

Observatório de Energia Nuclear

Nº 5

3º TRIMESTRE
2023

Observatório de Energia Nuclear N°5

Editor

Prof. Nivalde de Castro

Subeditores

Bianca Castro

Fabiano Lacombe

Pesquisadores

João Pedro Gomes

Cristina Rosa

Pedro Ludovico

Gustavo Esteves

Sumário

Introdução	5
1. Políticas Públicas e Planos de Governo.....	6
2. Dinâmica Internacional.....	17
3. Inovação Tecnológica.....	24
4. Empresas.....	30
5. Estudos em Destaque.....	36
6. Considerações Finais.....	39
7. Referências Bibliográficas.....	40

Introdução

O Observatório de Energia Nuclear é feito com base no Informativo Eletrônico de Energia Nuclear e visa contribuir com a sistematização e a divulgação do conhecimento, identificando o papel da energia nuclear para o mundo de hoje, as estratégias e iniciativas para a sua aplicação que estão sendo adotadas nos setores elétricos nacional e internacional, o papel das empresas nesse processo, a dinâmica internacional que envolve a energia nuclear, como tem se dado o progresso tecnológico e por fim, apresentar os principais estudos que discutem essa tecnologia.

No terceiro trimestre de 2023, o Brasil avançou significativamente no programa de submarino nuclear da Marinha, por outro lado, um relativo atraso com relação às obras da usina nuclear Angra, diante da suspensão da liminar que permitia a continuação dos trabalhos. Todavia, O governo também planeja investimentos substanciais na geração de energia como parte do novo PAC. Esses investimentos visam impulsionar o setor energético do país com foco em diversas fontes, incluindo a nuclear.

Na geopolítica global, os destaques ficam pela intensificação do conflito de alguns países, como Ucrânia e Rússia e pela liberação das águas contaminadas da usina de Fukushima, no Japão. Os desdobramentos desses tópicos são explorados ao longo do Observatório.

Na seção de Inovação, observa-se a tecnologia de Pequenos Reatores Modulares (SMRs) mantendo sua trajetória de crescimento em 2023. Representando uma oportunidade promissora para a expansão da energia nuclear em diversos países.

No âmbito das empresas, dentre as principais estratégias definidas, sobressaem-se: a concepção e formalização de acordos destinados a estabelecer parcerias tanto entre empresas como entre diferentes agentes, como as organizações empresariais e as instituições de ensino superior. A maioria dessas iniciativas envolve a colaboração para a construção de novas instalações nucleares ou o restabelecimento das operações em instalações já existentes.

Políticas Públicas e Planos de Governo

BRASIL

Um importante tema da política nuclear brasileira no terceiro trimestre de 2023 foi a [apresentação](#) de uma proposta ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) pelo deputado Júlio Lopes para viabilizar o aumento da mineração de urânio no Brasil. Durante a 67ª Conferência Geral da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) em Viena, Lopes destacou as possibilidades de novos investimentos no setor nuclear brasileiro. O deputado enfatizou a qualidade do urânio brasileiro e sugeriu a utilização de contratos com empresas internacionais para a securitização das dívidas dos desenvolvimentos de mineração em parceria com a Indústrias Nucleares do Brasil (INB), empresa detentora do monopólio da exploração de urânio no país.

Além disso, o programa do submarino nuclear da Marinha do Brasil (MB) [avancou](#) significativamente. A Itaguaí Construções Navais (ICN) e a Nuclebrás Equipamentos Pesados (Nuclep) formalizaram a fabricação da Seção de Qualificação do submarino "Álvaro Alberto" (SN10), o qual faz parte do Programa de Submarinos (PROSUB). Esse programa envolve a transferência de tecnologia da França e a adaptação do submarino Scorpène às necessidades da MB, visando impulsionar a construção naval no Brasil. Com previsão de entrega do SN10 a partir de 2034, o projeto está em fase de Projeto Detalhado.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Por outro lado, houve um [revés](#) nas obras da usina nuclear Angra 3 com a suspensão da liminar que permitia a continuação dos trabalhos. A prefeitura de Angra dos Reis alegou que a Eletronuclear não cumpriu certo termo de compromisso, levando à interrupção do projeto. A Eletronuclear anunciou que recorrerá da decisão. Ademais, a conclusão de Angra 3 é fundamental para garantia da segurança de abastecimento elétrico e redução de custos no sistema elétrico brasileiro, além da usina auxiliar na contribuição para a diversificação da matriz elétrica e da geração de energia limpa.

O PAC 3, parte do Programa de Aceleração do Crescimento, [reacendeu](#) o debate sobre a produção de energia nuclear em Angra 3. Embora o programa não incluía a conclusão do projeto inativo, desde 2015, o PAC 3 propõe avaliações para viabilidade técnica, econômica e socioambiental da usina. Especialistas alertam para os riscos ambientais associados à energia nuclear, sendo a inclusão de Angra III no PAC 3 defendida como forma de estabilizar o setor elétrico. Contudo, o projeto exigirá uma parte significativa do orçamento do PAC 3 estimado em R\$ 25 bilhões pelo Tribunal de Contas da União.



Figura 1: Presidente Luiz Inácio Lula da Silva assina o novo PAC
Fonte: Brasil 247 (2023)

Políticas Públicas e Planos de Governo

O governo também [planeja](#) investimentos substanciais na geração de energia como parte do novo PAC totalizando R\$ 757 bilhões. Esses investimentos visam impulsionar o setor energético do país com foco em diversas fontes, incluindo hidrelétrica, solar, eólica e nuclear. A diversificação das fontes de energia é prioridade para o Brasil, o que aumenta a segurança energética e auxilia na redução da dependência de fontes tradicionais.

Além disso, o novo PAC [destina](#) R\$ 52 bilhões para projetos de defesa nacional, incluindo a construção de um submarino nuclear. Esses investimentos visam equipar as Forças Armadas com tecnologias de ponta, aumentando a capacidade defensiva e de monitoramento das fronteiras. A maior parte do montante será destinada à Marinha para projetos que incluam submarinos e navios-patrolha.

Por fim, o governo federal [incluiu](#) a análise sobre as obras de Angra 3 no pacote do Novo PAC. O programa não prevê sua conclusão, apenas viabilidade de um estudo técnico, econômico e socioambiental do projeto. A Eletrobrás está trabalhando com o cenário de execução e conclusão das obras de Angra 3 e espera que o projeto se mantenha e seja concluído como parte do processo de capitalização.

Quadro 1: Principais políticas nucleares na esfera nacional no 3º tri 2023.

Aspecto	Descrição
Proposta de Mineração de Urânio	O Deputado Júlio Lopes apresentou ao BNDES uma proposta para aumentar a mineração de urânio no Brasil, destacando a qualidade do urânio brasileiro e sugerindo contratos com empresas internacionais para securitização das dívidas.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Quadro 1 (continuação): Principais políticas nucleares na esfera nacional no 3º tri 2023.

Aspecto	Descrição
Programa de Submarino Nuclear	Avanço significativo com a formalização da fabricação da Seção de Qualificação do submarino 'Álvaro Alberto' (SN10), como parte do PROSUB, envolvendo transferência de tecnologia da França.
Obras da Usina Nuclear Angra 3	Após alegações de descumprimento de termo de compromisso pela Eletronuclear, a justiça suspendeu a liminar que permitia a continuação das obras de Angra 3. A Eletronuclear recorrerá da decisão.
PAC	O PAC 3 propõe um estudo para avaliar a viabilidade técnica, econômica e socioambiental de Angra 3, retomando o debate sobre a energia nuclear. O projeto exigirá parte significativa do orçamento do PAC 3. O governo brasileiro planeja investimentos de R\$ 757 bilhões em energia hidrelétrica, solar, eólica e nuclear, visando diversificar as fontes de energia e aumentar a segurança energética. O novo PAC destina R\$ 52 bilhões para defesa nacional, incluindo a construção de um submarino nuclear com objetivo de equipar as Forças Armadas com tecnologias de ponta. Inclusão da análise sobre as obras de Angra 3 no Novo PAC com foco em um estudo de viabilidade sem previsão de conclusão do projeto. A Eletrobrás trabalha com o cenário de execução e conclusão.

Fonte: Elaboração própria, a partir do IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Políticas Públicas e Planos de Governo

EUROPA

No Reino Unido, o governo [demonstra](#) compromisso com o avanço da tecnologia nuclear através do apoio ao desenvolvimento de projetos inovadores como o de hidrogênio rosa, particularmente. A concessão de mais de 15 milhões de libras esterlinas em financiamento para um consórcio liderado pela EDF – destinado a explorar a eletrólise de óxido sólido integrada ao calor nuclear e eletricidade de Heysham 2 – ilustra essa tendência. O objetivo é criar hidrogênio de baixo carbono e baixo custo para produção de asfalto e cimento, melhorando assim, a eficiência da produção de hidrogênio em até 20% em comparação com a eletrólise convencional.

A necessidade de uma estratégia abrangente e detalhada para alcançar a meta de 24 GWe de capacidade nuclear até 2050 é prioridade no Reino Unido. A [demanda](#) do Comitê de Ciência, Inovação e Tecnologia da Câmara dos Comuns por uma abordagem mais clara, incluindo detalhes sobre o papel de reatores modulares pequenos (SMRs) e avançados (AMRs), modelos de financiamento e desenvolvimento da força de trabalho necessária, reflete a busca por um plano estratégico nuclear mais robusto e abrangente.

Na Suécia, observa-se uma mudança significativa na política energética: o país [decide](#) adotar a energia nuclear como parte de sua estratégia para se tornar livre de combustíveis fósseis até 2045. Tal decisão marca a mudança de uma meta anterior de 100% renováveis, refletindo a crescente admissão da energia nuclear como solução viável para a redução de emissões de CO2. O parlamento sueco, que há 40 anos adotou uma política de eliminação gradual da energia nuclear, revogou essa decisão em junho de 2010, o que demonstra uma transformação no pensamento governamental sobre o papel da energia nuclear.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Na Itália, após um longo período de proibição decorrente de um plebiscito de 1987, a primeira-ministra Giorgia Meloni [anunciou](#) planos para uma possível retomada do uso da energia nuclear. O Ministério do Meio Ambiente e Segurança Energética prepara um cronograma detalhando ações, investimentos e prazos para essa retomada, evidenciando assim, uma mudança no país em relação à energia nuclear impulsionada, em parte, pela busca de segurança energética em meio a tensões geopolíticas e pelo aumento dos preços do gás natural.

Na República Checa, o primeiro-ministro Petr Fiala [expressou](#) a necessidade de construir até quatro novas unidades de energia nuclear, destacando o papel da energia nuclear como projeto que combina inovação e valor acrescentado. Fiala enfatizou a importância de especialistas e instalações de pesquisa no país para a expansão da energia nuclear e manifestou intenção em fazer parte da vanguarda do desenvolvimento de reatores nucleares modulares ao nível global. A disposição para alterar legislações que facilitem a construção de infraestrutura de energia e transporte também é indicativo da seriedade com que o país aborda a questão.

ÁSIA

A cooperação entre Rússia e Mianmar na área de energia nuclear demonstra significativo avanço para ambos os países. A reunião do comitê de coordenação conjunta [focou](#) na construção de uma usina nuclear e no desenvolvimento da infraestrutura nuclear em Mianmar. Essa colaboração abrangeu aspectos como treinamento de pessoal e questões regulatórias, visando certo alinhamento com os requisitos da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). Isso indica certo esforço concentrado para o desenvolvimento de uma infraestrutura nuclear robusta e segura em Mianmar com apoio e expertise russos.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Simultaneamente, a Turquia está [expandindo](#) ativamente seu parque nuclear ao buscar colaborações junto a países como Rússia, China, Coreia do Sul, Estados Unidos e Reino Unido. O plano é acelerar a construção de uma segunda usina nuclear em Sinop e de uma terceira na região da Trácia. Com uma meta de alcançar mais de 20.000 MW de capacidade nuclear até 2050, a Turquia visa combinar grandes usinas e pequenos reatores modulares (SMRs), o que reflete em uma abordagem diversificada para atender demandas futuras.

A Arábia Saudita também [reiterou](#) seus planos para desenvolver energia nuclear junto ao Ministro da Energia que anunciou a implementação de salvaguardas nucleares completas da AIEA. Essa iniciativa faz parte do Projeto Nacional de Energia atômica do país que visa atender aos objetivos de desenvolvimento sustentável delineados na Visão Saudita 2030. A Arábia Saudita desenvolverá usos pacíficos da energia nuclear em vários campos, incluindo a construção de sua primeira usina nuclear. Esse movimento sugere comprometimento com a diversificação energética e segurança energética a longo prazo.

Por outro lado, o governo da Coreia do Sul está [considerando](#) a construção de novas usinas nucleares para atender ao aumento previsto da demanda por eletricidade. O Ministério do Comércio, Indústria e Energia prevê aumento de 24,7 GW em 2022 para 31,7 GW em 2036 na capacidade de geração nuclear. Além disso, o país estabeleceu a meta de exportar 10 usinas nucleares até 2030, além de desenvolver um pequeno reator modular coreano (SMR). Esse plano destaca a intenção da Coreia do Sul de se posicionar como líder global no setor de energia nuclear, tanto em termos de desenvolvimento interno quanto de exportação de tecnologia.

Políticas Públicas e Planos de Governo

O governo sul-coreano confirmou planos para discutir a construção de novas usinas nucleares a fim de apoiar as metas de redução de carbono e melhorar o fornecimento de energia do país. Será lançado um painel de especialistas para discutir um plano básico de oferta e demanda de energia, visando uma estratégia eficiente em termos de custos que inclua novas usinas nucleares. Tal abordagem indica uma mudança na política energética do país que anteriormente estava concentrada em reduzir a dependência da energia nuclear.

OUTROS PAÍSES...

Na Argentina, a Comissão Nacional de Energia Atômica (CNEA) renovou o acordo de cooperação com a Comissão Francesa de Energias Alternativas e Energia Atômica (CEA). Baseado no acordo original de 1994, tal compromisso expande a colaboração firmada em 2010, abrangendo a utilização pacífica da tecnologia nuclear e de novas tecnologias energéticas. As atividades previstas incluem o intercâmbio de informações, visitas recíprocas aos países, organização de seminários e workshops, além da colaboração em estudos e projetos de pesquisa. Esse acordo, com duração de dez anos e possibilidade de prorrogação, simboliza um compromisso contínuo com o avanço e a disseminação do conhecimento nuclear no país.

Nos Estados Unidos, a energia nuclear ganhou destaque nas discussões ambientais junto ao debate sobre mudanças climáticas. Apoiadores da energia nuclear, incluindo figuras notáveis de diferentes setores, como Oliver Stone, Elon Musk e Sam Altman, enfatizaram o potencial da energia nuclear como forma eficaz de combater as mudanças climáticas. Esse interesse ocorre apesar dos desafios enfrentados pelo setor de energia nuclear dos EUA, como questões de relações públicas, custos elevados, longos prazos de construção e preocupações com segurança e resíduos radioativos.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Tal tendência sugere uma possível reavaliação do papel da energia nuclear na matriz energética do país, particularmente no contexto das atuais demandas por soluções sustentáveis e de baixo carbono.

No Canadá, o governo de Ontário [anunciou](#) apoio à expansão nuclear, iniciando o trabalho de pré-desenvolvimento para construir até 4800 MWe de nova capacidade nuclear na usina nuclear Bruce Power. Essa construção — a primeira em grande escala do Canadá em mais de três décadas — foi impulsionada por um relatório do Operador Independente do Sistema de Eletricidade de Ontário (IESO). Esse documento recomenda, para além de 2030, que a província comece o trabalho de planejamento, localização e avaliação ambiental para ativos de longo prazo — incluindo energia nuclear — como ação para atingir as metas de descarbonização e suprir o aumento da demanda de eletricidade impulsionada pelo forte crescimento econômico, eletrificação e crescimento populacional.

Quadro 2: Principais políticas nucleares na esfera internacional no 3º tri. 2023.

País	Política Nuclear
Argentina	Renovação do acordo de cooperação com a CEA da França, focando em tecnologia nuclear e novas tecnologias energéticas.
Estados Unidos	A energia nuclear ganha destaque nas discussões ambientais. Figuras proeminentes como Oliver Stone, Elon Musk e Sam Altman apoiam o uso da energia nuclear para combater as mudanças climáticas.
Canadá	O governo de Ontário anuncia apoio à expansão nuclear, planejando construir até 4800 MWe de nova capacidade nuclear na usina Bruce Power.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Quadro 2 (continuação): Principais políticas nucleares na esfera internacional no 3º tri. 2023.

País	Política Nuclear
Reino Unido	O governo apoia o desenvolvimento de tecnologia nuclear, incluindo projetos como a produção de hidrogênio rosa a partir de energia nuclear.
Suécia	Mudança significativa na política energética, adotando a energia nuclear para se tornar livre de combustíveis fósseis até 2045.
Itália	Após longo período de proibição, planos para retomar o uso da energia nuclear são anunciados com foco na segurança energética.
República Tcheca	O primeiro-ministro Petr Fiala destaca a necessidade de construir até quatro novas unidades de energia nuclear, focando em inovação e valor acrescentado.
Rússia e Mianmar	Expansão ativa do parque nuclear com planos em alcançar mais de 20.000 MW de capacidade nuclear até a década de 2050.
Turquia	Expansão ativa do parque nuclear com planos em alcançar mais de 20.000 MW de capacidade nuclear até a década de 2050.
Arábia Saudita	Reiteração de planos para desenvolver energia nuclear, incluindo a construção de usinas nucleares como parte do Projeto Nacional de Energia Atômica.

Políticas Públicas e Planos de Governo

Quadro 2 (continuação): Principais políticas nucleares na esfera internacional no 3º tri. 2023.

País	Política Nuclear
Coréia do Sul	Considera a construção de novas usinas nucleares para atender ao aumento da demanda por eletricidade. Além da meta de exportar 10 usinas nucleares até 2030.

Fonte: Elaboração própria, a partir do IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Destaque!

No terceiro trimestre de 2023, a Comissão Canadense de Segurança Nuclear (CNSC) e a Inspeção Estatal de Regulamentação Nuclear da Ucrânia (SNRIU) estabeleceram um marco na cooperação internacional no campo da regulamentação nuclear. O avanço foi marcado pela assinatura de um memorando de entendimento (MoU), simbolizando o compromisso para a troca de informações e cooperação em questões regulatórias. O acordo foi efetivado durante a visita da presidente do CNSC, Rumina Velshi, à Ucrânia e delineia um quadro para futuras colaborações nas áreas de segurança nuclear e radiológica. As áreas de cooperação incluídas pelo MoU são abrangentes e fundamentais para o avanço da segurança nuclear global.

Elas incluem: avaliações de segurança; pré-licenciamento de novos projetos de instalações nucleares; atividades regulatórias para o desmantelamento de instalações de urânio; restauração do funcionamento seguro da central nuclear de Zaporizhzhia e aprimoramento das atividades regulatórias para a gestão de resíduos radioativos. Tal acordo representa um passo importante para fortalecer as capacidades regulatórias de ambos os países, promovendo assim, a segurança nuclear e radiológica, além de mitigar os riscos associados às operações nucleares.

Dinâmica Internacional

Mundo: Campanha Net Zero Nuclear traça rota para o futuro da energia

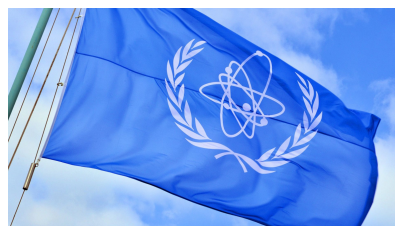
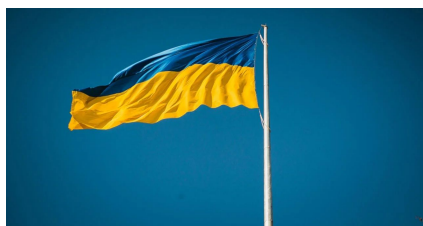
Durante o Simpósio Nuclear Mundial que aconteceu entre 4 e 6 de setembro de 2023, em Londres, a Associação Nuclear Mundial, em parceria com a Corporação de Energia Nuclear dos Emirados (ENEC), recebeu apoio da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e do governo do Reino Unido para lançar a iniciativa Net Zero Nuclear. O [projeto](#) visa impulsionar a colaboração entre governo, líderes da indústria e sociedade civil para potencializar o desempenho da energia nuclear na descarbonização dos sistemas energéticos globais. Segundo Mohamed Al Hammadi, CEO da ENEC, o Net Zero não será possível sem incluir a energia nuclear em seu programa.

Dentro os aspectos relevantes dessa aliança, a diretora-geral da Associação Nuclear Mundial, Sama Bilbao y León, enfatizou a necessidade da vontade pública e da mobilização de financiamento eficaz para triplicar a capacidade de geração nuclear até 2050. Junto a isso, a Miss América e estudante de engenharia nuclear, Grace Stanke, mencionou a urgência de ações de enfrentamento às mudanças climáticas em dimensão internacional.

Além disso, o Departamento de Segurança Energética e Net Zero do Reino Unido anunciaram que seriam parceiros do governo durante a campanha e ressaltaram a importância da cooperação internacional. Por fim, o diretor-geral da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) Rafael Mariano Grossi, sublinhou o momento crucial que o setor nuclear experimenta diante dos prolongamentos de vida útil de plantas existentes, do desenvolvimento de reatores modulares e do interesse crescente de diversos países por essa fonte energética. Em conclusão, Grossi enfatizou a necessidade de adaptação regulatória e prioridade na segurança das centrais nucleares na Ucrânia.

Dinâmica Internacional

Ucrânia: AEIA acompanha de perto as operações na Usina de Zaporizhzhya em face do conflito



Em setembro, a Ucrânia foi estreitamente acompanhada pela Agência Internacional de Energia Atômica (AEIA) nos planos de ação sobre a utilização dos reatores da Usina Nuclear de Zaporizhzhya (ZNPP). A usina estava em [preparação](#) para retomar o reator 4 para gerar vapor para aplicações de segurança. Essa unidade sofreu reparos após a detecção de um vazamento de água em meados de agosto, deixando a usina fora de operação por semanas. Nesse intervalo, o reator 6 foi utilizado como substituto no fornecimento de vapor em desligamento quente.

Após a realização de testes de pressão hidráulica nos circuitos de resfriamento primário e secundário, especialistas da AEIA disseram que a ZNPP iniciou a transição do reator 4 do desligamento frio para o quente. Concluída essa etapa, o reator 6 seria revertido para o desligamento frio, sendo fundamental para a usina que as necessidades de vapor sejam atendidas. Entretanto, a Agência e o órgão regulador da Ucrânia insistem na busca por soluções para que todos os seis reatores estejam operando em desligamento frio.

O envolvimento da AEIA é necessário diante do conflito militar na região, uma vez que, explosões são percebidas a dada distância, sendo preciso muito cuidado em relação à maior usina nuclear da Europa. Os empregados da agência internacional mantêm acompanhamento da questão de pessoal que foi reduzido drasticamente desde a deflagração da guerra e por isso, eles avançam em iniciativas de treinamento e licenciamento.

Dinâmica Internacional

EUA: Diplomacia foi o vetor central do governo para o segmento nuclear

No último trimestre deste ano, o governo dos Estados Unidos se manteve atento as movimentações globais no setor de energia nuclear. O comportamento do país nesses meses incluiu tanto o avanço em parcerias com a Índia e Israel, quanto fazer frente aos rivais Irã, China e Rússia.

Em visita aos EUA, o primeiro-ministro Narendra Modi da Índia e o presidente americano Joe Biden assinaram uma declaração conjunta que menciona a [cooperação](#) em energia nuclear entre os países. O objeto da discussão aconteceu em razão das negociações entre a Nuclear Power Corporation of India e a Westinghouse Electric Company que consideram a construção de seis novos reatores nucleares na Índia. O tema do acordo não é uma novidade, mas o diálogo confirma o interesse no plano.

Desde 2008, os EUA reconhecem a Índia como uma potência nuclear e hoje, as usinas nucleares são responsáveis por 2% da geração de energia no país. No entanto, à medida que a economia e a população indiana crescem, a escassez de energia se torna uma questão delicada. Nesse sentido, a cooperação com a Rússia oferece esperança para a Índia que teria dificuldade em lidar com a questão caso não construíssem novas usinas. Além disso, a Rússia demonstrou mais segurança quanto ao risco de indenização pela Lei de Responsabilidade Civil por Danos Nucleares — razão para o recuo de negócios da Índia com os EUA e a França. Todavia, essa dependência energética da Rússia preocupa os EUA que enfatizou a superação desse gargalo como fundamental para sua relação com a Índia.

Quanto ao Irã, o governo identificou que o país teria a [capacidade](#) de fabricar uma bomba nuclear em menos de duas semanas. A apuração do Departamento de Estado dos EUA no relatório *Estratégia para enfrentar Armas de Destruição em Massa* qualificou o país como “ameaça persistente”, o que preocupa a Casa Branca.

Dinâmica Internacional

Em julho deste ano, o presidente Joe Biden e o primeiro-ministro de Israel Benjamin Netanyahu, trataram de unir esforços para conter a expansão nuclear iraniana. O esforço foi expresso em comunicado como uma “estreita coordenação para conter o Irã, inclusive por meio de exercícios militares conjuntos e contínuos”. O objetivo é que a parceria EUA-Israel pressione o Irã de modo a deter a obtenção de uma arma nuclear.

Os EUA, por sua vez, não deixaram de sugerir avanço em seus próprios testes nucleares e a mesma postura foi adotada pela China e pela Rússia. Os países construíram novas instalações e cavaram novos túneis em seus locais de testes nucleares, conforme observado em imagens de satélite obtidas pela CNN.

“É muito claro que todos os três países, Rússia, China e Estados Unidos, investiram muito tempo, esforço e dinheiro não só na modernização dos seus arsenais nucleares, mas também na preparação dos tipos de atividades que seriam necessárias para um teste”, disse Cedric Leighton, coronel aposentado da Força Aérea dos EUA após rever imagens das instalações nucleares.

O presidente da Rússia Vladimir Putin, por sua vez, disse em fevereiro deste ano, que ordenaria um teste caso os EUA se movimentassem. Além disso, o presidente da Rússia acrescentou: “ninguém deveria ter ilusões perigosas de que a paridade estratégica global pode ser destruída”.

Segundo analistas, esse cenário de desconfiança pode desencadear uma corrida para a modernização da infraestrutura de testes de armas nucleares, embora a ameaça de um conflito real, até setembro, seja descartada.

Dinâmica Internacional

Irã: Programa nuclear sem inspeção provoca tensões

Em setembro, a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), através de comunicado do diretor-geral Rafael Mariano Grossi, solicitou ao governo do Irã reconsiderar a [decisão](#) de retirar inspetores experientes da AIEA de suas missões. Para Grossi, a medida foi “desproporcional e sem precedentes” e “um passo na direção errada”, visto que tal medida pode pôr em risco a cooperação necessária que cogita verificar o cumprimento dos acordos nucleares, além de comprometer a condução das atividades de segurança nuclear no país.

A decisão do Irã também gerou receio na União Europeia que solicitou ao país a instrução da AIEA. Conforme pontuado por Grossi, sem a cooperação efetiva, a confiança entre os países pode ser obscurecida e a agência, incapaz de fornecer garantias da utilização pacífica de atividades e matérias nuclear no Irã.

Além disso, a desconfiança quanto ao programa nuclear iraniano trouxe à tona certa apreensão quanto a [escalada](#) na corrida nuclear no Oriente Médio. Em pronunciamento, o príncipe herdeiro da Arábia Saudita, Mohammed bin Salman, comentou a possibilidade do país adquirir armas de destruição em massa caso perceba avanços do Irã em seu programa nuclear. A justificativa apresentada por Mohammed bin Salman está inscrita no desejo de “equilibrar o poder no Oriente Médio”.

Embora os países tenham reconstituído suas relações recentemente — graças à mediação da China — tensões entre os dois governos ainda são latentes. Essas tensões assumem preocupações na corrida nuclear, uma vez que, é possível outros países da região fazerem frente tanto ao armamento iraniano quanto ao saudita e, a partir daí, cada país fortalecer seu próprio arsenal. Caso este cenário se efetive, uma perigosa proliferação de armas nucleares no Oriente Médio pode ser desencadeada, tornando a região ainda mais instável.

Dinâmica Internacional

Japão: Liberação de água tratada em Fukushima é segura, mas trouxe consequências

A partir de julho, o Japão iniciou um plano de liberação controlada de água tratada no oceano da Central Nuclear de Fukushima Daiichi (FDNPS) junto a Tokyo Electric Power Company Holdings, como operadora da ação. A decisão de descarregar essa água, que estava acumulada desde o acidente de 2011 e soma um volume equivalente a 540 piscinas olímpicas, foi bastante controversa. Sua execução exigiu acompanhamento da Agência Internacional de Energia Atômica para garantir a segurança do processo com os padrões internacionais de segurança.

Com isso, a AIEA realiza revisões de segurança contínuas no local. A água contaminada, utilizada em parte para resfriar o combustível nuclear derretido, é tratada pelo Sistema Avançado de Processamento de Líquidos (ALPS) que remove a maior parte da contaminação radioativa, com exceção do trítio. Sobre isso, foram realizados exames com amostras preparada da água diluída para a descarga. Os resultados da [análise](#) apontam que a concentração de trítio estava abaixo do limite operacional. Com isso, a força-tarefa internacional publicou um relatório atestando a conformidade da medida com os padrões de [segurança, apontando](#) que o impacto radiológico à saúde humana e ao meio ambiente seriam negligenciáveis.

Entretanto, a agência enfatiza a continuidade ao [monitoramento](#) dessas atividades e comunica sua presença durante todo o processo. Em setembro, a operadora da usina de Fukushima anunciou que a primeira rodada de liberação da água tratada foi [concluída](#) e que após inspeções e limpeza na instalação dará início à segunda rodada.

Dinâmica Internacional

A decisão de descarregar água radioativa, ainda que tratada, trouxe [impactos](#) para a economia japonesa. O mercado de peixes e frutos-do-mar – segmento relevante para a riqueza nacional – foi um dos mais afetados. A China, responsável por 22,5% desse mercado, e Hong Kong, consumidor dos outros 19,5%, estão entre os parceiros comerciais que cessaram a aquisição desses produtos após a publicação da medida. Em comunicado, a alfândega chinesa informou sobre a proibição dessas importações, visando a proteção e segurança alimentar da população. Além disso, o país planeja revisar as relações de mercadorias de outras partes do Japão, especialmente os produtos aquáticos.



Figura 2. Vista aérea dos tanques de armazenamento de água da usina nuclear de Fukushima, no Japão.

Fonte: CNN (2023)

Com a reação da China, Tóquio passa a depender mais diretamente do consumo local dos alimentos vindos do oceano. O primeiro-ministro Fumio Kishida solicita uma [reconsideração](#) por parte dos países que suspenderam o comércio. Ele ressalta a segurança e a transparência do processo com transmissão de informações detalhadas para a AIEA e busca apoio internacional para restabelecer suas relações.

Inovação Tecnológica

SMALL MODULAR REACTORS

O terceiro trimestre de 2023 manteve a trajetória observada no semestre anterior no que se refere à temática de inovação tecnológica com os Pequenos Reatores Modulares (SMRs), os quais desempenham um papel central no avanço da tecnologia nuclear. As iniciativas relacionadas aos SMRs continuam a se expandir por meio de uma colaboração abrangente entre os setores público e privado. Durante este trimestre, o setor público merece destaque por sua participação ativa, evidenciada pela cooperação internacional entre países, notadamente no contexto regulatório e em programas de investimentos intercambiáveis entre nações. Para compreensão deste contexto, os quadros subsequentes resumem as iniciativas de ambos os setores.

Quadro 3: Principais iniciativas privadas envolvendo SMRs durante o 3º tri. de 2023

Empresas	Descrição
NSMTC	Realização de investimentos financeiros na Moltex Energy Canada Inc e na ARC Clean Technology Canada Inc, empresas de SMRs.
ENEC e OSGE	Assinatura de um memorando de entendimento para colaborar na promoção de SMRs na Polônia, Reino Unido e Europa Central e Oriental.
Energy Northwest	A empresa anunciou que o primeiro Xe-100 SMR em Washington está previsto para operar em 2030.
Microsoft	Utilização de energia dos SMRs para alimentar seus <i>data centers</i> de inteligência artificial.

Fonte: Elaboração própria, a partir de IFE Nuclear (GESEL, 2023).

Inovação Tecnológica

Ao analisar a participação na esfera pública fica evidente a interação entre diversas nações, a saber: Estados Unidos, França, Índia, Finlândia, República Checa, Polônia e Eslováquia. Embora a maioria desses países estejam na Europa, existem parcerias determinantes que abrangem outros continentes como a América do Norte e a Ásia.

No contexto da promoção de financiamentos, os EUA sobressai como significativo provedor de investimentos para outras nações ao direcionar capital para o continente europeu. No mês de setembro, o governo norte-americano selecionou a República Checa, a Polônia e a Eslováquia para o [Projeto Phoenix](#). O objetivo dessa seleção será realizar estudos de viabilidade com a intenção de converter centrais elétricas de carvão em unidades de SMRs. Essas propostas, bem sucedidas em sua implementação, receberam um total de US\$ 8 milhões sendo escolhidas entre 17 países da Europa Central e Oriental.

Além disso, os Estados Unidos anunciaram o lançamento do Balcão Único para Aceleração da Transição Energética Nuclear ([NEXT](#), na sigla em inglês) em apoio à mesma tecnologia. O programa fornecerá ferramentas e serviços de preparação de projetos para países consideram a implantação de SMRs na Europa e na Eurásia. Essas ferramentas podem incluir serviços de consultoria técnica, financeiro e regulatórios, além de visitas de estudo às instalações nucleares, laboratórios nacionais e universidades dos EUA, bem como parcerias entre universidades para o desenvolvimento de currículos e intercâmbios educacionais.

No âmbito regulatório, as nações da França, Finlândia e República Checa implementaram uma [revisão regulatória](#) específica à identificação de questões-chave associadas ao licenciamento do SMR Nuward em seus territórios pertinentes. O propósito dessa revisão é avaliar as disparidades e convergências entre os arcabouços regulatórios nacionais. Como resultado da iniciativa conjunta é prevista uma discussão entre as entidades reguladoras de diferentes países junto aos engenheiros responsáveis pelo projeto do reator, avançando assim, a aproximação de um design padronizado que possa ser aceito internacionalmente.

Inovação Tecnológica

Quadro 4: Principais iniciativas públicas voltadas para o desenvolvimento de SMRs durante o 3º trim. de 2023

País	Descrição
Reino Unido	Seleção de seis empresas para avançar na competição voltada ao desenvolvimento da tecnologia de SMR no país, a saber: EDF; GE Hitachi; Holtec; NuScale Power; Rolls-Royce SMR e Westinghouse Electric.
França, Finlândia e República Tcheca	Adesão a revisão regulatória para identificar questões-chave relacionadas ao licenciamento do SMR Nuward em seus países.
EUA	Seleção da República Checa, Polônia e Eslováquia para receber apoio no âmbito do Projecto Phoenix para estudos de viabilidade de converter centrais elétricas de carvão em SMRs.
França e Índia	Anúncio de programa de cooperação em SMRs e reatores modulares avançados.

Fonte: Elaboração própria, a partir de GESEL (2023).

Fique de Olho!

Em reunião, a Índia e a França anunciaram um [programa de cooperação](#) em pequenos reatores modulares e reatores modulares avançados entre o primeiro-ministro indiano, Narendra Modi e o presidente francês, Emmanuel Macron. Eles concordaram em trabalhar juntos no desenvolvimento de tecnologias energéticas, incluindo o Reator de Pesquisa Jules Horowitz.

Inovação Tecnológica

OUTRAS TECNOLOGIAS

Além dos SMRs, estão em andamento o desenvolvimento de outras tecnologias com o propósito de ampliar a aplicação da tecnologia nuclear. No terceiro trimestre de 2023, observam-se ações por parte de entidades governamentais e empresas em diversas áreas, incluindo: (i) implementação de usinas nucleares flutuantes; (ii) pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias para reatores nucleares; (iii) exploração da possibilidade de utilização na captura de carbono e (iv) investigação em fusão nuclear. O Quadro 5 resume as principais iniciativas dessas áreas e fornece breve descrição de cada uma delas.

Quadro 5: Principais iniciativas voltadas para outras tecnologias nucleares durante o 3º tri. de 2023

Tecnologia	Responsável	Descrição
Usinas nucleares flutuantes	BWXT e Crowley	A parceria visa desenvolver navios de casco raso equipados com microrreatores nucleares, os quais permitem a geração de energia em locais na terra.
Novas tecnologias para reatores nucleares	Reino Unido	Financiamento à Ultra Safe Nuclear Corporation UK de até 29 milhões dólares para apoiar o desenvolvimento e demonstração da tecnologia de reator refrigerado a gás de alta temperatura .
Possibilidade de uso na captura de carbono	EUA	O Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) selecionou dois projetos relacionados à viabilidade do uso da energia nuclear na remoção direta de dióxido de carbono da atmosfera para receber suporte no âmbito do programa denominado Regional DAC Hubs.

Inovação Tecnológica

Quadro 5 (continuação): Principais iniciativas voltadas para outras tecnologias nucleares durante o 3º tri. de 2023

Tecnologia	Responsável	Descrição
Usinas nucleares flutuantes	Alemanha	O governo planeja investir mais de 1,1 bilhão de dólares em pesquisa de fusão nos próximos cinco anos.
	EUA	Pesquisadores do National Ignition Facility (NIF) na Califórnia alcançaram, pela segunda vez, um ganho líquido de energia em uma reação de fusão.

Fonte: Elaboração própria, a partir de GESEL (2023).

A partir dessa compilação de iniciativas são destacados os eixos tecnológicos da fusão nuclear e da utilização da energia nuclear para a captura de carbono. No âmbito da fusão nuclear é observado um aumento significativo de investimentos ao longo de 2023. Quanto à captura de carbono, é digno de nota que, esta é a primeira vez que nossos relatórios registram uma iniciativa que vincula usinas nucleares com esse processo de captura.

Nos Estados Unidos, duas iniciativas específicas estão em curso: uma relacionada à captura de carbono e outra à fusão nuclear. Na área de fusão, avanços notáveis foram aprimorados pelos pesquisadores do National Ignition Facility (NIF) no Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL), na Califórnia, atingindo, [pela segunda vez](#), um ganho líquido de energia em uma reflexão de fusão. Além disso, o Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) selecionou [dois projetos](#) que visam explorar as orientações sobre o uso da energia nuclear na remoção direta de dióxido de carbono da atmosfera. O primeiro projeto, da empresa GE Vernova, receberá US\$ 2.554 milhões, enquanto o segundo, da Northwestern University, receberá US\$ 3 milhões.

Inovação Tecnológica

Na Alemanha, outra iniciativa relacionada à fusão nuclear está em desenvolvimento. Nesse contexto, o governo planeja investir mais de [1,1 bilhão de dólares](#) em pesquisa de fusão nos próximos cinco anos, conforme anunciado pela Ministra Federal da Pesquisa, Bettina Stark-Watzinger. Esse apoio inclui um adicional de € 370 milhões destinados à pesquisa de fusão, além dos recursos já alocados às instituições de pesquisa. O propósito desse investimento é contribuir para o avanço da fusão como fonte de energia limpa e eficiente com ênfase na pesquisa por laser e por fusão magnética.

Fique de Olho!

Reino Unido financia tecnologia de reator refrigerado a gás de alta temperatura

O Department for Energy Security and Net Zero do Reino Unido concedeu à Ultra Safe Nuclear Corporation UK (USNC) uma doação de até US\$ 29 milhões para apoiar o desenvolvimento e demonstrar a tecnologia de [reator refrigerado a gás de alta temperatura](#). O prêmio anunciado junto ao lançamento do Great British Nuclear, é uma doação de fundos equivalentes através do programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração de Reator Modular Avançado do Reino Unido.

Empresas

METAS E ESTRATÉGIAS

Durante o terceiro trimestre de 2023 foi observada uma atividade especial por parte das empresas nucleares focada na formulação de metas e estratégias para promoção dessa fonte de energia. O Quadro 6 fornece uma síntese das principais iniciativas e movimentos empresariais associados à tecnologia.

Quadro 6: Principais iniciativas empresariais relacionadas à energia nuclear durante o 3º trim. de 2023

Empresa	Descrição
Westinghouse	Acordo de parceria formal com a Bechtel para a concepção e construção da primeira usina nuclear da Polônia em Lubiatowo-Kopalino que utilizará a tecnologia de reator Westinghouse AP1000.
	Assinatura de um acordo de longo prazo com a Slovenské elektrárne para o licenciamento e fornecimento de conjuntos de combustível VVER-440.
	Anúncio da criação de um centro de excelência para produção de combustível nuclear de baixo teor de urânio enriquecido Plus (LEU+) em sua Columbia Fuel Fabrication Facility (CFFF) na Carolina do Sul.
BWX Technologies	Produção de urânio de alto enriquecimento e baixo enriquecimento (HALEU) para reatores nucleares avançados através do processamento de milhares de quilogramas de sucata de propriedade do governo dos EUA contendo urânio enriquecido.

Empresas

Quadro 6 (continuação): Principais iniciativas empresariais relacionadas à energia nuclear durante o 3º trim. de 2023.

Empresa	Descrição
Holtec	Assinatura de PPA com a Wolverine Power Cooperative visando reiniciar a usina nuclear de Palisades de 800 MW em Covert Township, Michigan.
Rosatom	Anúncio do envio de um reator de 340 toneladas para a segunda unidade em Kursk II, marcando um recorde na produção anual de reatores pela AEM-Technology JSC.
Duke Energy	Recomendação da extensão da vida útil de suas usinas nucleares existentes e a construção de dois novos SMRs até 2035 em um portfólio de energia.
Hydro-Québec	Avaliação de possível recomissionamento de central Gentilly II no Canadá.
PEJ	Acordo com a Universidade de Tecnologia de Varsóvia (WUT) para colaborar no treinamento de profissionais para a indústria nuclear do país.
Kairos Power	Apresentação de um pedido à Comissão Reguladora Nuclear dos EUA (NRC) para construir uma usina Hermes 2 ao lado do reator de teste de sal fundido Hermes em Oak Ridge, Tennessee.

Fonte: Elaboração própria, a partir de GESEL (2023).

Empresas

No âmbito das principais estratégias definidas pelas empresas, sobressaem-se a concepção e formalização de acordos destinados a estabelecer parcerias tanto entre empresas como entre diferentes agentes, como as organizações empresariais e as instituições de ensino superior. A maioria dessas iniciativas envolve a colaboração para a construção de novas instalações nucleares ou o restabelecimento das operações em instalações já existentes. Também é possível observar cooperação em contextos que envolvem combustíveis e aprimoramento profissional no setor.

Como exemplo de parcerias específicas para a ampliação da capacidade global de energia nuclear é evidenciado o acordo formal de colaboração entre a Bechtel – empresa especializada em engenharia, construção e gestão de projetos – e a Westinghouse, empresa dedicada ao desenvolvimento de infraestrutura elétrica. Essa [parceria](#) visa conceber e construir a primeira usina nuclear da Polônia em Lubiatowo-Kopalino que empregará a tecnologia de reator Westinghouse AP1000. O acordo integra a vasta experiência de ambas as empresas no campo da energia nuclear. Junto a isso, a assinatura do contrato de serviços de engenharia com a Polskie Elektrownie Jądrowe (PEJ) está programada para acontecer em breve.

No contexto das metas empresariais em análise, não só a busca pela expansão da capacidade nuclear é frissado, mas também o comprometimento da própria manutenção, evidenciando uma atividade notável no que diz respeito ao recomissionamento e à extensão da vida útil de diversas instalações nucleares. Como exemplo, pode ser mencionado a Duke Energy – uma das principais *holdings* de energia na América – e seus planos de [prolongar a vida útil](#) de suas usinas nucleares existentes. Essa meta reflete o compromisso global de atingir a neutralidade carbônica até 2050.

Empresas

Fique de olho!

Kairos Power: Solicitação de licença de construção duas unidades nucleares

A empresa Kairos Power apresentou um pedido à Comissão Reguladora Nuclear dos EUA (NRC) para [construir](#) uma usina Hermes 2 ao lado do reator de teste de sal fundido Hermes em Oak Ridge, Tennessee. O Hermes 2 seria uma planta de demonstração de duas unidades que produziriam e venderiam eletricidade. O pedido está sob avaliação do NRC para determinar se o reator está completo para iniciar o processo formal de revisão técnica. O projeto visa demonstrar a arquitetura completa de futuras usinas comerciais com base nos aprendizados do reator Hermes.

MINERAÇÃO DE URÂNIO E PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL

No âmbito do setor empresarial nuclear é de fundamental importância o monitoramento das iniciativas direcionadas à mineração de urânio e à produção de combustível proveniente desse elemento. O Quadro 7 sintetiza as principais ações das empresas relacionadas a essas etapas específicas da cadeia de produção de energia nuclear.

Quadro 7: Principais iniciativas empresariais relacionadas à mineração de urânio/produção de combustível durante o 3º trim. de 2023.

Empresas	Descrição
Orano Mining Namibia	Anúncio da construção de uma central solar de 5 MW que fornecerá parte da energia necessária à Central de Dessalinização de Erongo (EDP).

Empresas

Quadro 7 (continuação): Principais iniciativas empresariais relacionadas à mineração de urânio/produção de combustível durante o 3º trim. de 2023.

Empresas	Descrição
Uranenergo LLP	Implementação de um programa de investimento aprovado pelo governo regional e nacional para garantir a confiabilidade e a sustentabilidade do fornecimento de energia às minas de urânio e aos assentamentos de Taukent e Kyzylshek no Turquestão.
Urenco USA	Início da construção de um painel solar de 0,5 MW que compensará seu uso elétrico.
Energoatom	O envio do primeiro lote de urânio extraído na Ucrânia para o Canadá, onde será convertido em hexafluoreto de urânio natural como parte de um acordo com a Cameco.
Kazatomprom	Definição de uma estratégia para aumentar sua produção de urânio em 2025, retornando pela primeira vez, 100% da sua produção em relação aos acordos de utilização do subsolo desde 2018.
Cameco	Revisão de previsão de produção de urânio canadense para 2023 devido a problemas de confiabilidade dos equipamentos em sua operação de mineração de urânio em Cigar Lake e incertezas relacionadas à produção planejada de operações em Key Lake.
NANO Nuclear Energy Inc	Início da diligência para estabelecer uma capacidade de produção de combustível nuclear no Laboratório Nacional de Idaho (INL).

Fonte: Elaboração própria, a partir de GESEL (2023).

Empresas

Entre as iniciativas notáveis, destaca-se a colaboração internacional motivada pelo fato de que nem todos os países detentores de reservas de urânio possuem a tecnologia necessária para enriquecê-lo, a fim de transformá-lo em combustível nuclear, no qual a colaboração entre a Ucrânia e o Canadá se mostra exemplar. A Energoatom — empresa ucraniana de energia nuclear — enviou o [primeiro lote de urânio](#) proveniente da Central de Mineração e Enriquecimento Oriental para o Canadá, onde será convertido em hexafluoreto de urânio natural. A parceria entre as empresas tem como objetivo diversificar o fornecimento de combustível nuclear da Ucrânia e estabelecer capacidades locais para processar material nuclear.

Além disso, as empresas se preocupam em relação às próprias projeções de produção de urânio, seja com a intenção de aprimorá-las ou de evitar sua indefinição. No esforço para otimizar tal desempenho, destaca-se o exemplo da Kazatomprom — produtora de urânio natural — que delineou uma [estratégia](#) para incrementar sua produção até 2025 e reestabelecer 100% a sua produção em relação aos acordos de exploração do subsolo. Tal iniciativa não é notada desde 2018 e a estimativa de produção para o ano de 2025 está entre 30.500 e 31.500 toneladas de urânio.

Estudos em destaque

Ao decorrer do terceiro trimestre de 2023, a produção de materiais de pesquisa com direcionamento preditivo e qualificativo foram o foco dos estudos nucleares. Entre os temas mais debatidos pelos organismos nacionais e internacionais competentes estão: a expansão e melhoria de performance dos pequenos reatores modulares (SMR, na sigla em inglês) e as dimensões nas quais a energia nuclear assume papel importante na transição para a economia de baixo carbono.

Tendo em vista o aperfeiçoamento de tecnologias nucleares avançadas e revisões mais eficientes dos pequenos reatores modulares, a [cooperação](#) entre a Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) e a United States Nuclear Regulatory Commission (US NRC) – que visa compartilhar informações científicas entre as reguladoras – está a publicação de um relatório sobre a qualificação do combustível isotrópico triestrutural (TRISO). A publicação é um trabalho conjunto que visa estabelecer uma posição regulatória comum e investigar potenciais analíticos ou lacunas que precisem ser examinadas para o avanço da utilização do combustível TRISO.

Assim, como propostas do projeto US NRC - CNSC foram listadas as seguintes iniciativas:

- 1) Fornecer evidências para o apoio de descobertas regulatórias para itens associados à qualificação de combustível que possam ser genericamente aplicadas ao combustível TRISO, dada a informação disponível no momento;
- 2) Identificar áreas da qualificação do combustível TRISO que são dependentes de um projeto específico;
- 3) Destacar áreas que requerem informações adicionais ou testes para a aprovação regulatória.

Estudos em destaque

Em conclusão, o relatório declara que os dados, critérios e abordagens levantadas para o aparato regulatório são suficientes para designs antecipados de reatores abastecidos a combustível TRISO e, também, que o tratamento de partículas pode ser genericamente enquadrado nos resultados analíticos do estudo desde que alguns parâmetros sejam atendidos.

A Agência Internacional de Energia (IEA, da sigla em inglês), por sua vez, publicou a [atualização de 2023](#) de seu Roteiro Net Zero. Desde 2021, essa publicação procura esboçar, como meta, um caminho global para o cumprimento estabelecer a temperatura global em 1,5 °C, medida acima dos níveis pré-industriais estabelecida pelo Acordo de Paris. Em sua mais nova versão, o roteiro contempla as transformações no cenário energético mundial e destaca o papel da energia nuclear nos esforços rumo à neutralidade de carbono.

No cenário revisado, a IEA constata que uma mudança no panorama político lança oportunidades para a retomada da energia nuclear enquanto forma de reduzir emissões e resguardar a segurança energética. Segundo a agência, entre os países que consideram estratégias com ênfase na energia nuclear estão, Canadá, China, França, Índia, Japão, Coreia, Polônia, Reino Unido e os Estados Unidos. A esse respeito, a previsão é de que a capacidade de geração nuclear seja maior do que o dobro até 2050, partindo de 417 GW (2022) e chegando a 916 GW. Essa previsão foi também um dos elementos revisados na edição deste Observatório, sendo que a publicação de 2021 estimava 812 GW para o mesmo prazo. Por um lado, essa estimativa, mais otimista, pode inscrever o interesse crescente pela energia nuclear. Por outro, essa percepção apresenta contrapartida em outra previsão indicando que, mesmo com o aumento da capacidade nuclear, sua participação no cenário Net Zero passaria de 9% (2022) para 8% (2050), ou seja, outras fontes cresceriam mais do que a fonte nuclear, proporcionalmente.

Estudos em destaque

De todo modo, para que esse ponto seja alcançado, serão necessários investimentos anuais que somem mais de US\$ 100 bilhões, montante maior do que o triplo de anos recentes. Apesar dos possíveis entraves, a IEA salienta que a cooperação internacional na rota para o Net Zero é indispensável e a energia nuclear desempenhará um papel fundamental nesse caminho à medida que mais nações implementem sua utilização.

Além disso, um artigo publicado pela FGV Energia destacou o papel das usinas nucleares frente a [vulnerabilidade](#) das fontes renováveis, cuja participação tem crescido na matriz energética brasileira. De autoria de Leonam dos Santos Guimarães (ex-presidente da Eletronuclear e atual Diretor Técnico da ABDAN) e Luiz Roberto Bezerra (Diretor da FGV Energia), o artigo apresenta o apagão do dia 15/08/2023 – causa da interrupção de 16 mil MW de carga – como marco para a retomada do debate sobre a segurança do abastecimento no Sistema Elétrico Brasileiro (SEB).

Um dos principais argumentos desenvolvidos pelos autores foi a necessidade de reserva girante de geração, que consiste na prontidão de fontes de geração firme para o acionamento em casos de oscilações de energia. A esse respeito, os autores enfatizam que as usinas nucleares são as melhores opções para desempenhar esse papel em razão da possibilidade de conciliação de critérios como, geração limpa, inércia rotacional e planejamento de longo prazo.

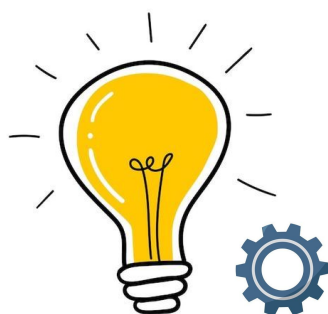
Por fim, o texto ressalta as particularidades do Brasil e o reconhecimento da capacitação técnica do setor em razão do pioneirismo no desenvolvimento da energia nuclear. “O Brasil possui o privilégio de possuir a riqueza natural de energias renováveis, como também do urânio, para contribuir como fonte de energia limpa e eficiente para o suporte à reserva de geração girante, bem como para a trajetória da descarbonização do planeta”, escreve um dos autores. Sendo possível depreender desse relato a recomendação do aproveitamento dessas vantagens e a valorização das potencialidades para o país ao combinar trajetória da transição energética com sustentabilidade e segurança.

Considerações Finais

Assim como no trimestre anterior, para os meses de julho, agosto e setembro, observou-se diversas novas iniciativas voltadas para a expansão da energia nuclear no Brasil e no Mundo.. No cenário nacional, o novo PAC se apresenta como uma oportunidade de explorar os montantes de investimentos disponíveis. Internacionalmente, destaque para as iniciativas do Reino Unido e Canadá, principalmente na questão do hidrogênio rosa (hidrogênio nuclear).

A dinâmica internacional continua se mostrando um ponto sensível. A situação na Ucrânia está longe de resolvida, ainda afetando a maior central nuclear na Europa. A liberação das águas de Fukushima desencadeou diversos conflitos geopolíticos na Ásia, principalmente com a China. Apesar das proposições da AIEA, a situação ainda é muito delicada.

O acompanhamento sistemático do desenvolvimento energia nuclear por meio do Informativo Eletrônico de Energia Nuclear demonstrou a necessidade de avaliações analíticas periódicas, capazes de identificar, mapear e analisar as principais políticas públicas e planos de governo, a dinâmica internacional, o posicionamento e as estratégias das empresas e o desenvolvimento tecnológico. Desta forma, o Relatório do Observatório de Energia Nuclear espera contribuir para uma maior divulgação do conhecimento referente ao tema e impulsionar debates e estudos acerca de novas estratégias e políticas para esta tecnologia também no Brasil.



Para receber o Informativo de Energia Nuclear, clique [aqui](#).



Para ler os Informativos de Energia Nuclear já publicados, clique [aqui](#).

Referências Bibliográficas

CNBC. **China to ban food imports from Japan cites concerns on nuclear contaminated water**. 07 de jul. 2023. Disponível em:

<https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/satellites-mostram-aumento-de-atividade-em-locais-de-testes-nucleares-na-russia-china-e-eua/>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

CNN BRASIL. **Satélites mostram aumento de atividade em locais de testes nucleares na Rússia, China e EUA**. 22 de set. 2023. Disponível em:

<https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/governo-dos-eua-afirma-que-ira-tem-capacidade-para-fabricar-bomba-nuclear-em-menos-de-duas-semanas/>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

CNN BRASIL. **Governo dos EUA afirma que Irã tem capacidade para fabricar bomba nuclear em menos de duas semanas**. 01 de out. 2023. Disponível em:

<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/novo-pac-destina-r-52-bilhoes-para-defesa-nacional-e-preve-construcao-de-submarino-nuclear-veja-projetos/>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

Acesso em 11 de nov. de 2023.

CNN BRASIL. **Novo PAC destina R\$ 52 bilhões para defesa nacional e prevê construção de submarino nuclear: veja projetos**. Disponível em

<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/novo-pac-destina-r-52-bilhoes-para-defesa-nacional-e-preve-construcao-de-submarino-nuclear-veja-projetos/>. Acesso em 16 de nov. 2023.

CLICK PETRÓLEO E GÁS. **Suécia investe em geração de energia nuclear para se tornar totalmente livre de combustíveis fósseis em curto prazo**. Disponível em

<https://clickpetroleoegas.com.br/suecia-investe-em-geracao-de-energia-nuclear-para-se-tornar-totalmente-livre-de-combustiveis-fosseis-em-curto-prazo/>. Acesso em 16 de nov. 2023.

Referências Bibliográficas

ÉPOCA NEGÓCIOS. **Em meio a discussões ambientais, energia nuclear volta ao debate nos EUA.** Disponível em <https://epocanegocios.globo.com/mundo/noticia/2023/09/em-meio-a-discussoes-ambientais-energia-nuclear-volta-ao-debate-nos-eua.ghtml>. Acesso em 16 de nov. 2023.

ÉPOCA NEGÓCIOS. **Microsoft planeja usar energia nuclear para alimentar seus data centers de IA.** Disponível em <https://epocanegocios.globo.com/inteligencia-artificial/noticia/2023/09/microsoft-planeja-usar-energia-nuclear-para-alimentar-seus-data-centers-de-ia.ghtml>. Acesso em 16 de nov. 2023.

FGV ENERGIA. **A VARIABILIDADE DAS FONTES RENOVÁVEIS VIS-A-VIS O PAPEL DAS USINAS NUCLEARES NO SUPORTE À RESERVA DE GERAÇÃO GIRANTE.** 25 de ago. 2023. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/opinioes/variabilidade-das-fontes-renovaveis-vis-vis-o-papel-das-usinas-nucleares-no-suporte-reserva>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

GESEL. **IFE Energia Nuclear.** 2023. Disponível em: < <https://gesel.ie.ufrj.br/temas/energia-nuclear/> >

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **IAEA Director General Statement on Situation in Ukraine.** 29 de set. 2023. Disponível em: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/update-185-iaea-director-general-statement-on-situation-in-ukraine>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **IAEA Presents Monitoring Data from Japan on Treated Water Release from Fukushima Daiichi.** 07 de jul. 2023. Disponível em: <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-presents-monitoring-data-from-japan-on-treated-water-release-from-fukushima-daiichi>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

Referências Bibliográficas

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **IAEA Director General Statement on Discharge of Fukushima Daiichi ALPS treated water.** 24 de ago. 2023. Disponível em:

<https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-director-general-statement-on-discharge-of-fukushima-daiichi-alps-treated-water-0>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

JORNAL DO COMÉRCIO. **Angra 3 terá estudos e Angra 1 receberá melhorias.** Disponível em

<https://www.jornaldocomercio.com/cadernos/jc-logistica/2023/08/1118933-angra-3-tera-estudos-e-angra-1-recebera-melhorias.html>. Acesso em 16 de nov. 2023.

METRÓPOLES. **PAC 3 reacende debate sobre produção de energia nuclear em Angra 3.** Disponível em

<https://www.metropoles.com/brasil/pac-3-reacende-debate-sobre-producao-de-energia-nuclear-em-angra-3>. Acesso em 16 de nov. 2023.

OBSERVATÓRIO TERCEIRO SETOR. **Japão tem sua economia afetada após jogar água radioativa no mar.** 25 de set. 2023. Disponível em:

<https://observatoriDispoo3setor.org.br/noticias/japao-tem-sua-economia-afetada-apos-jogar-agua-radioativa-no-mar/>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

PANORAMA MERCANTIL. **Cresce a corrida nuclear no Oriente Médio.** 26 de set. 2023. Disponível em:

<https://panoramamercantil.com.br/cresce-a-corrida-nuclear-no-orient-medio/>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

PETRONOTÍCIAS. **Lançada em Londres a campanha Net Zero buscando triplicar até 2050 a capacidade de geração nuclear.** 08 de set. 2023. Disponível em:

<https://petronoticias.com.br/lancada-em-londres-a-campanha-net-zero-buscando-o-triplicar-ate-2050-a-capacidade-de-geracao-nuclear/>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

Referências Bibliográficas

PETRONOTÍCIAS. **Deputado Julio Lopes apresenta ao BNDES uma proposta para viabilizar o aumento da mineração de urânio no Brasil.** Disponível em <https://petronoticias.com.br/deputado-julio-lopes-apresenta-ao-bndes-uma-proposta-para-viabilizar-o-aumento-da-mineracao-de-uranio-no-brasil/>. Acesso em 16 de nov. 2023.

PETRONOTÍCIAS. **Justiça cassa liminar e as obras da usina nuclear Angra 3 voltam a ser paralisadas, mas Eletronuclear promete recorrer.** Disponível em <https://petronoticias.com.br/justica-cassa-liminar-e-as-obras-da-usina-nuclear-angra-3-voltam-a-ser-paralisadas-mas-eletronuclear-promete-recorrer/>. Acesso em 16 de nov. 2023.

PETRONOTÍCIAS. **Argentina e a França renovam acordo nuclear entre os dois países na conferência da agência de energia atômica em Viena.** Disponível em <https://petronoticias.com.br/argentina-e-a-franca-renovam-acordo-nuclear-entre-os-dois-paises-na-conferencia-da-agencia-de-energia-atomica-em-viena/>. Acesso em 16 de nov. 2023.

POWER ENGINEERING. **Energy Northwest aims to bring Washington's first small modular reactor online by 2030.** Disponível em <https://www.power-eng.com/nuclear/energy-northwest-aims-to-bring-washingtons-first-small-modular-reactor-online-by-2030/#gref>. Acesso em 16 de nov. 2023.

POWER ENGINEERING. **Holtec signs PPA aimed at restarting Palisades nuclear plant.** Disponível em <https://www.power-eng.com/nuclear/holtec-signs-ppa-aimed-at-restarting-palisades-nuclear-plant/#gref>. Acesso em 16 de nov. 2023.

Referências Bibliográficas

POWER ENGINEERING. **Fukushima nuclear plant's operator says the first round of wastewater release is complete.** 11 de set. 2023. Disponível em: <https://www.power-eng.com/ap-news/fukushima-nuclear-plants-operator-says-the-first-round-of-wastewater-release-is-complete/>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

TECNODEFESA. **Marinha do Brasil avança em programado submarino nuclear.** Disponível em <https://tecnodefesa.com.br/marinha-do-brasil-avanca-em-programa-do-submarino-nuclear/>. Acesso em 16 de nov. 2023.

TERRA. **Itália prepara caminho para retomar energia nuclear.** Disponível em <https://www.terra.com.br/noticias/mundo/italia-prepara-caminho-para-retomar-energia-nuclear,7a18aefe376ec7f1c8d3fbebff0c974476jjpsi.html>. Acesso em 16 de nov. 2023.

VALOR ECONÔMICO. **Dependência indiana da Rússia no setor nuclear preocupa os EUA.** 02 de ago. 2023. Disponível em: <https://valor.globo.com/mundo/noticia/2023/08/02/dependencia-indiana-da-russia-no-setor-nuclear-preocupa-os-eua.ghtml>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

VALOR ECONÔMICO. **Geração de energia tem previstos R\$ 757 bilhões em investimentos no novo PAC.** Disponível em <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2023/08/15/geracao-de-energia-tem-previstos-r-757-bilhoes-em-investimentos-no-novo-pac.ghtml>. Acesso em 16 de nov. 2023.

VALOR ECONÔMICO. **Coreia do Sul avança nos planos de construção de usinas nucleares.** Disponível em <https://valor.globo.com/mundo/noticia/2023/07/19/coreia-do-sul-avana-nos-planos-de-construo-de-usinas-nucleares.ghtml>. Acesso em 16 de nov. 2023.

Referências Bibliográficas

WNN. **Fukushima water release is safe, IAEA concludes.** 04 de jul. 2023.

Disponível em:

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Fukushima-water-release-is-safe-IAEA-concludes>. Acesso em 11 de nov. de 2023.

WNN. **IEA sees greater role for nuclear in attaining net-zero by 2050.** 27 de set. 2023. Disponível em:

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/IEA-sees-greater-role-for-nuclear-in-attaining-net>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WNN. **Canadian, US regulators publish joint TRISO report.** 30 de jun. 2023.

Disponível em:

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Canadian-US-regulators-publish-joint-TRISO-report>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Governo de Ontário anuncia apoio para expansão nuclear.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Ontario-government-announces-support-for-nuclear-e>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Mais financiamento para avançar a geração de hidrogênio nuclear no Reino Unido.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/More-funding-to-progress-UK-nuclear-generated-hydr>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Comitê convoca governo do Reino Unido a consolidar planos para energia nuclear.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Committee-calls-on-UK-government-to-firm-up-nuclear>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Primeiro-ministro da República Checa sugere a necessidade de quatro novas unidades nucleares.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Czech-PM-suggests-four-new-nuclear-units-needed>. Acesso em 16 de nov. 2023.

Referências Bibliográficas

WORLD NUCLEAR NEWS. **Mianmar e Rússia avançam com energia nuclear.**

Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Myanmar-and-Russia-push-ahead-with-nuclear-energy>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Turquia visa alcançar 20 GW de energia nuclear até a década de 2050.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Turkey-aiming-for-20GW-of-nuclear-by-2050s>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Arábia Saudita reitera planos para energia nuclear.**

Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Saudi-Arabia-reiterates-plans-for-nuclear-energy>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Coreia do Sul prepara-se para apoiar novas usinas nucleares.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/South-Korea-set-to-back-new-nuclear-plants>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **ENEC, OSGE cooperate to advance SMRs in Europe.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/ENEC-OSGE-cooperate-to-advance-SMRs>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **France, India expand cooperation to include SMRs.**

Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/France-India-expand-cooperation-to-include-SMRs>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Reguladores canadenses e ucranianos concordam em cooperar em questões nucleares.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Canadian-Ukrainian-regulators-agree-to-cooperate>. Acesso em 16 de nov. 2023.

Referências Bibliográficas

WORLD NUCLEAR NEWS. **Tribal council, First Nations take stake in SMR companies.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Tribal-council,-First-Nations-take-stake-in-SMR-co>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **US furthers overseas support for coal-to-SMR projects.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/US-furthers-overseas-support-for-coal-to-SMR-proje>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **More countries set to join Nuward SMR joint early review.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/More-countries-to-join-Nuward-SMR-joint-early-revi>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **UK SMR selection contest: Six companies into next stage.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/UK%C2%A0SMR-selection-contest-Six-companies-into-next>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **LLNL researchers achieve fusion ignition for second time.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/LLNL-researchers-achieve-fusion-ignition-for-secon>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Germany stepping up investment in fusion.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Germany-plans-massive-investment-in-fusion>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **US projects to look at nuclear role in carbon capture.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/US-projects-to-look-at-nuclear-role-in-carbon-capt>. Acesso em 16 de nov. 2023.

Referências Bibliográficas

WORLD NUCLEAR NEWS. **Ultra Safe gets USD29 million UK grant.**

Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Ultra-Safe-and-Jacobs-get-USD29-million-UK-grant>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **BWXT, Crowley to work together on power plant vessel concept.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/BWXT-Crowley-to-work-together-on-power-plant-vess>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Kairos seeks construction licence for two-unit Hermes plant.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Kairos-seeks-construction-licence-for-two-unit-Her>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **PEJ teams up with university for nuclear skills development.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/PEJ-teams-up-with-university-for-nuclear-skills-de>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Hydro-Québec mulls Gentilly 2 recommissioning.**

Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Hydro-Quebec-mulls-Gentilly-2-recommissioning>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Nuclear is 'bedrock' of Duke's energy roadmap.**

Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Nuclear-is-bedrock-of-Duke-s-energy-roadmap>. Acesso em 16 de nov. 2023.

Referências Bibliográficas

WORLD NUCLEAR NEWS. **Fourth new reactor shows record pace of production, says Rosatom.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Four-new-reactors-in-year-is-a-record.-says-Rosato>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **BWXT announces HALEU contract.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/BWXT-announces-HALEU-contract>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Westinghouse expands fuel offerings of Columbia plant.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Westinghouse-expands-fuel-offerings-of-Columbia-pl>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Slovenské elektrárne and Westinghouse fuel supply agreement.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Slovenske-Elektrarne-and-Westinghouse-sign-fuel-su>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Westinghouse, Bechtel sign consortium agreement for Polish plant.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Westinghouse.-Bechtel-sign-consortium-agreement-fo>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Microreactor company looks to INL for fuel fabrication plant sitet.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Microreactor-company-looks-to-INL-for-fuel-fabrica>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Cameco revises 2023 Canadian production forecast.** Disponível em <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Cameco-revises-2023-Canadian-production-forecast>. Acesso em 16 de nov. 2023.

Referências Bibliográficas

WORLD NUCLEAR NEWS. **Kazatomprom plans 2025 uranium production increase.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Kazatomprom-plans-2025-uranium-production-increase>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Energoatom sends first batch of Ukrainian-mined uranium to Canada.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Energoatom-sends-first-uranium-mined-in-Ukraine-to>. Acesso em 16 de nov. 2023.

WORLD NUCLEAR NEWS. **Projects secure power for fuel cycle operators.** Disponível em

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Projects-secure-power-for-fuel-cycle-operators>. Acesso em 16 de nov. 2023.



Observatório de Energia Nuclear

Equipe de Pesquisa

Editor: Prof. Nivalde J. de Castro

Subeditores: Fabiano Lacombe
João Pedro S. Gomes

Pesquisadores: Cristina Rosa
Gustavo Esteves
Pedro Ludovico



fb.com/geselufrj



[@geselufrj](https://twitter.com/geselufrj)