDENTE

Paulo Massa

VICE-PRESIDENTE

Giacomo Staniscia

MEMBROS

Carlos Seixas

Charles Buldrini Filogonio

Luiz Celso

Manoel Ribeiro

Newton Costa

Pedro Litsek

Pedro Moreira

Sibila Grallert

Conexão Nuclear é uma publicação da ABDAN

EDITORA

Juliana Costa dos Santos - 0042392/RJ

REPORTAGEM

Larissa Haddock Lobo - 0042346/RJ

Juliana Costa dos Santos - 0042392/RJ

GERÊNCIA DE MARKETING E COMUNICAÇÃO

Cristiane Pereira

GERÊNCIA DE DESIGN

Lucas do M. N. Cunha

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Roman Atamanczuk

INFOGRAFIA

Lucas Gomes

FOTO DE CAPA

Dean Calma / IAEA

EDIÇÃO E REVISÃO DE TEXTO

Kelli Gonçalves

ABDAN

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES NUCLEARES

AV. RIO BRANCO, 122, 16º ANDAR - CENTRO

RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL

CEP: 20.040-001

+55 (21) 2262-6587

🌐 WWW.ABDAN.ORG.BR

SUGESTÕES E DÚVIDAS

ABDAN@ABDAN.ORG.BR



Sumário

11

CAPA

Entrevista com Mikhail Chudakov

Executivo da AIEA comenta sobre as expectativas de sua participação no NT2E e os desafios que a comunidade nuclear global enfrenta hoje



Foto: Dean Calma / IAEA

04

Editorial

Inclusão da energia nuclear na taxonomia sustentável brasileira

05

Marco regulatório e redução de riscos

Algumas das principais dificuldades que o setor nuclear enfrenta atualmente

07

Medicina nuclear

Avanços tecnológicos oferecem novos caminhos para diagnóstico precoce e tratamentos mais eficazes

09

Uso de SMRs na indústria do Petróleo

Eles surgem como alternativa para descarbonizar a produção em áreas remotas e com infraestrutura limitada

13

Extensão de vida Angra 1

Eletrownuclear se prepara para garantir a operação da usina até 2044

15

Taxonomia sustentável

É hora de aprender com o exemplo de outros países

17

Custo total da provisão de eletricidade

Importância de uma abordagem mais técnica e abrangente médica e industrial

19

Nuclear no mar

O Brasil tem uma posição privilegiada para o desenvolvimento da energia nuclear no setor marítimo

21

Tório na Finlândia

Descoberta geológica pode transformar o cenário energético global

24

Informe Publicitário

Rosatom

A INCLUSÃO DA ENERGIA NUCLEAR NA TAXONOMIA SUSTENTÁVEL BRASILEIRA



À medida que o mundo lida com os desafios das mudanças climáticas e da transição energética, a energia nuclear e o urânio se destacam como pilares fundamentais para a construção de um futuro sustentável. Em várias partes do mundo, a importância dessas fontes está sendo reconhecida, não apenas como um caminho para mitigar os impactos das mudanças climáticas, mas também para garantir a segurança energética. No

Brasil, onde temos grandes reservas de urânio, é imprescindível que consideremos a inclusão da energia nuclear e do urânio em nossa taxonomia sustentável, para aproveitar o potencial desses recursos e fortalecer nossa posição no cenário global.

Contudo, no Brasil, a inclusão da energia nuclear na Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) ainda é um tema de debate, apesar do precedente estabelecido pela União Europeia. A não inserção dessa fonte na TSB representa uma lacuna regulatória que pode comprometer investimentos essenciais para a segurança energética do país.

A experiência de outros países nos mostra o valor de uma taxonomia que inclui a energia nuclear como uma atividade sustentável. Na União Europeia, por exemplo, a energia nuclear é vista como uma transição essencial para a mitigação das mudanças climáticas, e o urânio, embora não explicitamente listado, é necessário para o funcionamento dessa matriz. A China, por sua vez, considera a energia nuclear uma tecnologia verde, impulsionando sua adoção e, indiretamente, reconhecendo o urânio como um recurso estratégico para o futuro energético do país. Essas abordagens demonstram como a inclusão da energia nuclear nas taxonomias sustentáveis é uma tendência mundial que traz benefícios tanto ambientais quanto econômicos.

A recente inclusão da energia nuclear na Lei nº 14.766, sancionada em 2024, do Programa de Aceleração da Transição Energética (PATEN) reforça a importância desse recurso na estratégia brasileira para descarbonização e segurança

energética. Essa medida reconhece oficialmente o papel da energia nuclear como uma fonte sustentável, abrindo caminho para investimentos e financiamento em projetos do setor. A decisão também alinha o Brasil com as melhores práticas internacionais, garantindo um planejamento energético mais resiliente e eficiente.

Porém, não inclusão da energia nuclear na TSB compromete a coerência da política climática brasileira e limita a atração de investimentos para o setor. Sem esse reconhecimento, financiamentos destinados a projetos sustentáveis podem ser direcionados para tecnologias que, embora renováveis, não oferecem a estabilidade de geração que a energia nuclear proporciona. O Brasil possui vastas reservas de urânio e domina o ciclo completo do combustível nuclear, o que permite um desenvolvimento estratégico dessa matriz dentro de um modelo de autossuficiência energética.

Além disso, a energia nuclear é fundamental para a descarbonização de setores industriais de difícil eletrificação, como a siderurgia e a produção de hidrogênio limpo. O Brasil, que busca posicionar-se como um protagonista no mercado de hidrogênio verde, pode beneficiar-se enormemente da energia nuclear para garantir uma produção sustentável e competitiva.

Diante desse cenário, é imperativo que a energia nuclear seja incluída na Taxonomia Sustentável Brasileira. Sua exclusão ignora evidências científicas e cria um viés injustificado contra uma tecnologia essencial para a transição energética. A inclusão permitirá ao Brasil alavancar investimentos, consolidar sua matriz elétrica de baixo carbono e garantir segurança energética para as futuras gerações. Cabe agora aos formuladores de políticas tomarem uma decisão baseada na ciência e no interesse nacional.

Nesta edição trazemos uma matéria completa sobre esse assunto. Também abordamos nas próximas páginas, o uso dos SMRs e micro reatores na indústria do Petróleo, a extensão da vida útil de Angra 1, medicina nuclear, custo da provisão de eletricidade e marco regulatório.

O setor nuclear encontra-se em um ponto de virada, e estamos empolgados por poder compartilhar com você, leitor, essa jornada de transformação, inovação e otimismo. Boa leitura! ■

Celso Cunha, presidente ABDAN, e Leonam Guimarães, Diretor Técnico ABDAN

DESAFIO REGULATÓRIO DO SETOR NUCLEAR BRASILEIRO: OPORTUNIDADES E OBSTÁCULOS

CONEXÃO NUCLEAR TRAZ PARA DISCUSSÃO ALGUMAS DAS PRINCIPAIS DIFICULDADES QUE O SETOR NUCLEAR ENFRENTA ATUALMENTE

A indústria nuclear brasileira enfrenta uma série de desafios regulatórios e de infraestrutura que impactam diretamente sua capacidade de crescimento e eficiência. Apesar do potencial significativo da energia nuclear para o país, barreiras como a complexidade do marco regulatório, a escassez de investimentos em infraestrutura e as preocupações ambientais e de segurança continuam a ser obstáculos consideráveis.

Em especial, o uso do urânio, desde sua mineração até seu processamento e utilização nas usinas nucleares, exige uma regulamentação robusta e adequada para mitigar riscos e garantir a segurança pública e ambiental. A revista Conexão Nuclear conversou com Felipe Tavares, Gerente de Minerais Urâniferos nas Indústrias Nucleares do Brasil (INB) e Sanzio Soares, Superintendente de Novos Negócios, para analisar as principais dificuldades regulatórias e de infraestrutura que o setor nuclear enfrenta atualmente e discutir como um aprimoramento do marco regulatório pode não apenas reduzir esses obstáculos, mas também contribuir para uma gestão mais eficiente e segura do urânio, alinhando-se às melhores práticas internacionais e promovendo o desenvolvimento sustentável da energia nuclear no Brasil.

BRASIL: O LUGAR CERTO NA HORA CERTA?

Em um momento em que a demanda global por urânio está prestes a superar a oferta, o Brasil se encontra em uma posição estratégica para expandir sua produção, aproveitando suas reservas e o potencial de novos negócios no setor de mineração. No entanto, esse processo esbarra em desafios regulatórios e de infraestrutura que exigem uma análise cuidadosa, especialmente no que tange à segurança, sustentabilidade e governança.

Felipe, em uma palestra recente, destacou o cenário global em que a demanda por urânio tende a superar a oferta na próxima década, caso não sejam feitos investimentos robustos na exploração de novas jazidas. No caso brasileiro, essa dinâmica é um risco, considerando que a produção atual do país não atende à totalidade da demanda das usinas nucleares de Angra I e II, mas também uma oportunidade para o desenvolvimento de novos negócios. “Ainda temos jazidas com alto potencial exploratório e baixo custo de produção, que são ativos raros no mundo atualmente”, afirmou. O Brasil, portanto, possui um cenário propício para investimentos na mineração de urânio, desde que o marco regulatório seja fortalecido e a infraestrutura seja aprimorada.

Com o lançamento do Programa de Parcerias em Prospecção e Lavra de Urânio (PPLU), a INB está buscando integrar o setor privado na exploração do urânio, uma medida essencial para aumentar a produção doméstica e reduzir a dependência de importações. “Nosso modelo de parceria prevê a seleção de empresas qualificadas para viabilizar a retomada das pesquisas interrompidas há mais de 40 anos, com o compromisso de adotar as melhores práticas ambientais, sociais e de governança”, explicou Felipe. Contudo, ele ressaltou que o sucesso deste modelo depende de ajustes no marco regulatório.

A Lei 14.514/2022, que permite a celebração de parcerias para pesquisa e lavra de urânio, já estabelece a base para novos negócios. Sanzio Soares, Superintendente de Novos Negócios da INB, ressalta que é evidente que diversos aspectos da regulação do setor mineiro-nuclear precisam de definições mais claras por parte dos órgãos reguladores e do próprio Governo Federal, de forma a trazer maior previsibilidade para contratos e maior segurança jurídica aos potenciais interessados em investir nessa atividade.

“Mas entendemos que o arcabouço legal atual já permite a construção de parcerias e por isso estamos investindo no Pró-Urânio. Os principais ajustes que são necessários dependem da regulamentação da lei 14.514/2022, através de decreto. Certamente, um novo marco legal traria maiores possibilidades de parcerias, mas adiará em muitos meses ou anos o início desse processo de entrada do setor privado na mineração de urânio. Os principais desafios que estamos enfrentando dizem respeito à migração do sistema anterior à promulgação da Lei para a atual sistemática de parcerias”, afirmou.

Do ponto de vista da infraestrutura, eles alertam que o maior gargalo é o número reduzido de pessoal capacitado no país para prospecção e lavra de materiais radioativos. Nas escolas de geologia e de engenharia de minas, não há muitos grupos dedicados à formação de pessoal especializado nessa área. É preciso desenvolver essas capacidades, com programas específicos de fomento, que permitam o ressurgimento do setor. Outro fator limitante é de radioproteção. Por exemplo, a maioria dos laboratórios comerciais que trabalham com suporte geoquímico para o setor mineral não estão preparados para trabalhar com amostras radioativas.

No que diz respeito à infraestrutura, Felipe apontou a escassez de pessoal capacitado como um dos principais gargalos para o desenvolvimento do setor. «Nas escolas de geologia e engenharia de minas, há uma lacuna significativa na formação de especialistas em materiais radioativos», comentou. Além disso, a falta de laboratórios especializados em radioproteção e geociências relacionadas ao setor nuclear também é um obstáculo para a prospecção e lavra segura do urânio no Brasil.

A discussão sobre o marco regulatório não se limita apenas à produção mineral, mas também à segurança ambiental e à saúde pública. Para os executivos, a chave para o sucesso da mineração de urânio no Brasil está na adoção das melhores práticas para mitigar impactos sociais e ambientais. «Não existe transição energética sem a participação da energia nuclear», afirmam. A INB, com seu compromisso com os mais altos padrões de qualidade, é uma peça central nesse processo, assegurando que a produção de urânio no Brasil seja segura e eficiente.

Em síntese, o Brasil enfrenta um cenário complexo: aproveitar seu potencial mineral, com a entrada do setor privado, sem comprometer a segurança e a sustentabilidade. O aprimoramento do marco regulatório será essencial para garantir que a mineração de urânio seja não apenas rentável, mas também alinhada às melhores práticas ambientais e de governança. O futuro do setor nuclear brasileiro depende dessas decisões, que, se bem orientadas, podem colocar o país na vanguarda da produção de energia limpa e sustentável. ■

“O BRASIL POSSUI UM CENÁRIO PROPÍCIO PARA INVESTIMENTOS NA MINERAÇÃO DE URÂNIO, DESDE QUE O MARCO REGULATÓRIO SEJA FORTALECIDO E A INFRAESTRUTURA SEJA APRIMORADA.”

PROGRAMA DE PARCERIAS EM PROSPECÇÃO E LAVRA DE URÂNIO (PPLU)

O Pró-Urânio, ou Programa de parcerias em prospecção e lavra de urânio e recursos minerais associados, é uma iniciativa que visa construir parcerias entre a INB e o Setor Mineral, de forma a viabilizar a produção doméstica deste importante recurso mineral, eliminando a dependência de importações e permitindo até mesmo sua exportação, trazendo mais um item ao portfólio de produtos da INB e ampliando a geração de caixa. Temos diversos ativos minerários por todo o território nacional, entretanto não temos capacidade operacional, neste momento, para desenvolvê-los.

A proposta é selecionar parceiros qualificados através de licitação, que levará em conta a capacidade operacional e de investimento, além de outros aspectos que se aliam aos princípios corporativos da INB, como a garantia de adoção das melhores práticas ambientais, sociais e de governança (ESG) no desenvolvimento dos projetos. O modelo de parceria se dará por consórcio, no qual a INB disponibiliza o ativo minerário, que já possui um grande volume de investimentos por parte da União, e assume suas responsabilidades delimitadas pelo monopólio estatal, como a exportação do concentrado de urânio que não for destinado ao consumo doméstico. A INB ainda destina ao parceiro o direito de pesquisa produção de substâncias associadas ao urânio, o que agrega valor ao projeto, das quais recebe apenas um pequeno royalty. Por outro lado, o parceiro assume os custos de implantação e operação. O retorno será compartilhado entre as partes, conforme bases estabelecidas em contrato.

MEDICINA NUCLEAR FAVORECE ANÁLISE E TRATAMENTO DE DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS

AVANÇOS TECNOLÓGICOS OFERECEM NOVOS CAMINHOS PARA DIAGNÓSTICO PRECOCE E TRATAMENTOS MAIS EFICAZES

Nos últimos anos, a medicina nuclear tem se consolidado como uma ferramenta promissora na luta contra doenças neurodegenerativas como Alzheimer e Parkinson. O avanço tecnológico, especialmente com o uso de métodos como a tomografia por emissão de pósitrons (PET), permitiu uma nova abordagem no diagnóstico e, possivelmente, no tratamento dessas condições debilitantes. Conversamos com o professor Carlos Alberto Buchpiguel, diretor da Divisão de Medicina Nuclear e Imagem Molecular do Complexo do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP), que compartilha seu conhecimento sobre esses avanços e as perspectivas futuras.

AVANÇOS TECNOLÓGICOS E O DIAGNÓSTICO DAS DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS

De acordo com o professor Carlos Alberto Buchpiguel, a principal evolução nas últimas décadas foi o aprimoramento do conhecimento sobre os mecanismos moleculares que levam ao desenvolvimento das doenças neurodegenerativas. Antigamente, a principal dificuldade estava na falta de ferramentas para identificar essas alterações moleculares em nível subcelular. “Muitos dos modelos de fisiopatologia eram baseados em teorias, sem uma base sólida de evidências diagnósticas”, explica.

Com o avanço da tecnologia, tornou-se possível identificar anomalias na produção ou deposição de proteínas anômalas no cérebro. No caso da doença de Alzheimer, por exemplo, essas proteínas, como a beta-amiloide, se acumulam de maneira patológica, formando aglomerados neurofibrilares que afetam as células nervosas. Tais alterações desencadeiam reações inflamatórias e imunomediadas que resultam na perda neuronal, um processo típico de neurodegeneração.

Essas descobertas permitiram o desenvolvimento de novas formas de diagnóstico e tratamento. O uso de tecnologias de imagem, como o PET, tem sido fundamental para detectar as alterações de forma não invasiva e precocemente. “Hoje, conseguimos visualizar essas proteínas anômalas no cérebro antes mesmo do aparecimento de sintomas clínicos mais graves, o que abre portas para diagnósticos mais rápidos e eficazes”, comenta o professor.

A CONTRIBUIÇÃO DO PET PARA O DIAGNÓSTICO PRECOCE

A tomografia por emissão de pósitrons (PET) tem se destacado por sua capacidade de identificar mudanças moleculares no cérebro, como a deposição de proteínas beta-amiloide, de forma precoce. “Antes, só era possível confirmar esses depósitos através de autópsias, o que dificultava um diagnóstico precoce”, explica Buchpiguel. Hoje, os biomarcadores utilizados em PET permitem detectar esses depósitos de forma não invasiva, ainda nos estágios iniciais da doença.

“SE CONSEGUIRMOS CONCENTRAR ESFORÇOS, PODEMOS ALCANÇAR UM NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO SEMELHANTE AO DOS CENTROS MAIS AVANÇADOS DO MUNDO.”

Esse diagnóstico precoce tem implicações diretas no tratamento. Embora os novos anticorpos que bloqueiam a formação de depósitos de proteínas anômalas tenham mostrado resultados modestos, eleva-se a esperança de que tais terapias possam retardar ou até mesmo interromper a progressão da doença. “Apesar desses tratamentos ainda não trazerem uma cura definitiva, eles representam um avanço significativo em relação ao que tínhamos há poucas décadas”, avalia o especialista.

A identificação dessas anomalias através do PET também permite que médicos selecionem pacientes mais adequados para esses tratamentos inovadores, o que aumenta as chances de sucesso. “Esse é um dos maiores avanços no campo das doenças neurodegenerativas. Conseguimos selecionar aqueles que podem se beneficiar de terapias baseadas em novos medicamentos”, diz Buchpiguel.

DESAFIOS E LIMITAÇÕES DA MEDICINA NUCLEAR

Apesar dos avanços, existem desafios significativos no caminho da medicina nuclear, tanto do ponto de vista tecnológico quanto no acesso das terapias à população. A tecnologia de imagem de ponta e o uso de novos radiofármacos têm um custo elevado, o que limita o acesso, especialmente para pacientes de classes mais baixas. “Os custos de incorporação desses novos tratamentos são altos e muitas vezes não estão disponíveis no sistema público de saúde”, aponta o professor.

Além disso, a pesquisa em medicina nuclear no Brasil enfrenta um obstáculo adicional: as patentes internacionais que protegem esses novos tratamentos. O desenvolvimento de alternativas nacionais e a criação de medicamentos genéricos ainda demandam tempo e investimento, embora a qualificação da comunidade científica brasileira seja um ponto positivo. “O que falta é mais foco e investimento. Se conseguirmos concentrar esforços, podemos alcançar um nível de desenvolvimento semelhante ao dos centros mais avançados do mundo”, afirma Buchpiguel.

O FUTURO DAS TERAPIAS BASEADAS EM MEDICINA NUCLEAR

Quanto ao futuro das terapias nucleares específicas para doenças neurodegenerativas, o professor observa que, embora o uso de agentes radioativos diretamente para destruir proteínas ainda não esteja validado, o conceito de “teranóstico” já está sendo

explorado. «O termo ‘teranóstico’ refere-se ao uso do diagnóstico e da terapia baseados em um mesmo alvo molecular. Já estamos vendo isso com o PET, que utiliza agentes terapêuticos para bloquear a formação de proteínas anômalas, o que representa uma forma de teranóstico», explica.

No entanto, o uso de radiação diretamente para tratar doenças neurodegenerativas, com o objetivo de destruir proteínas danosas no cérebro, ainda enfrenta sérias limitações. «O desafio é garantir que a radiação não afete outros tecidos normais ao redor, o que poderia resultar em danos maiores do que os próprios depósitos de proteínas», ressalta. Por enquanto, esse tipo de terapia permanece no campo da pesquisa, mas abre novas perspectivas para o futuro da medicina nuclear nesse setor. ■

CARLOS BUCHPIGUEL EXPLICA QUE EXAMES DA ÁREA TAMBÉM PODEM SER USADOS PARA DIAGNOSTICAR EPILEPSIAS E AVCs

A tomografia por emissão de pósitrons (PET-CT) é um exame avançado que utiliza radiofármacos e biomarcadores para identificar anormalidades cerebrais, como a presença de proteínas amiloides, típicas de doenças como Alzheimer. Esse exame não apenas detecta alterações patológicas, mas também ajuda a avaliar a disfunção sináptica, o que possibilita um diagnóstico mais preciso e precoce. Além disso, é útil em outras condições neurológicas, como a epilepsia, localizando focos de atividade cerebral anormal, e no diagnóstico de acidentes vasculares cerebrais (AVCs), ao avaliar o fluxo sanguíneo cerebral de forma mais rápida e eficaz que exames convencionais como a ressonância magnética.

Apesar de seus avanços, essas tecnologias ainda são limitadas a centros de excelência, como o Hospital das Clínicas da USP, que desenvolve uma unidade de produção de radiofármacos para atender pacientes do Sistema Único de Saúde (SUS). Isso permite que a população mais vulnerável tenha acesso a esses exames avançados, embora esse tipo de tecnologia ainda não seja amplamente disponível em outras instituições públicas. Na rede privada, esses exames estão mais acessíveis em várias cidades do Brasil, refletindo a disparidade no acesso a essas inovações no país.

SMRS NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO E A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA

PEQUENOS REATORES MODULARES SURGEM COMO ALTERNATIVA PARA DESCARBONIZAR A PRODUÇÃO DE PETRÓLEO EM ÁREAS REMOTAS E COM INFRAESTRUTURA LIMITADA

Nos últimos anos, o mundo tem acompanhado a crescente pressão para a descarbonização da indústria global, especialmente no setor de petróleo e gás. Embora a transição energética seja um processo complexo, novas tecnologias estão surgindo como alternativas viáveis para garantir a continuidade da produção enquanto se busca redução nas emissões de gases de efeito estufa.

Dentre as inovações que mais chamam a atenção, destacam-se os Pequenos Reatores Modulares (SMRs), que estão sendo avaliados por empresas do setor como uma solução potencialmente revolucionária. Para entender melhor como esses reatores podem ser aplicados à indústria do petróleo, conversamos com o professor Aquilino Senra, do Programa de Engenharia Nuclear COPPE/UFRJ, especialista em energia nuclear e suas aplicações industriais.

SMRS: A FLEXIBILIDADE NO FORNECIMENTO DE ENERGIA PARA REGIÕES REMOTAS

O professor Aquilino explica que os SMRs representam uma classe emergente de reatores nucleares, menores e mais flexíveis do que os reatores convencionais. “A análise inicial dos SMRs mostrou que esses reatores estão bem adaptados ao perfil de demanda existente no processamento de petróleo, apresentando um fornecimento viável e livre de carbono de calor e energia elétrica.”

Essa característica é especialmente relevante em regiões remotas ou com infraestrutura limitada, onde o fornecimento de energia é um desafio constante. “Os SMRs podem ser acomodados no local de uma instalação de produção de petróleo, fornecendo uma fonte confiável e contínua de energia elétrica e térmica. A operação contínua a plena potência

dos SMRs pode ser mantida por períodos de 36 até 120 meses, o que permite uma operação estável e sem interrupções”, explica o professor.

A grande vantagem aqui, de acordo com Aquilino, é que, após esse período, a reposição do reator pode ser feita rapidamente, sem impactar significativamente a operação da planta de petróleo. “A alternativa do uso de SMRs elimina a dependência de combustíveis fósseis transportados para o local, o que não só reduz custos logísticos, mas também elimina as vulnerabilidades associadas a interrupções no suprimento de combustível.”

VANTAGENS E DESAFIOS TÉCNICOS

Uma das maiores vantagens dos SMRs em comparação com fontes tradicionais de energia, como geradores a diesel, é a sua capacidade de operar de forma contínua e confiável por anos. “Os SMRs fornecem uma energia de base estável, essencial para indústrias que consomem grandes quantidades de energia, como a do petróleo. Além disso, são escaláveis e podem ser instalados de acordo com a necessidade crescente de produção”, detalha o professor Aquilino.

A flexibilidade dos SMRs também é destacada pelo especialista. O tamanho compacto desses reatores permite que sejam transportados para locais remotos, seja por via terrestre ou marítima, e instalados rapidamente. Para a indústria do petróleo, essa característica é fundamental, pois muitas operações estão situadas em locais de difícil acesso. “A modularidade dos SMRs é um grande diferencial. Eles são pequenos e podem ser dimensionados de acordo com as necessidades específicas de cada instalação. Isso evita o uso excessivo de potência, algo que poderia inviabilizar economicamente a aplica-

“OS SMRS NÃO COMPETEM COM AS USINAS NUCLEARES CONVENCIONAIS, MAS ALARGAM A UTILIZAÇÃO E O POTENCIAL DA TECNOLOGIA NUCLEAR PARA O PROCESSO DE DESCARBONIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO OFFSHORE.”

ção de reatores maiores”, afirma Aquilino.

Além disso, os SMRs são capazes de fornecer calor de processo, que é utilizado em diversas funções da indústria de petróleo, como refino, produção de fertilizantes e até a produção de hidrogênio. “A produção híbrida de energia elétrica e calor de processo de alta qualidade é um grande benefício. Temperaturas de saída entre 250°C e 500°C são ideais para processos como a dessulfurização de óleo pesado e a produção de metanol”, acrescenta o especialista.

Entretanto, apesar de suas inúmeras vantagens, o uso de SMRs apresenta desafios técnicos. A gestão de resíduos nucleares é um dos principais pontos de preocupação. “Os resíduos gerados pelos reatores nucleares exigem um armazenamento seguro por períodos prolongados, o que exige infraestrutura adequada”, explica o professor Aquilino. Ele também alerta sobre a resistência de algumas parcelas da sociedade em relação ao uso de tecnologia nuclear, muitas vezes associada a riscos de segurança e acidentes nucleares.

SEGURANÇA E SUSTENTABILIDADE: O FUTURO DOS SMRS

Em termos de segurança, os SMRs apresentam vantagens significativas em comparação a fontes tradicionais de energia. O professor Aquilino detalha que, devido ao seu design modular, esses reatores podem ser instalados em locais mais protegidos, como estruturas subterrâneas, o que os torna menos vulneráveis a eventos externos e a possíveis falhas. “O uso

de sistemas passivos e inovadores de segurança, que dependem de forças naturais como gravidade e convecção, torna os reatores do tipo SMR mais confiáveis. Além disso, muitos modelos utilizam combustíveis intrinsecamente mais seguros, como as pastilhas TRISO, que possuem uma tripla camada de proteção e suportam temperaturas extremamente altas.”

No que diz respeito à sustentabilidade, os SMRs se destacam pela ausência de emissões de dióxido de carbono (CO₂) ou outros gases de efeito estufa durante sua operação. “A utilização dos SMRs para a geração de eletricidade e calor sem a queima de combustíveis fósseis é uma contribuição significativa para a mitigação das mudanças climáticas”, aponta Aquilino.

DESAFIOS REGULATÓRIOS E O POTENCIAL DE ADOÇÃO EM LARGA ESCALA

Apesar dos avanços promissores, o professor Aquilino destaca que existem desafios significativos no caminho para uma adoção mais ampla dos SMRs na indústria do petróleo. “Existem questões legais e regulamentares que precisam ser enfrentadas. O licenciamento da instalação e operação de SMRs é um processo complexo, que requer um arcabouço legal sólido para garantir a segurança e a eficácia da tecnologia.”

Ele aponta ainda que, apesar de sua grande utilidade para a descarbonização do setor, os SMRs não competem diretamente com as usinas nucleares convencionais, mas sim ampliam o potencial da energia nuclear. “Os SMRs são uma solução viável para a produção de eletricidade e calor em operações de petróleo offshore, algo que as usinas nucleares convencionais não conseguem oferecer devido à sua escala e infraestrutura mais complexa.”

A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

A adoção dos SMRs na indústria do petróleo pode representar uma revolução silenciosa, especialmente quando se trata de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e alcançar as metas globais de redução de emissões de carbono. No entanto, como aponta o professor Aquilino, ainda há desafios legais e técnicos a serem superados antes que os SMRs possam ser implantados em larga escala. A boa notícia é que o interesse por essa tecnologia está crescendo, e, com o tempo, ela pode se tornar um pilar central na busca por uma indústria de petróleo mais limpa e sustentável. ■

MIKHAIL CHUDAKOV, DIRETOR GERAL ADJUNTO E CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR DA AIEA

Em entrevista exclusiva à Conexão Nuclear, Mikhail Chudakov, Diretor Geral Adjunto e Chefe do Departamento de Energia Nuclear da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), compartilhou suas perspectivas sobre os desafios e oportunidades no setor nuclear e detalhou como a colaboração internacional, especialmente com a AIEA, pode fortalecer as iniciativas brasileiras no campo nuclear. Confira, a seguir, a íntegra da entrevista.

1 – Sr. Chudakov, é um grande privilégio contar com sua participação na NT2E no Brasil. Quais são suas principais expectativas em relação a esse evento, especialmente em termos de fortalecimento da cooperação internacional no setor nuclear?

A cooperação internacional é vital para o sucesso a longo prazo do setor nuclear. A feira Nuclear Trade & Technology Exchange tem desempenhado um papel importante na promoção do setor nuclear na América Latina há mais de três décadas, e espero que a edição deste ano sirva mais uma vez como uma plataforma dinâmica para fortalecer os acordos de cooperação existentes e destacar novas oportunidades de colaboração.

2 – A AIEA tem desempenhado um papel fundamental no apoio aos países em sua jornada de transição energética. Como o Brasil, com seus projetos nucleares em desenvolvimento, pode se beneficiar da colaboração com a AIEA e com outros países da região?

O Brasil já está se engajando ativamente com a AIEA, que serve como a principal plataforma para o diálogo internacional e o intercâmbio de conhecimento em campos relacionados à energia nuclear e oferece uma gama de serviços de apoio a países que estão apenas começando sua jornada de energia nuclear, bem como àqueles com programas estabelecidos. Isso inclui missões de revisão por pares para avaliar práticas em energia nuclear, segurança e proteção, bem como cursos de treinamento, workshops e outras atividades. O Brasil, é claro, se enquadra na última categoria, com experiência operacional em energia nuclear que



Foto: Dean Calma / IAEA

remonta ao início da década de 1980. Mas o setor de energia nuclear está em constante evolução, com a introdução de novas tecnologias e a otimização das práticas operacionais. Sempre há mais a aprender. Até mesmo os operadores mais experientes podem - e devem - se esforçar para melhorar. E além de se envolver com a AIEA, o Brasil também pode consultar outros países que operam com energia nuclear na região e em todo o mundo para aproveitar as lições aprendidas em seus projetos.

3 – Com o foco cada vez maior em sustentabilidade e segurança energética, quais são os desafios mais críticos enfrentados pela comunidade nuclear global atualmente e como a AIEA está lidando com eles?

Embora a energia nuclear tenha ganhado impulso nos últimos anos e continue a crescer, há vários obstáculos que precisam ser superados para garantir sua sustentabilidade no futuro. Garantir o financiamento adequado é um desses obstáculos. Em 2024, a AIEA aumentou suas projeções anuais para a expansão da energia nuclear pelo quarto ano consecutivo. Para que esse cenário se torne realidade, será necessário um grande aumento no investimento global - pelo menos 125 bilhões de dólares por ano, acima dos cerca de 50 bilhões de dólares gastos anualmente de 2017 a 2023. A AIEA está ajudando os países a analisarem como podem obter financiamento adicional para a energia nuclear, inclusive do setor privado. A última edição do nosso relatório sobre Mudança Climática e Energia Nuclear, focada em finanças, detalha maneiras de alcançar esse objetivo, como a adoção de medidas para aumentar a confiança dos investidores por meio da garantia de construção e previsibilidade de custos, bem como o compromisso de construir várias unidades de reatores.

A capacitação e o desenvolvimento da força de trabalho também são fundamentais. O desenvolvimento proativo de talentos é essencial para atender às necessidades crescentes do setor nuclear. A AIEA projeta que haverá mais de 4 milhões de pessoas trabalhando no setor de energia nuclear até 2050. Espera-se que um terço da força de trabalho atual se aposente até 2030, e mais de um milhão de novos profissionais serão necessários para preencher as lacunas deixadas pelas aposentadorias e apoiar a expansão significativa da energia nuclear. São necessárias práticas sólidas de gerenciamento de conhecimento e desenvolvimento de recursos humanos. O suporte da IAEA nessa área inclui a International Nuclear Management Academy (INMA), que auxilia as universidades na criação de programas de mestrado em gerenciamento de tecnologia nuclear, bem como as Nuclear Knowledge Management Schools (Escolas de Gerenciamento de Conhecimento Nuclear), que fornecem educação e treinamento a jovens profissionais sobre o desenvolvimento e a implementação de programas de gerenciamento de conhecimento nuclear em organizações de ciência e tecnologia nuclear.

4 – A energia nuclear tem sido uma peça-chave no debate sobre a descarbonização da matriz energética. Qual é a sua visão sobre o futuro papel da energia nuclear nas políticas energéticas globais, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil?

A decisão de introduzir ou expandir um programa de energia nuclear cabe exclusivamente aos países que estão con-

siderando suas diversas opções energéticas. Esse é um processo longo e potencialmente complexo que reflete a importância de assumir ou expandir o compromisso de longo prazo necessário para um programa de energia nuclear bem-sucedido. Estamos entusiasmados em ver tantos países entusiasmados com a energia nuclear e, de fato, todos os sinais apontam para a expansão da capacidade de energia nuclear nos próximos anos. Existe agora um consenso global, estabelecido na COP28 em Dubai, de que a transição para a energia limpa precisa da energia nuclear. A energia nuclear foi incluída no Global Stocktake durante essa reunião fundamental, com os 198 países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas pedindo para acelerar a implantação de tecnologias de energia limpa, incluindo a energia nuclear. No mesmo evento, 22 países se comprometeram a trabalhar para triplicar a capacidade de energia nuclear até 2050, um número que, desde então, aumentou para 31. Está claro que a energia nuclear tem um papel a desempenhar tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento, e não apenas na geração de eletricidade. A energia nuclear também pode impulsionar várias aplicações não elétricas, incluindo dessalinização da água do mar, produção de hidrogênio e aquecimento urbano.

O futuro da energia nuclear parece promissor, mas ainda há muito a ser feito para garantir que a energia nuclear atinja os patamares que sabemos que ela é capaz de atingir.

5 – O Brasil tem grandes projetos nucleares em andamento, como a construção de novas usinas. Quais são as principais recomendações da AIEA para garantir que esses projetos atendam aos mais altos padrões de segurança e eficiência operacional?

A segurança é absolutamente primordial em todas as instalações nucleares, incluindo, é claro, as usinas nucleares. A segurança nuclear é responsabilidade de cada país individualmente. A IAEA fornece orientação sobre boas práticas por meio de seus Padrões de Segurança e revisões internacionais, além de realizar workshops, cursos de treinamento e publicações técnicas como a nossa Série de Energia Nuclear e outras atividades de capacitação.

A eficiência operacional também é essencial para a sustentabilidade da energia nuclear. As usinas nucleares podem fornecer energia de base ou operar no modo de “acompanhamento de carga”, ajustando sua energia de acordo com as mudanças em tempo real na demanda de eletricidade. Práticas sólidas de capacitação também podem aumentar a eficiência da usina. Operadores bem treinados são operadores eficientes. ■

EXTENSÃO DE VIDA DE ANGRA 1 COM SEGURANÇA E EFICIÊNCIA

ELETRONUCLEAR SE PREPARA PARA GARANTIR A OPERAÇÃO DA USINA ATÉ 2044 COM UM ROBUSTO PROGRAMA DE MODERNIZAÇÕES E INVESTIMENTOS EM SEGURANÇA

A Usina Nuclear Angra 1, uma das mais importantes fontes de energia para o Brasil, está passando por um processo de extensão de sua vida útil, que permitirá sua operação até 2044. Este movimento tem sido um grande desafio para a Eletronuclear, a empresa responsável pela gestão da usina, que está investindo recursos substanciais e implementando mudanças significativas para garantir sua segurança e eficiência nos próximos 20 anos.

Em entrevista exclusiva à Conexão Nuclear, Sinval Gama, diretor técnico da Eletronuclear, detalhou as principais dificuldades enfrentadas pela empresa durante esse processo e os investimentos necessários para garantir a operação contínua de Angra 1.

DESAFIOS TÉCNICOS E OPERACIONAIS

“O programa de extensão da vida útil de Angra 1 envolve um conjunto de projetos técnicos e operacionais para garantir a preservação dos níveis de segurança e o aprimoramento do desempenho da usina”, explica Gama. Segundo o diretor, as atividades do programa englobam a gestão do envelhecimento, a modernização de sistemas e a implementação de novos requisitos para atender às exigências dos órgãos reguladores, como a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

O processo, que já está em andamento há mais de



Foto: Rodrigo Saldon

20 anos, incluiu uma análise rigorosa de todos os aspectos técnicos, operacionais e financeiros da usina, resultando em uma série de modernizações e substituições de equipamentos críticos. “A renovação da licença de operação foi solicitada em 2019, após uma avaliação detalhada e com base em lições aprendidas em usinas ao redor do mundo. Isso culminou na extensão da operação da usina até 2044, uma decisão aprovada em dezembro de 2024”, afirmou Gama.

INVESTIMENTOS SIGNIFICATIVOS PARA GARANTIR SEGURANÇA E EFICIÊNCIA

O programa de extensão da vida útil de Angra 1 requer um investimento significativo, estimado em cerca de R\$ 3,2 bilhões. Esses recursos serão aplicados em diversos projetos, desde a modernização de sistemas de controle até a substituição de componentes essenciais para a segurança e o desempenho da usina. Gama detalha alguns dos principais projetos: “Estamos investindo na substituição de sensores, válvulas de segurança, sistemas de monitoramento e na modernização dos sistemas elétricos e de instrumentação, além de melhorias nas turbinas e nos sistemas de refrigeração”.

Esses investimentos, segundo ele, não só visam garantir a operação segura da usina, mas também promovem benefícios econômicos e sociais para a região ao redor da unidade. “Os projetos estão gerando empregos e renda para as comunidades locais, além de assegurar a continuidade da operação da usina, que é fundamental para o abastecimento de energia do país”, destacou o diretor.

IMPACTO NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

A manutenção de Angra 1 em operação até 2044 tem um impacto direto na matriz energética brasileira, contribuindo com 640 MW de geração de energia firme, essencial para o Sistema Interligado Nacional. “A usina continuará a fornecer energia estável e de base, sem a necessidade de reforços adicionais no sistema de transmissão”, afirmou Gama. Ele destaca que, com o investimento necessário para a extensão de vida, a usina será essencial para atender à crescente demanda de energia no Brasil.

COMPROMISSO COM A SEGURANÇA AMBIENTAL E DAS COMUNIDADES

Um dos pontos mais críticos do processo de extensão da vida útil de Angra 1 foi o atendimento às exi-

gências ambientais e de segurança. A preservação ambiental e a segurança das comunidades locais são garantidas através de extensivo programa de monitoração, abrangente para toda a região do entorno, para verificar, registrar e garantir que não haja impactos ambientais relacionados à operação das usinas. “Cumprimos rigorosamente todas as exigências dos órgãos reguladores, como CNEN e IBAMA, para garantir que a operação da usina seja segura e responsável”, afirma Gama.

LIÇÕES PARA O FUTURO

Com a experiência adquirida na operação de Angra 1, a Eletronuclear planeja aplicar as lições aprendidas na modernização e operação dos demais empreendimentos, como Angra 2 e 3. “Estamos constantemente aprimorando nossos processos, com base nas lições de Angra 1, para garantir que as futuras operações sejam ainda mais seguras e eficientes”, diz Gama. O programa de extensão da vida útil de Angra 2, por exemplo, já está sendo planejado, com estudos iniciando agora para garantir que a unidade também possa operar por mais 20 anos.

A decisão de estender a vida útil de Angra 1 é um passo importante para a continuidade da produção de energia no Brasil, garantindo um futuro energético mais seguro e sustentável. A Eletronuclear continua a investir na modernização de suas instalações, mantendo um compromisso firme com a segurança, a eficiência e a sustentabilidade, elementos fundamentais para a operação a longo prazo da usina. ■

“ OS PROJETOS ESTÃO GERANDO EMPREGOS E RENDA PARA AS COMUNIDADES LOCAIS, ALÉM DE ASSEGURAR A CONTINUIDADE DA OPERAÇÃO DA USINA, QUE É FUNDAMENTAL PARA O ABASTECIMENTO DE ENERGIA DO PAÍS.”

TAXONOMIA SUSTENTÁVEL: O PAPEL DA ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL

É HORA DE APRENDER COM O EXEMPLO DE OUTROS PAÍSES

Nos últimos anos, a discussão sobre taxonomias sustentáveis tem ganhado relevância mundial como uma ferramenta essencial para guiar investimentos e iniciativas empresariais alinhadas com os objetivos de desenvolvimento sustentável. Essas classificações definem quais atividades econômicas podem ser consideradas sustentáveis, promovendo um futuro mais verde e resiliente. Desta forma, a energia nuclear se destaca como uma solução estratégica para a descarbonização, a segurança energética e o desenvolvimento econômico global.

Países como China e membros da União Europeia já reconheceram a energia nuclear como uma atividade que contribui significativamente para a transição energética. Na União Europeia, ela foi incluída na Taxonomia Sustentável como uma “atividade de transição”, desde que cumpra critérios rigorosos, como a gestão segura de rejeitos radioativos e garantias financeiras para o descomissionamento. Já na China, o setor nuclear foi considerado uma tecnologia verde, fomentando investimentos em reatores avançados e em fontes de baixa emissão de carbono.

No Brasil, entretanto, a energia nuclear ainda não foi incluída na Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB), um ponto que tem gerado preocupação entre especialistas e stakeholders do setor. Essa ausência é vista como uma lacuna crítica, dado o papel da energia nuclear na matriz energética nacional e sua contribuição para as metas climáticas globais.

A ENERGIA NUCLEAR É ESSENCIAL PARA O BRASIL

Segundo Eliene Silva, da coordenação de Taxonomia Brasileira do Comitê de Sustentabilidade da ABDAN, “a exclusão da energia nuclear da Taxonomia Sustentável Brasileira não condiz com o papel estratégico dessa fonte para o país e para o mundo. Enquanto o Brasil hesita em reconhecê-la, outras nações já colhem os benefícios de sua inclusão nas taxonomias locais”. Para Silva, incluir a energia nuclear na TSB não apenas atrairia novos investimentos, mas também fortaleceria a posição do Brasil no cenário energético internacional.

Leonardo Paredes, consultor técnico da ABDAN, destaca que “a energia nuclear é amplamente reconhecida como limpa e segura, e sua exclusão da TSB é um contrassenso em relação às melhores práticas internacionais”. Ele resalta que a energia nuclear não é apenas uma solução para

a descarbonização, mas também um alicerce para garantir a segurança energética e promover o desenvolvimento socioeconômico em diversas regiões do Brasil.

O URÂNIO COMO RECURSO ESTRATÉGICO

A inclusão do urânio na taxonomia também é uma questão de grande importância. O Brasil possui a sétima maior reserva de urânio do mundo, e esse recurso estratégico pode ser explorado de forma moderna e responsável. “A mineração de urânio tem evoluído com tecnologias mais sustentáveis, reduzindo impactos ambientais e oferecendo oportunidades de desenvolvimento regional”, explica Leonam dos Santos Guimarães, diretor técnico da ABDAN.

Leonam também reforça que o Brasil tem o potencial de se tornar um importante exportador de urânio, contribuindo não apenas para a economia nacional, mas também para a segurança energética global. “O urânio é fundamental para a autossuficiência do Programa Nuclear Brasileiro, permitindo que o país atenda às suas necessidades internas e ainda expanda sua presença no mercado internacional”, afirma.

UM FUTURO COM ENERGIA LIMPA E SEGURA

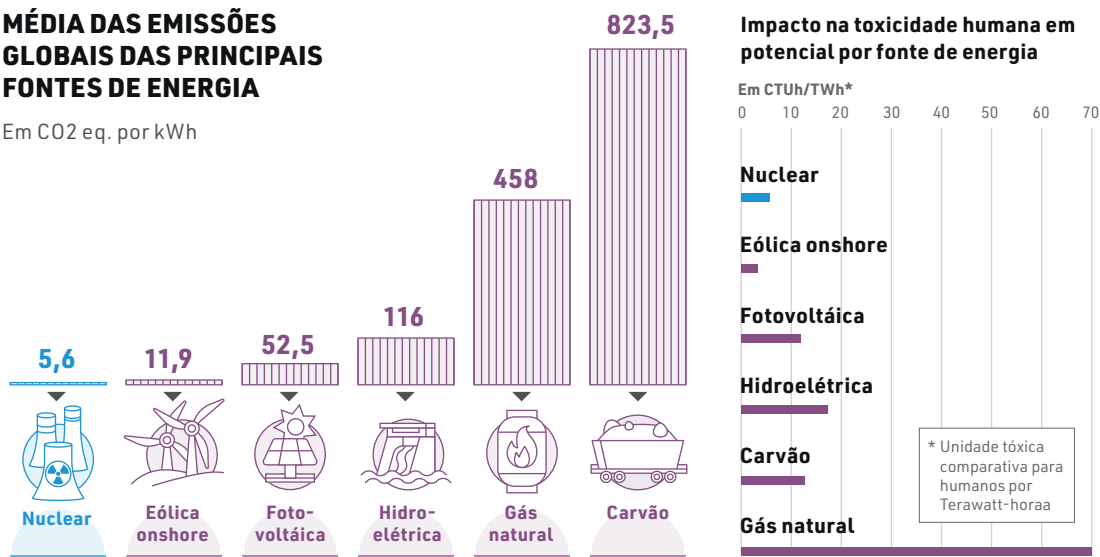
O consenso entre os especialistas é claro: a energia nuclear e o urânio são fundamentais para o futuro energético do Brasil e para sua contribuição nas metas globais de sustentabilidade. A exclusão dessa fonte da Taxonomia Sustentável Brasileira representa um retrocesso em um momento em que o mundo reconhece a energia nuclear como uma solução indispensável para a transição energética.

“Seguir o exemplo da China e de países da União Europeia é uma oportunidade para o Brasil reafirmar seu compromisso com o Acordo de Paris e atrair os investimentos necessários para a expansão de sua matriz nuclear”, conclui Leonardo Paredes. Além disso, incluir a energia nuclear na TSB permitiria ao país fortalecer a cooperação internacional, estimular a inovação tecnológica e criar uma matriz energética mais limpa, segura e competitiva.

Portanto, a decisão de abraçar a energia nuclear e o urânio como soluções sustentáveis é mais do que estratégica: é essencial para garantir que o Brasil desempenhe um papel de liderança na transição energética global.

MÉDIA DAS EMISSÕES
GLOBAIS DAS PRINCIPAIS
FONTES DE ENERGIA

Em CO2 eq. por kWh



Fonte: UNECE, 2022

TAXONOMIAS

1. UNIÃO EUROPEIA

A energia nuclear é reconhecida na Taxonomia da União Europeia como uma atividade de transição dentro do contexto da mitigação das mudanças climáticas, sendo sujeita a critérios técnicos rigorosos para garantir sua sustentabilidade. Entre os requisitos estão a gestão segura de resíduos nucleares, a garantia de que não cause danos significativos a outros objetivos ambientais e a segurança financeira para o descomissionamento e a gestão dos resíduos. Embora o urânio não seja explicitamente listado como material crítico, ele é essencial para o funcionamento dos reatores nucleares que se enquadram nos critérios sustentáveis da Taxonomia da União Europeia.

2. CHINA (TAXONOMIA VERDE CHINESA)

Na China, a energia nuclear é classificada como uma tecnologia verde, com incentivos significativos para investimentos em novos projetos nucleares e no desenvolvimento de reatores avançados. O urânio, embora não explicitamente detalhado, é reconhecido implicitamente em razão de sua importância crucial para o programa nuclear da China, que é um dos mais ambiciosos do mundo, já que tem como proposta o planejamento e a construção de mais 158 reatores nucleares [1]. Portanto, esse mineral é essencial para a estratégia energética do país.

3. ESTADOS UNIDOS

Os Estados Unidos possuem 95 reatores nucleares em operação e planejam construir mais 13 [1] e [3]. Embo-

ra o país não possua uma taxonomia formal, o governo dos EUA considera a energia nuclear uma fonte limpa e a incentiva por meio de políticas como o Inflation Reduction Act, que apoia a transição para fontes de energia de baixo carbono. O urânio é listado como material crítico pelo U.S. Geological Survey, dada sua importância estratégica para a segurança energética e o abastecimento dos reatores nucleares no país.

4. CANADÁ

Com 17 reatores em operação tem 9 reatores propostos [1]. A energia nuclear é uma parte fundamental das estratégias de transição energética do Canadá, sendo incorporada aos critérios de financiamento sustentável devido ao seu papel na redução das emissões de carbono. O urânio, embora não explicitamente detalhado na taxonomia do país, é implicitamente considerado devido à posição do Canadá como um dos maiores produtores mundiais de urânio [2], o que reforça sua relevância para o setor nuclear.

[1] World Nuclear Association (WNA), 2025: <https://wna.org/indigital.co/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide>

[2] World Nuclear Association (WNA), 2024: <https://world-nuclear.org/Information-Library/Facts-and-Figures/Uranium-production-figures>

[3] World Nuclear Industry Status Report, 2025: <https://www.worldnuclearreport.org/reactors.html#tab=iso>

POR QUE O BRASIL INSISTE EM IGNORAR O CUSTO REAL DA ENERGIA?

COMO DISTORÇÕES NA COMPARAÇÃO ENTRE FONTES DE ENERGIA IMPACTAM O FUTURO ENERGÉTICO DO PAÍS

O debate sobre a transição energética no Brasil tem sido marcado por uma visão parcial e, muitas vezes, equivocada dos custos reais da geração de eletricidade. A comparação simplista entre o custo nivelado de energia (LCOE) da fonte nuclear e das fontes renováveis variáveis, como solar e eólica, ignora fatores essenciais, como os custos sistêmicos, a necessidade de backup e a estabilidade da rede. E essa distorção tem um preço alto para o consumidor e para a segurança energética do país.

A ABDAN e as demais entidades e empresas do setor têm trazido esse tema à tona repetidamente, mas enfrentam resistência de parte de alguns atores que insistem em uma comparação errônea e incompleta. A discussão sobre custos não pode se limitar ao nível da planta, pois, ao contrário do que se quer vender, a energia gerada nem sempre estará disponível no momento de maior demanda. O que acontece quando as fontes intermitentes não conseguem suprir a carga necessária? Quem paga a conta pela instabilidade do sistema?

A solução mais rápida e natural é recorrer às térmicas a gás, mas essa escolha também gera custos adicionais, principalmente em um contexto em que o preço do carbono deverá atingir US\$ 100 por tonelada após 2030 – quando há previsão do funcionamento de Angra 3 –, conforme apontam as principais publicações internacionais. Nos EUA e na Europa, essa discussão já é realidade, enquanto no Brasil a opção por ignorar esse fator segue beneficiando apenas quem se recusa a enxergar o futuro.

Outro ponto negligenciado é a dependência das hidrelétricas como backup para as fontes intermitentes. O Brasil enfrenta desafios crescentes com crises hídricas, queimadas e o múltiplo uso da água para agricultura, consumo humano e navegação. Quando não há água suficiente, restam as térmicas e o alto custo que essas operações impõem ao consumidor.

Mesmo soluções como a adoção de baterias para complementar a intermitência da solar e da eólica esbarram em limitações econômicas. Atualmente, o custo nivelado

de energia de uma bateria gira em torno de US\$ 200 por megawatt-hora, um valor proibitivo que poucos estão dispostos a considerar nas comparações.

Enquanto isso, a energia nuclear segue marginalizada do debate, apesar de ser uma solução confiável, com custo previsível e baixa emissão de carbono. Nos países desenvolvidos, essa realidade está consolidada, com 28 nações comprometidas em triplicar a capacidade de nuclear até 2050, conforme acordado nas COPs 28 e 29. Por que o Brasil está na contramão desse movimento global?



O QUE O MUNDO FALA?

Para aprofundar essa discussão e trazer uma visão internacional ao debate, a ABDAN considerou estudos de especialistas das principais instituições globais do setor: a NEA (Nuclear Energy Agency), a IAEA (International Atomic Energy Agency), a WNA (World Nuclear Association) e a IEA (International Energy Agency). Esses estudos esclarecem por que os custos da geração elétrica devem ser analisados de forma ampla e realista, levando em conta não apenas o custo da planta, mas também os impactos sistêmicos e as externalidades ambientais e econômicas.

A verdade é que o Brasil não pode mais se dar ao luxo de ignorar essa realidade. Manter a comparação distorcida entre fontes de energia é insistir em um erro que sai caro para o consumidor e para a segurança energética do país. O debate precisa ser técnico e embasado, e não manipulado por interesses que perpetuam uma visão equivocada do setor elétrico brasileiro.

“COMPARAR APENAS O CUSTO DA GERAÇÃO NA PLANTA, SEM CONSIDERAR OS CUSTOS SISTÊMICOS E AS EXTERNALIDADES, LEVA A DECISÕES EQUIVOCADAS QUE PODEM COMPROMETER A SEGURANÇA ENERGÉTICA DO PAÍS.”



PARADIGMA DO HELIOCENTRISMO

Por séculos, o conhecimento humano sobre a natureza foi moldado pela observação direta, muitas vezes superficial. Um exemplo clássico é a crença no geocentrismo: ao olhar para o céu, parecia evidente que o Sol girava em torno da Terra. Essa ideia prevaleceu por muito tempo, apesar da proposta de Aristarco de Samos, no século III a.C., que já sugeria que o Sol, e não a Terra, era o centro do Universo. Somente muitos séculos depois, no século XVII, Nicolau Copérnico organizou e fundamentou o modelo heliocêntrico, abrindo caminho para que cientistas como Kepler, Galileu e Newton consolidassem essa visão, que hoje é um consenso científico.

Um erro semelhante ocorre no debate energético, especialmente no Brasil. Muitos analistas – e até mesmo especialistas – comparam os custos de geração de diferentes fontes de energia sem

considerar critérios adequados. A simples análise do LCOE (Levelized Cost of Electricity) ao nível da planta não reflete a complexidade do sistema elétrico, pois cada tecnologia tem atributos específicos e custos adicionais, como backup e estabilidade da rede. Desde 2015, a OECD/NEA-IEA já alertava que essas comparações deveriam incluir custos sistêmicos e externalidades, como a precificação do carbono. No entanto, quem aponta essa necessidade muitas vezes é tratado como um dissidente, desconsiderando-se a importância de um debate mais profundo e fundamentado. Assim como Galileu, diante da Inquisição, reafirmou sua visão com um “E pur si muove!”, a matemática e a teoria dos conjuntos ensinam que antes de somar números, é essencial entender as categorias envolvidas – caso contrário, é como misturar maçãs e laranjas na mesma conta. ■

ENERGIA NUCLEAR NO MAR: O FUTURO DA SUSTENTABILIDADE E DA SEGURANÇA ENERGÉTICA

PROPULSÃO DE NAVIOS, GERAÇÃO DE ENERGIA EM PORTOS OU SUPRIMENTO ENERGÉTICO PARA OPERAÇÕES OFFSHORE

A busca por soluções energéticas limpas e sustentáveis tem impulsionado o desenvolvimento da energia nuclear para aplicações marítimas. Seja para a propulsão de navios, a geração de energia em portos ou o suprimento energético para operações offshore, a energia nuclear surge como uma alternativa viável para a descarbonização do setor marítimo.

A ORIGEM DA ENERGIA NUCLEAR MARÍTIMA

«A geração nuclear nasceu para o mar», afirma Leonam Guimarães, diretor técnico da ABDAN. A propulsão nuclear foi pioneira na década de 1950, com submarinos nucleares permitindo operações autônomas e de longa duração sem a necessidade de reabastecimento. Desde então, diversos países, como Estados Unidos, Rússia, França e China, expandiram a utilização da energia nuclear para aplicações não militares, incluindo embarcações comerciais e usinas flutuantes.

Renato Cotta, consultor técnico da Diretoria Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha, reforça a importância histórica dessa tecnologia: «A geração nuclear offshore tem sido empregada em meios navais militares desde a década de 50, permitindo operações de longa duração sem necessidade de reabastecimento».

O PAPEL DOS PEQUENOS REATORES MODULARES (SMRS)

Os Pequenos Reatores Modulares (SMRs) estão revolucionando o setor nuclear e já existem pelo menos 81 projetos de SMRs em desenvolvimento globalmente, com pelo menos 10 voltados para aplicações marítimas. «China, Dinamarca, Rússia, Coreia do Sul, Canadá e EUA estão investindo fortemente em SMRs para aplicações náuticas, o que promete transformar o transporte marítimo e a infraestrutura portuária», explica Guimarães.

Renato Cotta, também professor titular da POLI & CO-PPE – UFRJ, complementa: «Usinas nucleares offshore têm

sido apresentadas como soluções mais seguras, de menor custo e implantação menos complexa. Além disso, há projetos de geração nuclear submarina, como o FlexBlue da França, que podem atender às necessidades de eletricidade em regiões costeiras e insulares».

Cotta destaca um potencial específico para o Brasil: «A Petrobras já estuda o uso de geração nuclear offshore para exploração do pré-sal, devido ao alto teor de CO₂ desses campos e à necessidade de reinjeção do gás».

BENEFÍCIOS DA ENERGIA NUCLEAR NO MAR

A energia nuclear oferece inúmeras possibilidades para a transição energética do setor marítimo. Algumas das principais aplicações incluem:

- Propulsão nuclear para navios: embarcações movidas a energia nuclear podem operar por longos períodos sem reabastecimento e reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa.
- Energia para operações portuárias: SMRs podem fornecer eletricidade confiável e limpa para portos e complexos industriais costeiros.
- Produção de combustíveis de baixo carbono: a energia nuclear pode ser utilizada para a produção de hidrogênio e amônia, alternativas promissoras para o setor marítimo.
- Energia para operações offshore de petróleo e gás: plataformas de extração demandam grande quantidade de energia, e os SMRs podem garantir um fornecimento estável e sustentável.
- Reatores submarinos: projetos como o FLEXBLUE, da França, propõem a implantação de reatores nucleares submersos para abastecer plataformas offshore, garantindo eficiência e segurança energética.

DESAFIOS E REGULAÇÃO INTERNACIONAL

Apesar de seu potencial, a adoção da energia nuclear no mar enfrenta desafios. “Segurança, regulamentação e aceitação pública são barreiras a serem superadas”, alerta Guimarães.

Renato Cotta ressalta que a segurança regulatória é essencial para o avanço da tecnologia: «A Secretaria Naval de Segurança Nuclear e Qualidade da Marinha tem se preparado para o licenciamento de centrais nucleares flutuantes civis, em parceria com a CNEN e a AIEA”.

PRINCIPAIS DESAFIOS:

- **Segurança e proteção ambiental:** a operação de reatores em ambientes marítimos exige protocolos rigorosos para evitar vazamentos e incidentes.
- **Regulação internacional:** a ausência de um marco regulatório global para reatores marítimos dificulta a expansão da tecnologia. Entidades como a International Maritime Organization (IMO) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) trabalham para estabelecer normas.
- **Aceitação pública:** a percepção de risco associada à energia nuclear ainda gera resistência em alguns setores.
- **Investimentos elevados:** o custo inicial de implantação de SMRs para aplicações marítimas ainda é um fator que demanda incentivos e parcerias estratégicas.

PERSPECTIVAS PARA O BRASIL

O Brasil tem uma posição privilegiada para o desenvolvimento da energia nuclear no mar. “Temos expertise consolidada na construção do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) e no programa de propulsão nuclear da Marinha”, destaca Guimarães. Isso coloca o país em uma posição estratégica para avançar no setor.

Cotta enfatiza: “A experiência do Brasil com o desenvolvimento do LABGENE e do RMB nos dá uma base sólida para avançarmos na implementação de SMRs navais e offshore”.

PRINCIPAIS OPORTUNIDADES PARA O BRASIL:

- Desenvolvimento de embarcações comerciais e militares movidas a energia nuclear.
- Uso de reatores nucleares para fornecer eletricidade a plataformas de petróleo e gás.
- Implantação de SMRs para abastecer comunidades costeiras e ribeirinhas.
- Parcerias entre Marinha, Petrobras, Amazul e CNEN para fortalecer o uso da energia nuclear no setor marítimo.



A energia nuclear no mar representa um avanço crucial para a sustentabilidade e segurança energética global. Com os avanços dos Pequenos Reatores Modulares (SMRs) e a crescente necessidade de descarbonização, essa tecnologia se torna uma alternativa indispensável para o futuro do setor marítimo. “O Brasil tem uma oportunidade única de consolidar sua liderança em tecnologia nuclear e promover um setor marítimo mais limpo e eficiente”, conclui Guimarães.

Cotta reforça a visão estratégica. “A integração da energia nuclear ao setor marítimo brasileiro pode representar um diferencial competitivo global, garantindo independência energética e sustentabilidade.”

A implementação da energia nuclear no mar não é apenas uma solução para o presente, mas um investimento estratégico para o futuro da transição energética mundial. ■

FINLÂNDIA DESCOBRE MEGAJAZIDA DE TÓRIO COM POTENCIAL PARA ABASTECER O MUNDO

**NOVO REPOSITÓRIO ABRE PERSPECTIVAS PARA A SEGURANÇA ENERGÉTICA
E IMPULSIONA DEBATES SOBRE O FUTURO DA ENERGIA NUCLEAR**



Uma recente descoberta geológica na Finlândia pode transformar o cenário energético global. Pesquisadores identificaram uma vasta reserva de tório na região central do país, estimada como capaz de fornecer energia nuclear por milhões de anos.

O tório é um elemento químico radioativo que se destaca como uma alternativa promissora ao urânio na geração de energia nuclear. Reatores alimentados por tório produzem menos resíduos radioativos e não geram plutônio, reduzindo os riscos de proliferação nuclear. Além disso, o tório é mais abundante na natureza, o que o torna uma opção atraente para diversificar a matriz energética.

A localização estratégica da jazida na Finlândia, país com infraestrutura avançada para mineração, facilita a exploração e o processamento do tório. No entanto, desafios

significativos ainda precisam ser superados para que o tório se torne uma realidade comercial. A maioria dos reatores nucleares atuais é projetada para usar urânio, exigindo investimentos substanciais na adaptação da infraestrutura existente. Além disso, regulamentações rigorosas para o uso do tório precisariam ser revisadas.

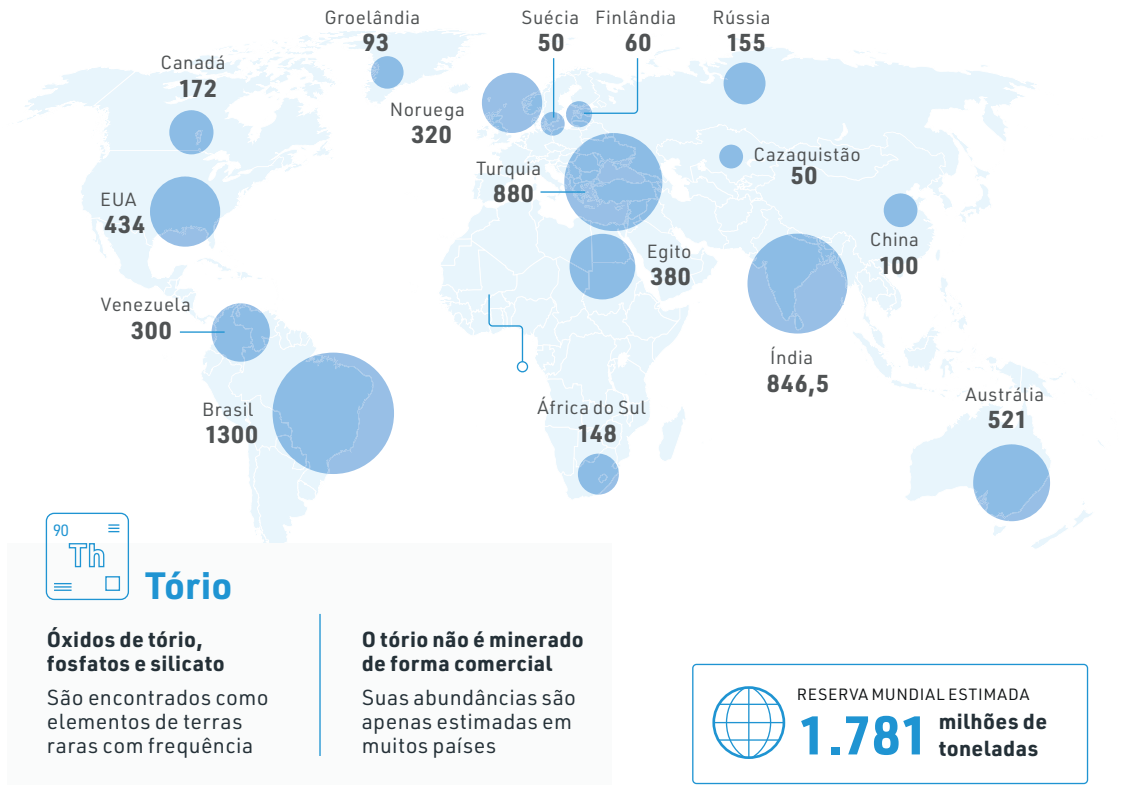
A descoberta também pode reduzir a dependência ocidental do urânio, cuja produção está concentrada em poucos países, contribuindo para a diversificação da matriz energética mundial.

A comunidade internacional observa com interesse os próximos desenvolvimentos relacionados a essa descoberta, que tem o potencial de redefinir o panorama energético nas próximas décadas:

“A recente descoberta de uma megajazida de tório na

RESERVAS MUNDIAIS DE TÓRIO

Em milhares de toneladas



Fonte: Feasibility to convert an advanced PWR from UO2 to a mixed (U,Th)O2 core

Finlândia destaca o potencial inexplorado desse elemento como uma alternativa viável ao urânio na geração de energia nuclear. O tório oferece vantagens significativas, como menor produção de resíduos radioativos e maior abundância na natureza. No entanto, para que possamos aproveitar plenamente esse recurso, é necessário um esforço conjunto para adaptar nossa infraestrutura nuclear e revisar as regulamentações vigentes”, considera Celso Cunha, presidente da ABDAN.

CENÁRIO MUNDIAL

O mapa das reservas mundiais de tório revela uma ampla distribuição desse elemento ao redor do globo, com destaque para países como Brasil, Turquia, Índia e Austrália, que possuem algumas das maiores jazidas conhecidas. Estima-se que as reservas globais somem aproximadamente 1.781 milhões de toneladas, mas o tório ainda não é minerado comercialmente, e suas abundâncias são apenas aproximadas. A descoberta da megajazida na Finlândia adiciona um novo ponto estratégico ao cenário energético mundial, reforçando o potencial desse elemento como alternativa sustentável ao urânio na geração de energia nuclear.

JAZIDAS BRASIL

Após quatro décadas sem realizar estudos de prospecção, as Indústrias Nucleares do Brasil (INB) retomaram, em agosto de 2024, o mapeamento de jazidas de urânio no país. Por meio do Programa de Parcerias em Prospecção e Lavra de Urânio, a INB busca colaborar com empresas do setor de mineração para identificar e explorar novas reservas desse mineral estratégico. Essa iniciativa visa não apenas atender à demanda interna das usinas nucleares de Angra 1 e 2, mas também preparar-se para o aumento previsto com a conclusão de Angra 3.

O Brasil se destaca por suas expressivas reservas de urânio, ocupando a sexta posição no ranking mundial, com aproximadamente 309.000 toneladas de U₃O₈. As principais jazidas de urânio estão localizadas em Caetité, na Bahia, e em Santa Quitéria, no Ceará.

O aproveitamento dessas reservas de urânio é fundamental para o desenvolvimento e a expansão do programa nuclear brasileiro, contribuindo para a diversificação da matriz energética e para a segurança energética do país. ■

nt2e
2025

Nuclear Trade &
Technology Exchange

**O maior evento
de negócios e tecnologia
do setor nuclear brasileiro.**



Palestras



Workshops



Painéis



Minicursos

20 A 22 DE MAIO DE 2025
Expomag / Rio de Janeiro

PARTICIPE!

ABDAN

Acesse e faça sua inscrição: nt2e.org

nt2e

FÓRUM DAS TECNOLOGIAS DO FUTURO: COMO A ROSATOM MOLDA TENDÊNCIAS GLOBAIS

A Rosatom continua expandindo os limites da tecnologia, combinando energia nuclear com novas áreas, gerando inovação. No Fórum das Tecnologias do Futuro, a corporação apresentou avanços de ponta que vão da fabricação de tecidos biocompatíveis até a computação quântica e o desenvolvimento de novos materiais com propriedades específicas.

BIOFABRICAÇÃO: UM NOVO ESTÁGIO NA MEDICINA REGENERATIVA

Um dos destaques da Rosatom no fórum foi seu biofabricador, uma tecnologia revolucionária que permite cultivar equivalentes biocompatíveis de vasos sanguíneos. Diferente da bioimpressão tradicional, esse método utiliza um campo acústico ultrassônico para gerar estruturas a partir de células vivas. Já foram desenvolvidos equivalentes vasculares de até 10 cm, que agora estão sendo submetidos a testes para avaliar sua compatibilidade e integração ao organismo de animais.

Há um mês, os cientistas implantaram um vaso sanguíneo cultivado no biofabricador em um coelho. A operação foi bem-sucedida, e o animal permanece saudável. No futuro, espera-se que essa inovação permita não apenas a criação de vasos sanguíneos, mas também de tecidos e órgãos mais complexos, ampliando as possibilidades para a medicina.

Segundo Alexey Likhachev, diretor-geral da Rosatom, essa pesquisa está na interseção entre física, biologia e tecnologias da informação, destacando sua relevância para a qualidade e a expectativa de vida. “Em breve, os médicos poderão utilizar células-tronco doadas e previamente preparadas para restaurar tecidos e órgãos danificados, estudar doenças e testar novos medicamentos”, afirmou.

Além de atender à crescente demanda por materiais biocompatíveis para pacientes com varizes, trombose e doença arterial coronariana, a tecnologia também poderá ser aplicada na regeneração de outros tecidos e órgãos comprometidos.

MATERIAIS DO FUTURO: ENGENHARIA DIGITAL DE MATERIAIS

Além dos avanços em biotecnologia, a Rosatom apresentou soluções de ponta no campo dos novos materiais. A corporação demonstrou um sistema automatizado para a criação de materiais com propriedades específicas, utilizando inteligência artificial e modelagem digital. Esse método permite desenvolver até dez novas composições de materiais por dia, reduzindo significativamente o tempo de pesquisa e testes.

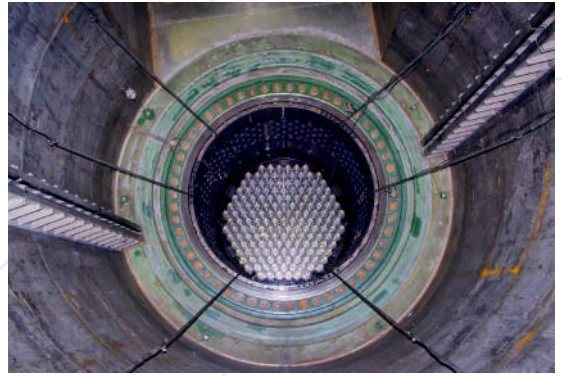
“Esses materiais podem ser comparados a atletas de esportes radicais. Eles suportam temperaturas acima de 1.300 °C, com cargas mecânicas severas e radiação intensa. Nós, nossos materiais são o coração das mais novas e exclusivas unidades de propulsão nuclear de alta temperatura”, disse Nadezhda Potekhina, chefe do laboratório de ciência dos materiais e estudos de propriedades de materiais do Instituto de Pesquisa Científica e Produção Luch.

Um dos desenvolvimentos mais importantes é uma nova liga de alta resistência para reatores da quarta geração VVER-SKD, projetada para 80 anos de operação. Também foi introduzido um compósito metal-cerâmico para revestimento de elementos combustíveis do reator BREST-OD-300, garantindo maior durabilidade e segurança no uso do combustível nuclear de próxima geração.

TECNOLOGIAS QUÂNTICAS: DA TEORIA À APLICAÇÃO INDUSTRIAL

Outra área fundamental de pesquisa trata das tecnologias quânticas, essenciais para o futuro da ciência dos materiais e da indústria. Durante o fórum, a Rosatom organizou um debate sobre a aplicação prática da computação quântica, destacando a importância de criar uma plataforma integrada para sua implementação na área industrial. Cientistas russos já alcançaram avanços significativos: o país está entre os seis que possuem computadores quânticos com capacidade superior a 50 qubits.

Segundo a diretora de tecnologias quânticas da Rosatom, Ekaterina Solntseva, o setor nuclear se apresenta



como um campo de testes ideal para essas soluções. No futuro, a computação quântica poderá ser usada para modelar novos materiais, desenvolver medicamentos e resolver desafios complexos de engenharia. Para isso, está em andamento a criação de uma plataforma integrada que permitirá aos parceiros industriais incorporar essas tecnologias em seus processos.

Além disso, a Rosatom anunciou a inauguração de um laboratório quântico e planeja realizar, em julho deste ano, uma conferência internacional para impulsionar o desenvolvimento da indústria quântica. Essas iniciativas ajudarão a acelerar a adoção dessas tecnologias, que podem se tornar fundamentais para o progresso científico e tecnológico nas próximas décadas.

CICLO FECHADO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR: O FUTURO DA ENERGIA NUCLEAR

A Rosatom apresentou ainda o desenvolvimento do ciclo fechado do combustível nuclear. No âmbito do projeto “Proryv” (Avanço), os cientistas da Rosatom apresentaram soluções inovadoras para a criação de fábricas automatizadas, capazes de funcionar sem intervenção humana para o reprocessamento de combustível nuclear usado, operando em modo totalmente automatizado, com apoio dos mais recentes avanços em robótica. Segundo Alexander Zhrebtsov, chefe do departamento de desenvolvimento de tecnologias e materiais do ciclo do combustível nuclear da “Proryv”, além da segurança, a competitividade desse novo modelo se estenderá a todas as etapas do ciclo, impactando diretamente as soluções tecnológicas adotadas.

Com uma abordagem sem precedentes no mundo, a inovadora tecnologia de reprocessamento do combustível nuclear usado se baseia em processos pirometalúrgicos automatizados. Além disso, está sendo estudado um método promissor de corte a laser do combustível nuclear usado, o que tornaria o processo mais eficiente e sustentável.

O fechamento do ciclo do combustível nuclear reduzirá significativamente o volume de resíduos radioativos e tornará a energia nuclear ainda mais sustentável. Essa é uma

etapa importante não apenas para a Rússia, mas para todo o setor nuclear global, pois essa tecnologia pode se tornar a base de um desenvolvimento mais seguro e eficiente da energia nuclear.

TECNOLOGIAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA: O FUTURO DO TRANSPORTE ELÉTRICO

Outro tema de destaque no fórum foi o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia. Durante o evento, foi apresentada uma célula de íons de lítio que será produzida na gigafábrica da Rosatom em Krasnaya Pakhra. A capacidade de produção da fábrica permitirá a fabricação de até 50 mil baterias por ano, atendendo à demanda de veículos elétricos não apenas em Moscou, mas em toda a região central da Rússia.

O desenvolvimento de sistemas de armazenamento de energia é uma prioridade estratégica para a corporação. A Rosatom está trabalhando ativamente na criação de baterias modernas que aumentarão a eficiência e a sustentabilidade do transporte elétrico, além de contribuir para a estabilidade do sistema energético no contexto da transição para fontes renováveis de energia.

TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS

O Fórum das Tecnologias do Futuro confirmou o status da Rosatom como líder global na energia nuclear, ao mesmo tempo em que impulsiona o desenvolvimento de tecnologias inovadoras em biomedicina, ciência dos materiais e energia. As soluções apresentadas refletem a abordagem estratégica da corporação para a criação de ecossistemas tecnológicos que podem transformar setores industriais essenciais.

Para a América Latina, essa experiência é particularmente valiosa, pois as soluções tecnológicas integradas da Rosatom podem ser aplicadas nas áreas da medicina, energia e manufatura avançada. A colaboração nessas áreas abre novas oportunidades para o desenvolvimento sustentável da região. ■

Reatores nucleares de pequeno porte

A chave para o futuro sustentável dos data centers

Data centers exigem um fornecimento de energia **ESTÁVEL e CONFIÁVEL**

Com 48 kW, o data center Kalininsky, na Rússia, opera totalmente integrado à usina nuclear.



A energia nuclear é a **SOLUÇÃO IDEAL** para atender às demandas dos data centers



SISTEMA IDEAL

2 reatores
RITM-200M

Acesso a energia estável, confiável e limpa 24 horas por dia, 7 dias por semana, 365 dias por ano

Preços de eletricidade previsíveis e economicamente viáveis, com alto fator de capacidade



ROSATOM



Proven nuclear technology for clean, reliable energy

Proven and ready to support your community's energy system, the Westinghouse AP300™ Small Modular Reactor is the most advanced nuclear solution available. Based on the technology of our AP1000® reactor already in operation around the world, the Westinghouse AP300 SMR offers small-scale, modular construction for efficient build schedules, state-of-the-art safety systems and a cleaner energy mix.

Westinghouse proudly brings over 70 years of experience developing and implementing new nuclear technologies that deliver reliable, safe and economical energy sources.

Learn more at: www.westinghousenuclear.com/ap300



NÓS SOMOS A **ABDAN**

37 anos promovendo o

DESENVOLVIMENTO DO SETOR NUCLEAR!

