

CONTEÚDO

[Voltar para o índice](#)

NOTÍCIAS DE ROSATOM

[O primeiro suspiro de Akkuyu](#)

[Os reatores saíram em pares](#)

TECNOLOGÍAS DE REACTORES

[Reator de chumbo “em ferro”](#)

TENDÊNCIAS

[Urânio para os próximos 100 anos](#)

AMÉRICA LATINA

[A Bolívia recebe o reator](#)



O primeiro suspiro de Akkuyu

O primeiro lote de combustível nuclear para a 1ª unidade da central de Akkuyu foi entregue no local da usina. A partir desse momento, a central passa a ser uma usina nuclear e o país passa a ser o proprietário da energia nuclear. A cerimônia de entrega de combustível contou com a presença do Diretor Geral da AIEA, Rafael Grossi, do Diretor Geral da Rosatom, Alexey Likhachev, e do Ministro de Energia e Recursos Naturais da Turquia, Fatih Dönmez. A cerimônia foi assistida por videoconferência pelos presidentes da Rússia e da Turquia, Vladimir Putin e Recep Tayyip Erdoğan.

“Este é um evento muito emocionante para todos. Comparado com a vida humana, é como o primeiro suspiro de um recém-nascido. Ainda tem muita coisa pela frente: a criança vai receber um nome, vai aprender a andar, a falar. Mas o primeiro suspiro já aconteceu e o mundo sabe que existe mais uma usina nuclear no planeta.”, disse Alexey Likhachev.

O chefe da Rosatom apresentou a Fatih Dönmez um certificado confirmando que o combustível foi entregue em conformidade com todas as normas e requisitos de segurança. Ao final da cerimônia, um gesto simbólico foi feito: os moradores do distrito de Gülnar, um representante da geração mais velha, um menino em idade escolar e um jovem engenheiro nuclear levantaram a bandeira da energia nuclear pacífica sobre a usina de Akkuyu

NOTÍCIAS ROSATOM

[Voltar para o índice](#)

como sinal da adesão da Turquia ao número de países que desenvolvem energia nuclear para fins pacíficos.

“É simbólico que hoje a Turquia ingresse no clube das nações industrializadas e tecnologicamente desenvolvidas que já possuem sua própria indústria nuclear, justamente em 2023, quando a Turquia comemora 100 anos de fundação da República da Turquia”, comentou Vladimir Putin.

Rafael Grossi, dirigindo-se aos participantes do evento, destacou: **“A energia nuclear traz grandes benefícios e, ao mesmo tempo, uma grande responsabilidade. Portanto, a AIEA acompanhou o projeto da Usina Nuclear de Akkuyu desde o início e forneceu apoio para garantir o cumprimento de todos os regulamentos de segurança. Hoje estamos cheios de esperança e damos este passo com fé no sucesso. A usina nuclear de Akkuyu ainda produzirá energia limpa daqui a 100 anos. Pode-se contar com o apoio da AIEA a cada passo do caminho”**.

A entrega de combustível nuclear é um indicador do alto nível de prontidão da unidade. Segundo Alexey Likhachev, as obras gerais da 1ª unidade serão concluídas este ano. O trabalho de pré-comissionamento começa-

rá em novembro. Primeiro, os sistemas serão testados individualmente, depois serão testados como um todo. As próximas etapas são o comissionamento propriamente dito e o carregamento do combustível. **“Demora muitos meses, mas, de qualquer forma, planejamos fazer um lançamento físico no ano que vem, ou seja, levar o reator ao nível de potência mínima controlável e iniciar um aumento gradual da potência do reator para que, em 2025, já gere eletricidade de forma sustentável, conforme propusemos em nosso acordo intergovernamental com a República da Turquia”**, disse Alexey Likhachev, durante entrevista coletiva.

O projeto está avançando dentro do cronograma e, em algumas etapas, até antes do previsto, apesar do incrível número de eventos adversos que aconteceram nos últimos anos. Entre eles, a pandemia e as restrições impostas pelas sanções, bem como o catastrófico terremoto na Turquia. Como observou Alexey Likhachev, o trabalho bem coordenado da equipe de projeto unificada russo-turca e a atenção pessoal dos presidentes de ambos os países favorecem a continuação da construção da usina.

“A importância deste momento vai além dos limites da Turquia. Como a comunidade nuclear global está comprometida em construir novas usinas nucleares na velocidade e escala necessárias, a Usina Nuclear de Akkuyu é um símbolo poderoso desse compromisso compartilhado. E está claro que a conclusão da construção da primeira unidade de energia em cerca de 5 anos demonstra cooperação internacional e que nós, como indústria, podemos construir reatores nucleares com eficiência.”, enfatizou a diretora da Associação Nuclear Mundial (WNA, na sigla em inglês), Sama Bilbao y León, em suas palavras de felicitações.

NOTÍCIAS ROSATOM

[Voltar para o índice](#)

Depois de concluídas, as quatro unidades da usina gerarão 35 bilhões de kWh de eletricidade livre de carbono por ano. Isso representa quase 10% da demanda nacional total. Desta forma, Akkuyu levará a Turquia a alcançar emissões zero e fortalecer a independência energética do país.

Akkuyu é o primeiro, mas talvez não o único projeto nuclear conjunto entre Moscou e Ancara. A República da Turquia planeja construir várias usinas nucleares de grande escala, inclusive na região de Sinop. **“Conhecemos os planos do governo turco, os apoiamos e estamos prontos para iniciar as negociações oficiais. Temos nossas próprias propostas tanto do lado técnico e da importante localização na Turquia, quanto do lado econômico, sobre como tratar o novo projeto em termos de gestão.”**, disse Alexey Likhachev. Ele acrescentou ainda que a estatal está disposta a cooperar não só na construção de usinas nucleares de alta potência, mas também no segmento de pequenas usinas nucleares.

A Usina Nuclear de Akkuyu é a primeira usina nuclear na Turquia. Consiste em quatro unidades de energia com reatores VVER-1200 geração 3+ de design russo. A Rosatom possui 100% de participação no projeto e, de acordo com o Acordo Intergovernamental, pode vender até 49% para um ou mais investidores. A Usina Nuclear de Akkuyu é o primeiro projeto de usina nuclear do mundo baseado no modelo Build-Own-Operate.



Os reatores saíram em pares

No final de abril, a Atommmash (que faz parte da Atomenergomash, divisão de construção de máquinas da Rosatom), despachou dois conjuntos de equipamentos essenciais para usinas nucleares. No total, são 2 reatores e 8 geradores de vapor. É a primeira vez na história da indústria global de energia nuclear que tal volume foi enviado de uma única instalação de produção.

Preparação na hora

A Atommmash começou a se preparar para o trabalho árduo com antecedência. A tarefa foi abordada de forma abrangente, resolvendo-a em várias vertentes: modernização e reequipamento técnico das instalações produtivas, digitalização dos processos produtivos, otimização dos processos empresariais, reciclagem e formação avançada dos empregados.

Desde 2018, dezenas de unidades de equipamentos de soldagem, máquinas de corte

NOTÍCIAS ROSATOM

[Voltar para o índice](#)

de metal, equipamentos para operações de controle de qualidade foram adquiridas e modernizadas para a Atommash. Por exemplo, em 2020, a fábrica inaugurou uma fresadora e mandriladora horizontal CNC de quase 600 toneladas e 40 metros de comprimento. A renovação das máquinas possibilitou agilizar a usinagem de peças e corpos de geradores de vapor e reatores.

Entre 2016–2022, o número de empregados da Atommash aumentou mais de 1,5 vezes. Eles não foram apenas contratados, mas também treinados no âmbito de programas especiais. A orientação e o treinamento proativos foram usados, o que se correlacionou com o programa de modernização das instalações de produção.

A Atommash implementou tecnologias de escaneamento 3D de produtos para controlar parâmetros geométricos e um sistema de informação para otimizar o transporte dentro da fábrica. O processo de fabricação dos geradores de vapor utiliza um sistema de simulação capaz de calcular o cronograma de produção e compará-lo com o desempenho real das operações tecnológicas e de controle. Soluções e tecnologias digitais também são usadas para monitorar o status do pessoal

(movimentos, principais indicadores de saúde, uso de EPI, etc.).

A Atommash usa ferramentas de modelagem digital: mais de 90% da gama de produtos possui modelos 3D com capacidade de verificar a montagem. A gestão da produção é realizada através do sistema de informação “Painel de Direção” (um App). Inclui informação sobre as cargas dos principais equipamentos, controle da execução do contrato, execução do programa mensal por troços e outros indicadores.

Carga compacta

O tempo de fabricação de equipamentos para uma usina de reator é superior a dois anos. O complexo processo de produção passa por vários pontos de controle. Por exemplo, para um vaso de reator nuclear, existem cerca de 300 desses pontos. Somente depois de passar um ponto você pode continuar trabalhando até chegar ao próximo. Levando em consideração essas etapas, a carga de trabalho é estimada e o cronograma ótimo é construído de acordo com o princípio da sequência efetiva. Quando um produto passa por um estágio, as instalações de produção podem assumir o próximo. A capacidade produtiva da empresa permite executar uma série de processos em paralelo e levar vários equipamentos à fase final simultaneamente.

Para onde os equipamentos foram enviados?

Um conjunto foi para a Índia, para a usina nuclear de Kudankulam, para a 5ª unidade de energia que está em construção. O segundo equipamento foi para a China, para a 7ª unidade de energia da usina nuclear de



NOTÍCIAS ROSATOM

[Voltar para o índice](#)

AtomEnergomash (AEM) é a divisão de engenharia de energia da Rosatom e uma das maiores produtoras russas de máquinas de energia, fornecendo soluções abrangentes em projeto, fabricação e fornecimento de máquinas e equipamentos para as indústrias nuclear, térmica, petrolífera, naval e metalúrgica.

Tianwan. O peso total da carga é de 3400 toneladas.

A usina nuclear de Kudankulam está localizada no sul da Índia, no estado de Tamil Nadu. No local da usina nuclear estão sendo construídas quatro unidades de energia com reatores VVER-1000, que são o segundo e terceiro estágios da usina nuclear.

A usina nuclear de Tianwan está localizada na província chinesa de Jiangsu. A Rosatom está construindo duas unidades com reatores VVER-1200, que pertencem à geração 3+ de segurança.

Como os reatores foram transportados?

A carga foi primeiro transportada por estrada para um cais especializado em Tsimlyansk. Os equipamentos foram transportados à noite para não criar engarrafamentos. Devido ao tamanho, os serviços da cidade bloquearam estradas e cortaram as linhas de energia.

A velocidade dos transportadores era de apenas 2–7 km/h.

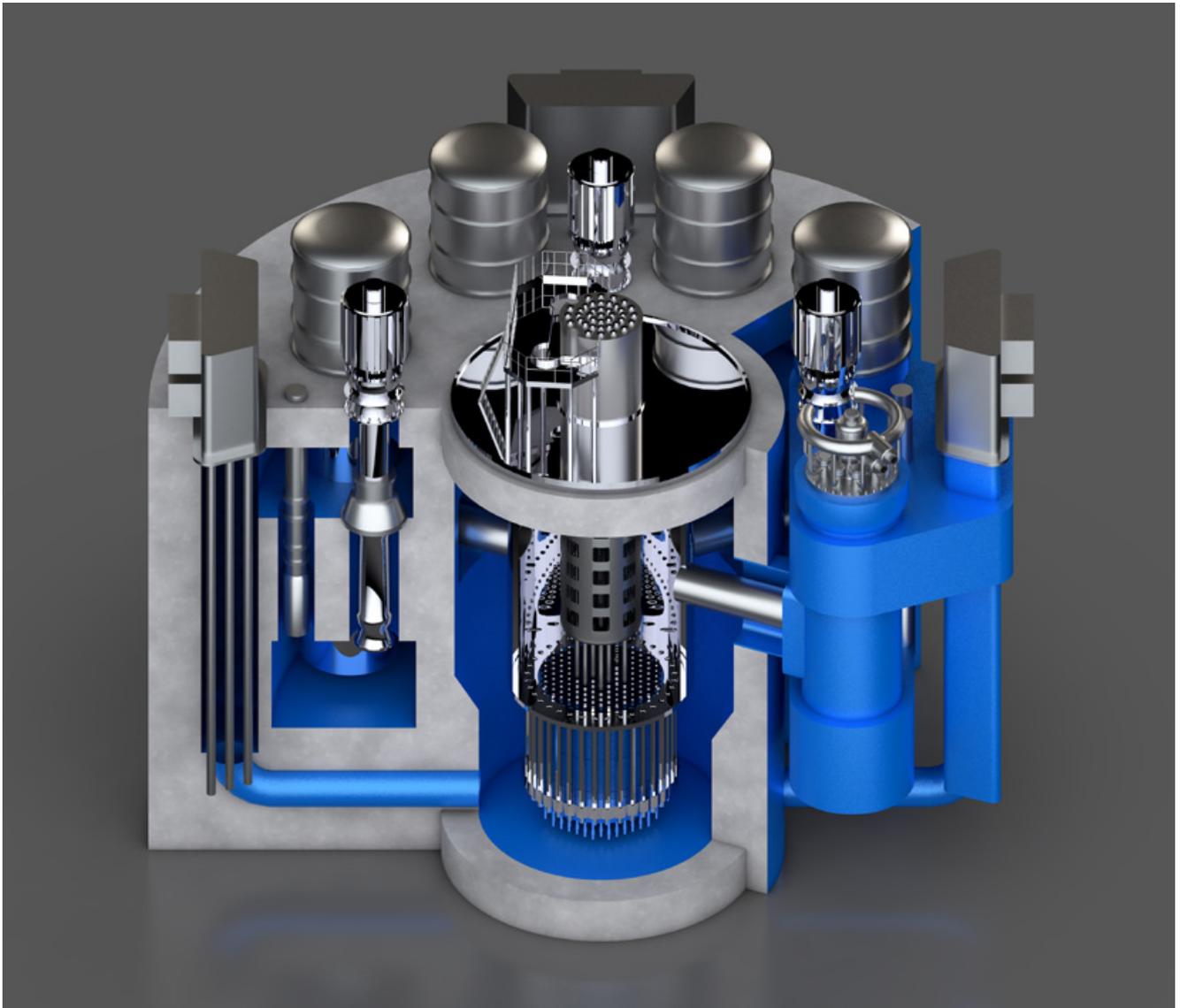
Nos dias 27 e 29 de abril, as equipes foram transferidas para barcaças e seguiram para São Petersburgo pelo rio. O percurso pelos rios era de 3500 km. As barcaças navegaram por Saratov, Samara, Kazan, Nijni Novgorod, Shlisselburg e outras cidades.

Em São Petersburgo, as barcaças navegarão pelo rio Neva, à noite, sob as pontes suspensas. De São Petersburgo, as equipes seguirão para seus destinos. A carga passará pelos mares Báltico e do Norte, Gibraltar, mar Mediterrâneo, canal de Suez e mares Vermelho e Arábico.

Os registros continuam

Em 2023, a Atomenergomash continuará quebrando recordes. Até o final do ano, as empresas da divisão de construção de máquinas planejam enviar mais três reatores nucleares (novamente da planta Atomenergomash) e outros equipamentos essenciais e auxiliares para usinas nucleares, reatores de quebra-gelo, além de dezenas de outros equipamentos. No total, a carteira de pedidos da empresa inclui equipamentos para a sala de reatores de 23 unidades de energia em diferentes países. E isso sem contar equipamentos para projetos de GNL, construção naval, petroquímica, combustível e energia, metalúrgica e outras indústrias. 

[Ao início da seção](#)



Reator de chumbo “em ferro”

O reator BREST-OD-300 é o primeiro reator rápido desse tipo, alimentado com nitreto e resfriado a chumbo, implementado não apenas no papel, mas já construído em “ferro”. Seu principal objetivo é demonstrar a viabilidade e o sucesso do fechamento do ciclo do combustível nuclear e as mais recentes tecnologias de reatores.

Como o reator é projetado e como ele funciona?

BREST-OD-300 significa “Reator Rápido de Segurança Natural, Demonstração Experimental, com Capacidade de 300 MW”. O refrigerante usado é chumbo fundido. O combustível é uma mistura de urânio e nitreto de plutônio (SNUP). O primeiro concreto foi derramado na fundação do prédio do reator em junho de 2021.

O novo refrigerante requer o uso de um design especial. No BREST-OD-300, o núcleo



TECNOLOGIAS DE REATORES

[Voltar para o índice](#)

está localizado na cavidade central de uma piscina de concreto armado preenchida com chumbo líquido. Os geradores de vapor e as bombas de circulação estão localizados nas cavidades periféricas.

As temperaturas de fusão e ebulição e outras características físicas do refrigerante, bem como as características do reator, possibilitaram o abandono da armadilha de fusão, evitam um grande volume de sistemas de suporte e também reduzem a classe de segurança dos equipamentos não reatores. O projeto integral e a física da usina do reator excluem acidentes que exijam a evacuação da população.

O reator funciona segundo um esquema de dois circuitos: o combustível nuclear aquece o chumbo líquido do circuito primário, dentro do gerador de vapor entrega o calor à água do circuito secundário, que na forma de vapor gira a turbina que transfere energia ao gerador elétrico, que, por sua vez, produz eletricidade.

O BREST-OD-300 faz parte do Complexo de Energia de Demonstração Experimental



(ODEK). ODEK também inclui um módulo de produção de combustível de urânio-plutônio e um módulo de reprocessamento de combustível usado. Novos lotes de combustível novo serão produzidos a partir de plutônio de grau energético com adição de urânio empobrecido, usando tecnologia de fusão carbotérmica.

Os três elementos do ODEK devem demonstrar a sustentabilidade da produção cíclica de combustíveis, sua utilização e reprocessamento do combustível nuclear irradiado. Na verdade, este é o fechamento do ciclo do combustível nuclear em uma usina nuclear.

Diferentes lados do desenvolvimento

No final de abril, na Usina Química da Sibéria — Siberian Chemical Plant (SKhK, parte da TVEL), no local onde está sendo construído o ODEK, começaram a montar um protótipo de bomba para bombeamento de chumbo fundido. Aço de alta liga e materiais cerâmicos foram usados para este equipamento. O equipamento pesa mais de 30 toneladas e a bomba foi entregue no final de março de 2023. Após sua instalação, ela será testada em um suporte especial em uma coluna com chumbo fundido. A bomba BREST é capaz de bombear 11 toneladas de chumbo fundido por segundo pelo circuito primário do reator, o que equivale ao volume de um caminhão médio carregado de chumbo.

Durante este ano, especialistas verificarão as características de pressão e vazão da bomba. Com base nos resultados obtidos, considerando possíveis melhorias, serão fabricadas em série quatro unidades de bombeamento.

A Novosibirsk Chemical Concentrate Plant — Usina de Concentrados Químicos de Novosibirsk (NCCP, que faz parte da Rosatom)



TECNOLOGIAS DE REATORES

[Voltar para o índice](#)



está trabalhando na criação de uma zona de simulação, que são modelos de cartuchos de combustível. A previsão é que esteja pronta até o final de 2024 e enviado para o ODEK.

Antes disso, as varetas de combustível e os conjuntos de combustível para o BREST-OD-300 passaram por vários estudos e testes. Um exemplo recente foi em setembro de 2022, quando os testes e estudos pós-reator de barras de combustível simuladas foram concluídos no reator pulsado IGR (Cazaquistão). Como resultado, o comportamento das varetas de combustível em situações fora do projeto envolvendo a introdução de reatividade positiva foi confirmado experimentalmente.

Paralelamente, os cientistas estão explorando novos materiais que melhoram a eficiência do combustível. Assim, em fevereiro deste ano, os especialistas da VNIINM JSC (parte da

Rosatom) produziram um lote piloto de tubos bimetálicos com uma camada protetora de aço ferrítico de 0,3 mm de espessura. Esses tubos podem ser usados como revestimentos para elementos de combustível em um reator refrigerado a chumbo. Eles também podem se tornar a base para as células da grade espaçadora no núcleo. No futuro, novos materiais estruturais ajudarão a aumentar a queima de combustível do SNUP em um reator rápido refrigerado a chumbo em 20–25% e, como resultado, aumentar a eficiência econômica de sua operação.

Muito trabalho também está sendo feito na formação de especialistas. Em março, mais de 30 empregados do módulo de manufatura-remanufatura do ODEK foram treinados em um simulador analítico. Os especialistas desenvolveram as habilidades de trabalho na linha de produção, processos tecnológicos, conheceram o procedimento para situações de emergência.

Estágios de duas semanas para especialistas da Siberian Chemical Plant na usina nuclear de Beloyarsk começarão este ano.

A construção do reator, a instalação e partida dos equipamentos e o projeto do módulo de processamento do combustível nuclear irradiado estão avançando conforme o planejado. Espera-se que o ODEK esteja totalmente operacional em 2030. 

[Ao início da seção](#)

A Joint Report by the Nuclear Energy Agency
and the International Atomic Energy Agency



Uranium 2022 Resources, Production and Demand



Urânio para os próximos 100 anos

Um relatório regular da AIEA “Uranium-2022: Resources, Production and Demand” (Urânio-2022: Recursos, Produção e Demanda) foi publicado no início de abril. Esse relatório não apenas registra os resultados de 2020 e as mudanças nos dois anos desde a publicação da edição anterior, mas

também avalia os desenvolvimentos mais recentes que afetam o mercado de urânio. A crise energética na Europa, as interrupções na cadeia de abastecimento e o aumento dos preços para cerca de 50–51 dólares por libra de óxido nítrico. A soma dos fatores tornou economicamente viável a extração de reservas a um custo mais elevado, aumentando assim a vida útil das usinas nucleares em até 100 anos.

O relatório sobre a indústria global de urânio, elaborado pela OCDE e pela Agência de Energia Nuclear (NEA), deveria sair no final

TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

de 2022, mas a publicação foi adiada. Apesar do atraso, o exercício contábil manteve-se inalterado.

Recursos

Em 2019–2020, os recursos globais de urânio diminuiram 2%, enquanto nos dois anos anteriores aumentaram cerca de 1%. Por exemplo, recursos identificados com custos de extração de até US\$ 260/kg de urânio (US\$ 100/lb de óxido nítrico), que também incluem recursos de custo mais baixo, caíram de pouco mais de 8 milhões de toneladas de urânio para pouco menos de 7,92 milhões de toneladas. A queda foi de 152,9 mil toneladas ou 1,9%. Os recursos foram os que mais

caíram, 28,2%, na categoria até US\$ 40/kg (US\$ 15/lb de óxido nítrico), passando de quase 1,1 milhão de toneladas para uma fração de 776 mil toneladas. Na categoria de até US\$ 80/kg (US\$ 30/lb de óxido nítrico), a queda foi de apenas 0,8%, enquanto na categoria de até US\$ 130/kg (US\$ 50/lb de óxido nítrico), a queda foi de 1,1%.

No grupo de recursos razoavelmente seguros, incluídos nos recursos identificados, as variações na categoria de até US\$ 40/kg são ainda mais dramáticas, já que a queda foi de 38,6%, os recursos passaram de 744,5 mil toneladas para 457,2 mil toneladas. Nas demais categorias, a queda é bem menos expressiva: 2,6% (para 1,21 milhão de toneladas) na categoria até US\$ 80/kg; em 0,6% (até 3,81 milhões

Figure 1.1. Global distribution of identified recoverable conventional uranium resources (<USD 130/kgU as of 1 January 2021)



* Secretariat estimate or partial estimate.

The global distribution of identified recoverable conventional uranium resources in the <USD 130/kgU cost category among 15 countries, which are either major uranium producers or have significant plans for growth of nuclear generating capacity, illustrates the widespread distribution of these resources. Together, these 15 countries are endowed with 95% of the global resource base as specified above (the remaining 5% are distributed among another 24 countries). The widespread distribution of uranium resources is an important geographic aspect of nuclear energy in light of security of energy supply.



TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

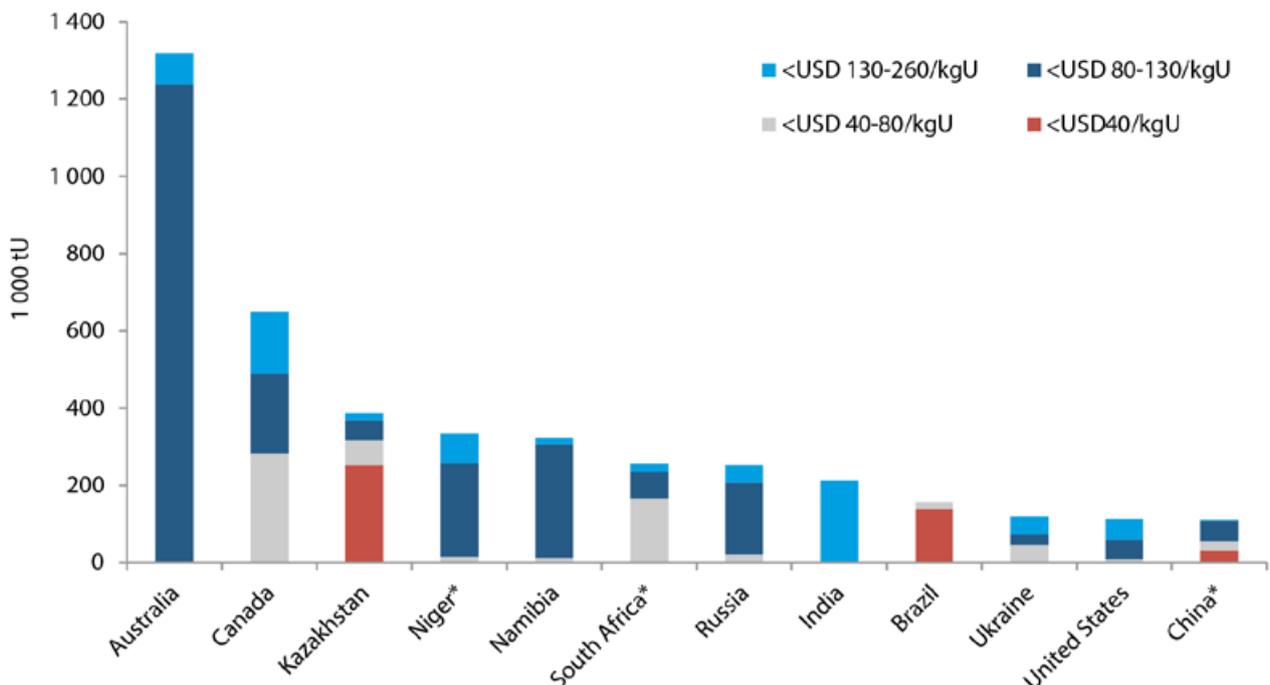
de toneladas) na categoria até US\$ 130/kg e em 0,7% (até 4,69 milhões de toneladas) na categoria até US\$ 260/kg.

“A queda deveu-se principalmente ao esgotamento das reservas e à realocação de recursos por categoria no Cazaquistão e no Canadá. Além disso, o declínio nos recursos nestes e em outros países produtores de urânio foi afetado por mudanças nas estimativas de limite de bordo, dados revisados de recuperabilidade, impacto da inflação monetária e uma reavaliação dos recursos de urânio previamente identificados.”, explicam os autores do relatório. Em particular, após a revalorização no Canadá, não sobraram recursos na categoria de até US\$ 40/kg. Apenas Argentina (2,4 mil toneladas), Brasil (138,1 mil toneladas), China (73,2 mil toneladas), Cazaquistão (502 mil toneladas), Espanha (8,1 mil toneladas) e Uzbequistão (52,1 mil toneladas) declararam

tê-los. No entanto, os autores do relatório recomendam que os dados nas duas últimas categorias de custos sejam tratados com cautela, “porque alguns países não informam estimativas de recursos de baixo custo, principalmente por questões de confiabilidade, e outros países que nunca exploraram minas de urânio ou iniciaram a exploração apenas recentemente, podem subestimar o custo de produção”.

Nas três categorias de custo mais alto (entre US\$ 40 e US\$ 260/kg), os recursos diminuíram na Rússia, Ucrânia, Cazaquistão e República Centro-Africana. As estimativas de recursos para a Mongólia, China e Turquia foram revisadas. Guiana, Hungria, Índia, Malawi, Mauritânia, Mongólia, Namíbia, Níger e Paraguai anunciaram aumentos de recursos nas mesmas categorias. Estes são resultados de exploração contínua e novas descobertas.

Figure 1.2. Distribution of reasonably assured recoverable conventional uranium resources among select countries with a significant share of resources



* Secretariat estimate or partial estimate.



TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

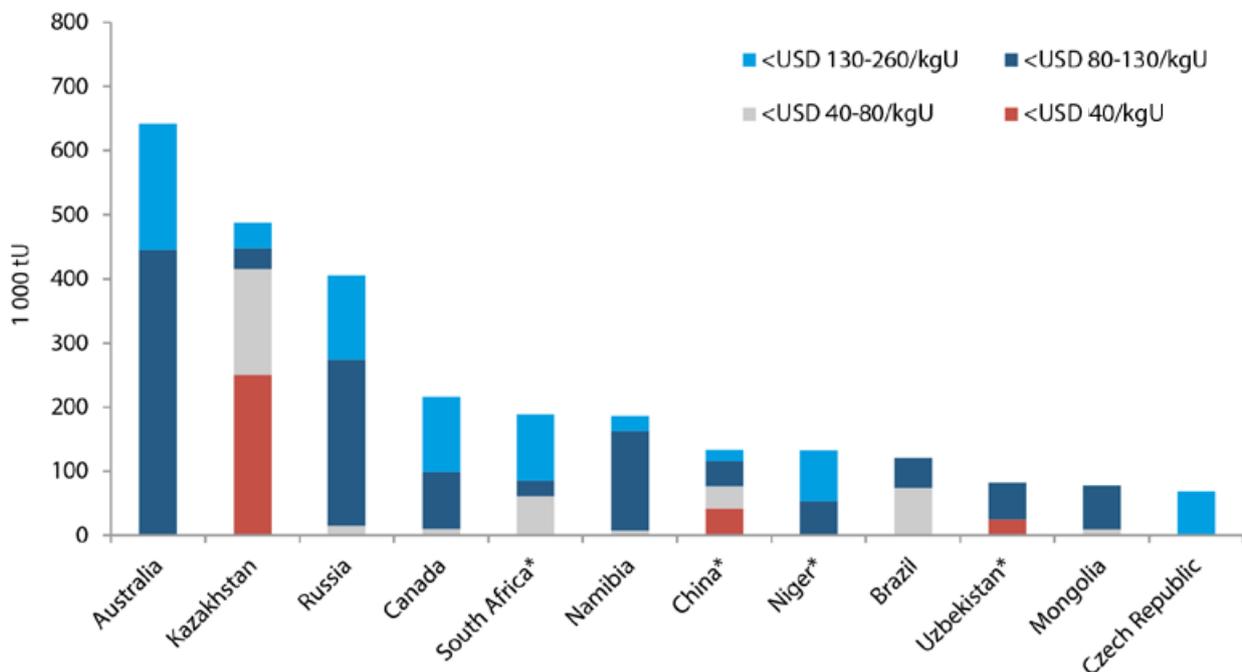
A categoria de custo mais baixo para recursos razoavelmente recuperáveis é dominada por matérias-primas FPV (291,56 mil toneladas de 457,3 mil toneladas). Nas três categorias de maior custo, o papel da mineração subterrânea é crescente: os recursos chegam a 549,6 mil toneladas, de 1,21 milhão de toneladas na categoria de até US\$ 80/kg de urânio; 2,14 milhões de toneladas de 3,81 milhões de toneladas na categoria de até US\$ 130/kg e 2,62 milhões de toneladas de 4,69 milhões de toneladas na categoria de até US\$ 260/kg. Nas duas principais categorias, a participação da lixiviação em pilha também vem crescendo: os recursos para essa tecnologia são de 268,22 mil toneladas e 323,57 mil toneladas, respectivamente.

Exploração

Uma estimativa confiável dos custos de exploração é uma tarefa difícil, pois nem todos os

países fornecem os dados necessários. **“Alguns países não reportam (ou não reportavam até recentemente) gastos incorridos no exterior, portanto os dados não podem ser considerados completos. Sabe-se que empresas privadas no Canadá e na Austrália investiram fora do país e provavelmente investiram mais na exploração e desenvolvimento de urânio no exterior, porém, nos últimos anos, os governos desses países não forneceram nenhuma informação a respeito”**, — observam os autores do relatório. Desde 2008, apenas quatro países (China, França, Japão e Rússia) forneceram dados sobre gastos com exploração fora de seus próprios países. Mas, para este relatório, a China não os entregou. Em 2019 e, aparentemente, em 2020, o investimento em exploração de urânio no exterior estava em seu nível mais baixo desde pelo menos 2014. Os gastos totalizaram quase US\$ 801 milhões e, em 2019, apenas 56,82 milhões de toneladas, uma queda de 14 vezes.

Figure 1.3. **Distribution of inferred recoverable conventional uranium resources among select countries with a significant share of resources**



* Secretariat estimate or partial estimate.

TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

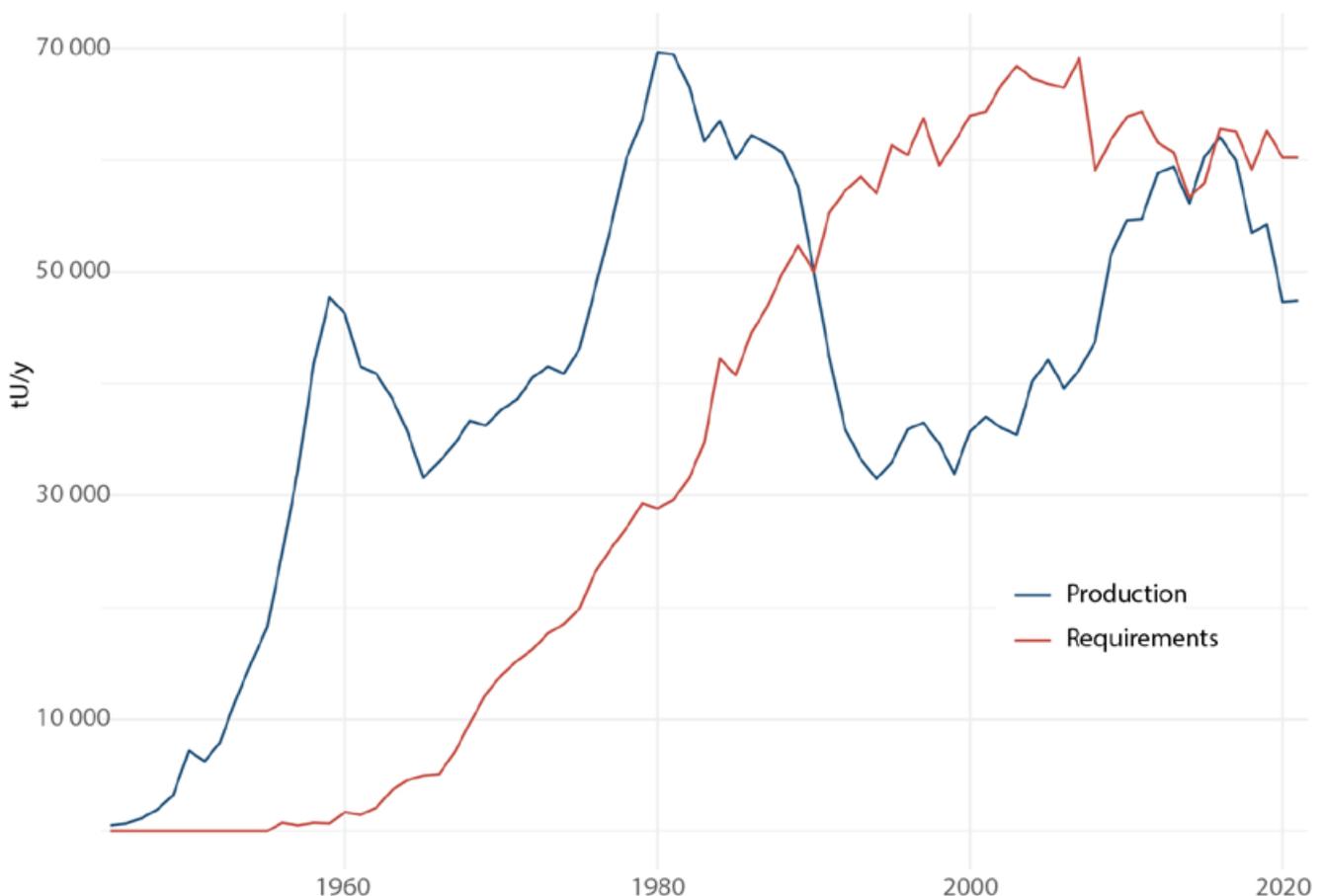
Em relação aos investimentos em exploração de urânio em seus países, 19 países atualizaram os dados de 2019 e 2020. Em relação a 2015, os investimentos diminuíram 71%: de US\$ 876,5 milhões em 2015 para US\$ 251,3 milhões em 2020. É certo que este último número não leva em consideração o investimento chinês, pois o Império Celestial (China) não forneceu dados para 2020. Em 2019, a China ficou em segundo lugar com um investimento de US\$ 154 milhões.

Entre os 19 países, o líder em investimentos na exploração de urânio é o Canadá. Investiu US\$ 210,7 milhões em 2019 e US\$ 140,88 milhões em 2020. Em terceiro lugar em 2019 e segundo em 2020 está a Índia, gastando

US\$ 66,17 milhões e US\$ 47,81 milhões de dólares, respectivamente. O custo mundial total conhecido foi de US\$ 508,47 milhões e US\$ 251,31 milhões em 2019 e 2020, respectivamente.

Uma característica da nova edição do Red Book (Livre Vermelho) é a publicação de uma tabela resumindo os dados sobre os volumes de perfuração. A informação foi enviada por 15 países, embora 9 países a tenham enviado parcialmente. Os dados mostraram que apenas a Namíbia e o Egito aumentaram os volumes de perfuração entre 2018 e 2021, enquanto a perfuração em outros países diminuiu de forma constante ou não apresentou alterações pronunciadas. Os dados, apesar da

Figure 2.6. **World annual uranium production and requirements**
(1949-2021)





TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

fragmentação, assumem uma diminuição dos volumes de perfuração no período estimado “em nível global”.

Além disso, os autores compilaram dados sobre investimentos em exploração e perfuração de urânio para 2021. Mesmo números preliminares e incompletos sugeriram que tanto o dinheiro quanto os medidores perfurados na exploração de urânio eram maiores do que no ano anterior.

Demanda

As 442 usinas nucleares em operação, com capacidade elétrica total de 393 GW, demandam cerca de 60,1 mil toneladas de urânio por ano (cerca de 150 toneladas por 1 GW de reator já em operação). O cenário pessimista para o desenvolvimento da indústria nuclear global pressupõe que a capacidade total das unidades em operação em 2040 será de 394 GW. O cenário otimista é de 677 GW, cerca de 70% a mais do que em 2020. Consequentemente, a demanda por urânio também mudará, passando de 63 mil toneladas para 108,2 mil toneladas por ano, dependendo do cenário. O maior crescimento da capacidade instalada é esperado no leste, centro e sul da Ásia, bem como no Oriente Médio. Na Europa, no melhor dos casos, a energia nuclear permanecerá no nível atual e, em um cenário pessimista, cairá um quarto. Espera-se um crescimento moderado na África e na América Central e do Sul. Na América do Norte, as expectativas variam de um corte de capacidade de 42% a um crescimento de 3% em relação aos níveis de 2020.

A relação entre oferta e demanda

Uma resposta à questão de saber se há urânio suficiente para atender às necessidades das

usinas nucleares e por quanto tempo isso vai durar é apresentada nesta seção do “Livro Vermelho”.

Uma das tendências apontadas pelos especialistas é a redução da proporção de urânio natural no volume total de requisitos do reator. Desta forma, se em 2019 era de 86%, em 2020 caiu para 79%. No entanto, a redução da produção não afetou o fornecimento de combustível às usinas nucleares. O déficit foi coberto pelas chamadas fontes secundárias. Essas fontes secundárias de abastecimento incluem excedentes do governo e reservas comerciais, reprocessamento de combustível irradiado, vendas de urânio por usinas de enriquecimento de urânio, urânio obtido do reenriquecimento de rejeitos de urânio empobrecido e urânio pouco enriquecido produzido por “mistura descendente” de urânio altamente enriquecido. É difícil estimar o volume dessas fontes, já que não há acesso público a informações sobre elas.

Outro fator que contribuiu significativamente para a expansão da oferta foi o aumento dos preços para cerca de US\$ 50/lb de óxido nítrico. Seu impacto começou a ser sentido após esses dois anos descritos, mas foi levado em consideração na construção da previsão até 2040. Além disso, a interrupção das cadeias de suprimentos causada pela pandemia em 2020, a crise energética na Europa em 2021 e o pressão de sanções à Rússia em 2022, levaram os compradores a retornar a contratos de longo prazo para garantir o fornecimento de urânio. Todos esses fatores tornaram economicamente viável a extração de urânio a um custo mais elevado. Se antes, para avaliar a disponibilidade de urânio para o ciclo do combustível nuclear, fazia sentido considerar apenas os recursos da categoria de até US\$ 40/kg, máximo até US\$ 80/kg, agora faz sentido economicamente minerar urânio custando até



TENDÊNCIAS

[Voltar para o índice](#)

US\$ 130/kg. Se o preço tivesse permanecido no nível de 2019–2020, ou seja, abaixo de US\$ 78/kg, até 2040, segundo os autores, 80% dos recursos recuperáveis identificados teriam sido produzidos a um custo inferior a US\$ 80/kg. Ao preço atual, que oferece a oportunidade de envolver minerais mais caros na mineração, os recursos recuperáveis identificados na categoria de até US\$ 130/kg seriam reduzidos em apenas 26%. **“Portanto, sob esses tipos de condições econômicas e de mercado, os recursos recuperáveis identificados na categoria abaixo de US\$ 80 por kg de urânio (equivalente a US\$ 30 por libra de U3O8, ou seja, o preço médio do urânio no início de 2021) será suficiente para cobrir as necessidades mundiais de urânio para reatores por apenas cerca de 30 anos (mantendo a demanda mundial de urânio no nível de 2020). Com preços médios de mercado de cerca de US\$ 50/lb U3O8 (US\$ 130/kg de urânio) entre meados de 2021 e início de 2023, pode ser econômico desenvolver aproximadamente 75% da base de recursos recuperáveis, cobrindo as necessidades de urânio por uns 100 anos”**, concluíram os autores do “Livro Vermelho”.

No entanto, eles nos lembram que apenas o aumento do preço do urânio não é suficiente. Para garantir o nível exigido de sua produção, são necessários investimentos pontuais em exploração, construção de minas e produção, bem como um alto nível de treinamento de especialistas.



Mudanças rápidas na situação política e econômica levaram a uma mudança na percepção da energia nuclear pelos estados ao redor do mundo. **“Embora [essas mudanças] também sejam impulsionadas pela grave crise geopolítica de energia na Europa em 2022, no Livro Vermelho de 2024 tentaremos fornecer uma imagem mais completa do impacto desses desenvolvimentos na oferta e demanda de urânio.”**, prometeram os autores.

Por enquanto, porém, as mudanças são a favor da energia nuclear: **“Após um período de produção em declínio, desaceleração do investimento e preços de urânio relativamente baixos, resta saber se as condições políticas e de mercado em rápida mudança criarão os incentivos para uma expansão significativa do mercado de urânio nas próximas décadas.”** ^{NU}

[Ao início da seção](#)



A Bolívia recebe o reator

Representantes da Bolívia participaram da conclusão da montagem de testes do primeiro reator de pesquisa destinado ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CIDTN, na sigla em espanhol). Em breve, o reator será enviado à Bolívia para instalação.

Participaram da cerimônia a embaixadora da Bolívia na Federação Russa, María Luisa

Ramos Urzagaste, representantes da Rosatom e do Governo da região de Ulianovsk. O Presidente da Câmara dos Deputados da Assembleia Legislativa Plurinacional da Bolívia, Jerges Mercado Suárez, participou da cerimônia por teleconferência.

Durante os eventos de teste, foram reproduzidos todos os processos de montagem dos principais equipamentos tecnológicos do reator, incluindo a instalação de blocos refletivos, modelos e simuladores de elementos combustíveis, elementos de controle e proteção, bem como os tubos de canal experimentais para garantir a qualidade de itens fabricados.

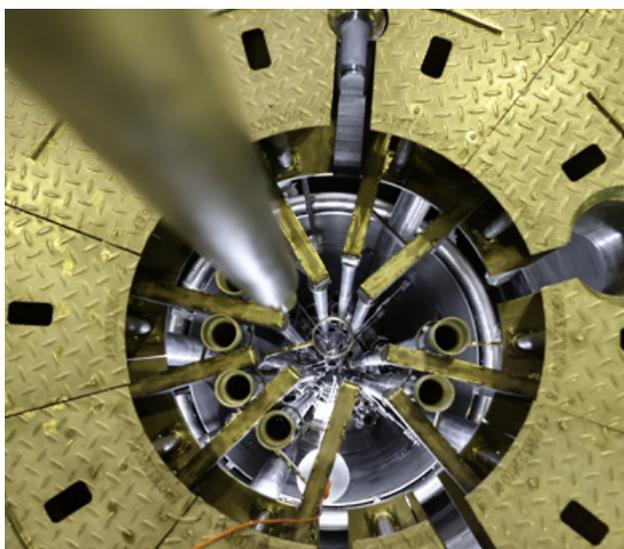
AMÉRICA LATINA

[Voltar para o índice](#)

“A conclusão da montagem do controle do reator de pesquisa é um marco importante em todo o projeto boliviano, isso implica que o cliente deve vir, controlar a qualidade e verificar a documentação. Os processos de aceitação de equipamentos devem confirmar que os principais equipamentos de longo prazo foram fabricados de acordo com o projeto e são compatíveis entre si.”, disse Evgeny Pakermanov, presidente da Rosatom Overseas.

O reator de pesquisa de água pressurizada tipo piscina de 200 kW foi desenvolvido por especialistas da NIAR. Sua vida útil é de 50 anos. O reator ficará localizado no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CIDTN), que está sendo construído na cidade de El Alto, a uma altitude de 4.000 metros acima do nível do mar. A instalação possibilitará a produção de radioisótopos para pesquisas na área de agricultura, ecologia e hidrogeologia. As suas instalações irão também proporcionar condições para a formação de alunos em especialidades nucleares.

“Em um futuro muito próximo, o reator irá para a Bolívia, e já neste ano iniciaremos sua instalação no local do centro”, disse



Kirill Komarov, Primeiro Vice-Diretor Geral e Diretor da Unidade de Negócios e Desenvolvimento Internacional da Rosatom.

Kirill Komarov também lembrou que o complexo cíclotron, que faz parte do CIDTN, iniciou suas atividades recentemente. O aparelho passará a produzir radiofármacos para mais de 500 estudos por ano. No futuro, os três centros de medicina nuclear da Bolívia serão totalmente abastecidos com radiofármacos produzidos localmente.

A próxima etapa é a ampliação da linha de radiofármacos e a exportação para os países vizinhos. **“É bom ver que o projeto já está beneficiando os cidadãos bolivianos e continuaremos a implementá-lo ativamente. O projeto deve estar concluído em sua totalidade em 2025”**, enfatizou Kirill Komarov.

Além do reator de pesquisa, o CIDTN inclui um complexo laboratorial, um complexo cíclotron que produz radiofármacos para pesquisa clínica e um centro de irradiação multiuso onde até 70 toneladas de produtos agrícolas podem ser processados diariamente para melhorar sua segurança alimentar e prolongar sua vida útil.

“Este é um projeto importante para nós, e nossos parceiros em todo o mundo estão de olho. Neste ano, entregamos oficialmente o complexo do cíclotron ao cliente, e a primeira e mais moderna produção de radiofármacos da América Latina, idealizada por engenheiros russos, já está em operação na Bolívia. Estamos prontos para transferir o centro de irradiação multiuso para o cliente, pois a instalação está totalmente pronta”, disse Evgeny Pakermanov.

A Rosatom coopera ativamente com outros países da América Latina. Assim, em março



AMÉRICA LATINA

[Voltar para o índice](#)



deste ano, a estatal venceu a licitação da brasileira Eletronuclear para o fornecimento de 100 kg de hidróxido de lítio-7 para duas unidades da usina nuclear de Angra.

No início de maio, a Rosatom participou da maior feira de negócios da indústria nuclear brasileira, a Nuclear Trade and Technology Exchange (NT2E), organizada pela Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares (ABDAN). A solenidade de abertura contou com a presença do Ministro de Minas e Energia, Alexandre Silveira, a Ministra da Ciência, Tecnologia e Inovação, Luciana Santos e o Diretor Geral da AIEA, Rafael Grossi. A exposição contou com a presença de mais de 2.500 pessoas, mais de 130 delegados participaram em mesas redondas. Entre os temas discutidos durante o NT2E estava o papel da energia nuclear no desenvolvimento sustentável, planejamento energético, pequenos reatores modulares, extração de

urânio, medicina nuclear e desenvolvimento de cadeias produtivas da indústria nuclear brasileira.

A Rosatom também participou da exposição e das palestras. Kirill Komarov, Primeiro Vice-Diretor Geral e Diretor da Unidade Internacional de Negócios e Desenvolvimento, falando no painel de discussão sobre o papel da energia nuclear no investimento em energia verde, observou: **“Hoje vemos que a energia nuclear é interessante para os investidores. Um exemplo é o projeto Rosatom que estamos implementando na Rússia, que é a construção de quatro usinas nucleares flutuantes. O contrato do projeto é de 40 anos, no qual o cliente recebe um preço fixo para as próximas quatro décadas e nós, como fabricantes, temos a oportunidade de planejamento econômico estratégico para meio século à frente.”**

No âmbito do NT2E, a Rosatom fechou novos acordos com seus parceiros brasileiros.

“Continuamos a desenvolver cooperação com a empresa brasileira INB para o fornecimento de produtos de urânio. No ano passado, vencemos a licitação internacional e assinamos um contrato de prestação de serviços de enriquecimento de urânio. Hoje, no Rio de Janeiro, foi assinado mais um contrato de fornecimento de urânio natural”, disse Kirill Komarov na ocasião da assinatura. ^{NL}

[Ao início da seção](#)