



UM AVISÃO PARA PRESERVAÇÃO DA FLORESTA AMAZÔNICA

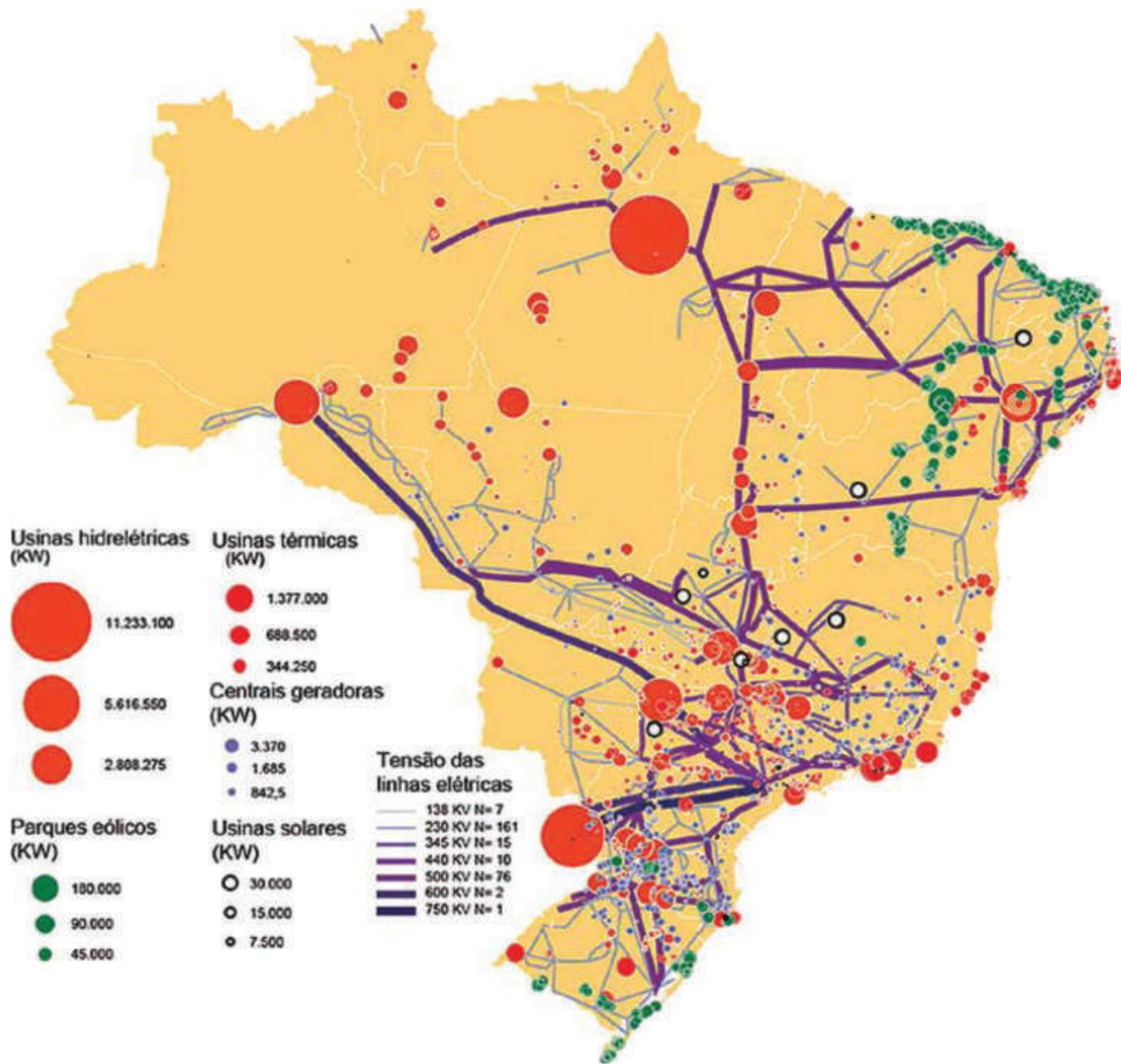
CMG (Ref) Roberto de Queiroz Guimarães

A preservação da Floresta Amazônica é essencial para a estabilidade do clima no Brasil. Além de ser também importante para o resto do planeta, a floresta tem grande impacto no regime de chuvas. A exploração agrícola em todas as regiões do País é dependente deste regime. Da mesma forma, o País é um grande produtor de energia hidroelétrica, que ultimamente vem sofrendo diminuição no regime de águas dos rios. O desmatamento da floresta, que tem sido objeto de críticas internacionais, necessita ser zerado o mais rapidamente possível, e programas de restauração de áreas devem ser incentivados. O problema é que na Região Amazônica vivem cerca de 23 milhões de brasileiros, grande



Navio de Assistência Hospitalar *Doutor Montenegro* no atendimento à população ribeirinha

parte em condições de vida desfavoráveis. É necessário prover meios para que possam se desenvolver de forma sustentável, usufruindo da grande biodiversidade da região e sem degradar a floresta. O enfoque deste artigo é analisar alternativa para proporcionar disponibilidade de energia elétrica através de pequenos e modulares reatores nucleares com eficaz sistema de controle e monitoramento.



Ecossistema elétrico no Brasil

O País tem cerca de 8,5 milhões de km², maior do que o continental Estados Unidos da América (excluindo Alasca). O sistema de distribuição elétrica tem integração em quase todo o País. A geração é de cerca de 83% proveniente de fontes renováveis, principalmente hidroelétrica (63,8%), seguida de eólica (9,3%), biomassa e biogás (8,9%) e solar centralizada (1,4%). Como pode ser verificado no mapa, o País explora as fontes renováveis onde as condições são mais favoráveis. Isto não ocorre na Região Amazônica. A tentativa feita com a usina de Belo Monte, no rio Xingu, resultou em projeto extremamente caro. Para evitar a formação

de grande represa, foi adotado o regime de fio de água, com conseqüente redução da geração constante das turbinas, devido à variação anual do regime fluvial.

A geração nuclear começou em 1985 com a usina Angra 1, em 2001 foi ativada Angra 2, atingindo potência total de 2 GW. Isto representa apenas 2% da energia elétrica do País. A usina Angra 3 sofreu atrasos e tem previsão de ativação em 2024 com 1.3 GW. É necessário estudar a alternativa de prover energia nuclear para atender às necessidades dos milhões de habitantes que vivem sobretudo nas regiões ribeirinhas da Bacia Amazônica. O desenvolvimento econômico sustentável requer a disponibilidade adequada de energia elétrica.

Emprego da energia nuclear

O uso da fissão nuclear para geração elétrica no mundo evoluiu crescentemente de 84 reatores em 1970, para 420 em 1989. A partir deste ano o uso ficou praticamente estacionário, atingindo 441 em 2020. Os acidentes em Three Mile Island em 1979, Chernobyl em 1986, e o de Fukushima em 2011 tiveram impacto nas estratégias dos países. Na Europa, mais notadamente a Alemanha, mas também Bélgica e Suíça, executam ou tem planos de desativação de usinas. O Japão, depois do acidente de Fukushima, paralisou muitos reatores, mas já reativou alguns mais recentemente. Nos Estados Unidos, depois de três décadas, a usina de Vogtle na Geórgia deve ativar as unidades 3 e 4 em 2021. A Polônia está prevendo construir usinas nucleares para substituir a geração elétrica proveniente do carvão. Isto tem causado preocupação na Alemanha, devido ao risco de radiação nuclear em caso de acidente. Os registros históricos indicam que as lesões pessoais causadas pela radiação nuclear, nos últimos 75 anos, são uma pequena fração quando comparadas às outras *causas mortis*, sem mencionar as mortes causadas por COVID-19 em menos de um ano.

A energia nuclear é limpa, constante e tem sido usada na maioria dos países desenvolvidos, com variadas proporções. A França, com cerca de 65 milhões de habitantes, e com um território de cerca de 643 mil km², utiliza energia nuclear para geração elétrica com uma potência de cerca de 61 GW. O Japão, com cerca de 126 milhões de habitantes, e com um território de cerca de 378 mil km², tem capacidade para gerar cerca de 31 GW de energia nuclear. Em contraste, a Região Amazônica do Brasil, com 23 milhões de habitantes, vivendo em um território de cerca de 5 milhões de km², não possui energia elétrica de fonte nuclear. É a clara diferença entre desenvolvimento e subdesenvolvimento.

O avanço da tecnologia nuclear tem motivado o desenvolvimento de pequenos reatores nucleares modulares (SMR). Os SMR, diferentemente das usinas nucleares tradicionais de potência da ordem de gigawatts, podem ser construídos em menos tempo. A construção dos reatores pode ser centralizada em unidades produtoras e distribuídas aos destinos quando finalizadas. Esta facilidade permite um regime de construção em escala com redução de custos no total. O contratante, após ativar o primeiro reator, pode começar a ter o retorno do investimento inicial e continuar com novas aquisições seguindo seu programa de forma modular.

O U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) apro-

vou, em 2 de setembro de 2020, o primeiro projeto de SMR, desenvolvido pela empresa *NuScale Power*. Está previsto para gerar 60 MW. O reator está programado para entrar em operação em 2029. No Reino Unido, a Rolls Royce, utilizando sua experiência no desenvolvimento de reatores para propulsão de submarinos, também iniciou o desenvolvimento de SMR. A Westinghouse está desenvolvendo o *eVinci Micro Reactor*. Os principais atributos deste projeto são: gerador de energia transportável totalmente construído, abastecido e montado na fábrica; oferece calor e energia combinados de 1 a 5 MW; vida útil de 40 anos com mais de 3 anos de intervalo de reabastecimento; meta de menos de 30 dias de instalação no local; operação autônoma, com alta confiabilidade e com mínimo de peças móveis. Os países que estão mais avançados no desenvolvimento de SMR são Rússia, China e Argenti-



O eVinci Micro Reactor da Westinghouse

Fonte: <https://petronoticias.com.br/wp-content/uploads/2020/10/qaqqa.jpg>

na. A Rússia já colocou em operação o KLT-40S, uma usina flutuante com 2 reatores de 35 MW. A usina flutuante, após construída, foi deslocada para uma região afastada. Foi conectada à rede de Pevek em dezembro de 2019 e está em operação comercial desde maio de 2020. Ela pode fornecer energia térmica ou elétrica. A Rússia também está testando o RITM-200 no quebra-gelo Arktika. Ele possui um reator mais avançado de 50 MW. A China está desenvolvendo o HTR-PM, um SMR de alta temperatura com gás resfriado com 2x210 MW. Está previsto entrar em geração de energia em 2021.

A Argentina está desenvolvendo o CAREN, um SMR (PWR) de 30 MW, previsto para entrar em operação em 2023.

A Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) publicou o *Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, A Supplement to IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS) 2020 Edition*^[1]. Após fazer um aviso legal de não responsabilidade, a publicação menciona o propósito de fornecer o máximo de informações para que os países membros possam formular suas estratégias. É um documento extenso que lista todos os projetos de SMR com a tecnologia aplicável, juntamente com a capacidade da potência, tipo de informações do reator e do instituto de projeto. Um dos anexos se refere a *Spent Fuel, Waste Management and Disposal Plans adopted for SMRs*.

Em dezembro de 2020, o governo do Canadá lançou

o *Canada's SMR Action Plan*. Este plano foi o resultado de um roteiro preparado pelos governos central, das províncias e territórios, indústrias, fornecedores de energia elétrica e outros interessados, que durante 10 meses analisaram as vantagens de utilização de SMR. Foram incluídos contatos para analisar as necessidades das comunidades indígenas e as do norte do país. O Canadá tem semelhanças com a situação do Brasil, com seu território de extensão continental, como também comunidades indígenas e remotas. O Brasil necessita ter mais atuação para explorar as vantagens da utilização de SMR para benefício da nação.

A Constituição do Brasil estabelece, em seu artigo 21, que compete à União explorar os serviços e instalações nucleares de qualquer natureza e exercer monopólio

estatal sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento e reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados. O artigo 22 estabelece que compete privativamente à União legislar sobre atividades nucleares de qualquer natureza. As usinas nucleares do Brasil são operadas pela Eletronuclear. A mineração e produção de combustíveis nucleares são executados pela INB Indústrias Nucleares do Brasil. A fabricação de equipamentos é realizada pela Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A

– NUCLEP. Estas empresas estatais são vinculadas ao Ministério de Minas e Energia (MME).

Engajamento da Marinha do Brasil

A Marinha do Brasil (MB) sempre teve uma destacada atuação em desenvolvimento nuclear. Até a década de 1960 os engenheiros navais eram formados no Massachusetts Institute of Technology (MIT), nos EUA. Muitos se especializaram em energia nuclear. No final dos anos 50, a MB fez um convênio com o MIT e a Universidade de São Paulo (USP) para criar o curso de Engenharia Naval junto à Escola Politécnica. Para isto financiou a instalação de laboratórios e unidades de testes especiais, e a contratação dos professores do MIT. Para gerenciar o convênio criou o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP). Este centro se expandiu continuamente para atender às necessidades da MB junto à academia, aos principais institutos de tecnologia e ao maior parque industrial do País.



**O KLT-40S, russo,
uma usina flutuante com 2 reatores de 35 MW**

Fonte: <https://www.fatosdesconhecidos.com.br/a-russia-lancou-um-chernobyl-flutuante-no-mar-do-artico/>



**A Rússia testa o RITM-200
no quebra-gelo classe LK-ARKTIKA**

Fonte: <http://salvador-nautico.blogspot.com/2018/02/quebra-gelos-lk-60ya-arktika-project>

Na década de 1980, para atender o projeto de desenvolvimento de propulsão nuclear, a MB criou no CTMSP o Centro Experimental de Aramar (CTMSP-CEA). Desde então, a MB dominou completamente o ciclo do combustível nuclear, desenvolveu as centrífugas para enriquecimento de urânio, passou a fabricá-las para fornecer à INB, construiu a usina de hexafluoreto de urânio e desenvolveu o protótipo do reator nuclear para propulsão do submarino. Por limitações orçamentárias, o projeto andou lentamente. Em 2008, após o estabelecimento do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), as atividades nucleares foram reativadas.

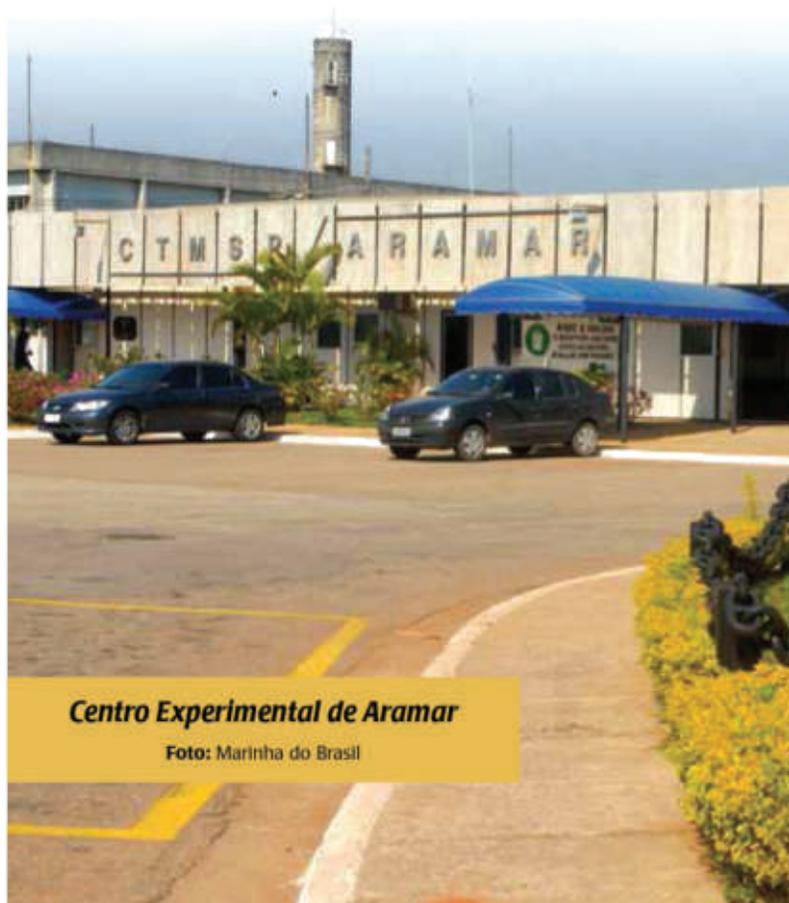
Em 2013, a MB constituiu a empresa AMAZUL, com o objetivo de absorver, promover, desenvolver, transferir e manter atividades sensíveis às atividades do Programa Nuclear da Marinha (PNM), do PROSUB e do Programa Nuclear Brasileiro (PNB). Esta empresa tem características de flexibilidade semelhantes às da DARPA, do US DOD, e da ARPA-E do US DOE. A MB criou, na sua estrutura organizacional, a Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM). O PNM vem sendo atrasado devido às restrições orçamentárias. Inicialmente, o programa estimava lançar ao mar o primeiro submarino com propulsão nuclear em 2022. Atualmente a previsão é para 2029. No CTMSP-CEA está em desenvolvimento o Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (LABGENE). É um projeto de SMR avançado.

A capacidade tecnológica nuclear da Marinha tem sido subutilizada para o benefício do País como um todo. Algumas ações pontuais são exceções. O CTMSP participa de projeto dual para construção de SMR para dessalinização. Em área contígua ao CEA será construído o reator multipropósito brasileiro, com especial ênfase na produção de radioisótopos. Mesmo fora do setor nuclear, devido à necessidade para atender a pandemia da COVID-19, o CTMSP vem fabricando respiradores artificiais, o Inspire, projeto desenvolvido pela USP. O protagonismo da MB na área nuclear se reflete no fato de que os dirigentes do MME, Eletronuclear, NUCLEP e INB são oficiais da Marinha na reserva, que tiveram durante a carreira atuação no PNM. Entretanto, a MB poderia contribuir para a necessidade de geração de energia elétrica para as áreas afastadas do sistema integrado do País, em especial a Região Amazônica.

A maior bacia hidrográfica do planeta é a do rio Amazonas. A MB opera nestas vias fluviais desde o século XIX. Ela utiliza navios e embarcações de

vários tipos para atender a segurança e apoio às necessidades das populações ribeirinhas, em especial a assistência médica. São conhecidos pela população como os Navios da Esperança. Os 23 milhões de brasileiros que vivem nesta região tem, em média, o índice de desenvolvimento humano (IDH) mais baixo do País. A região é uma das mais ricas em biodiversidade no mundo. Entretanto, para usufruir da industrialização dos produtos da floresta, é necessário que haja disponibilidade de energia elétrica. Não existe desenvolvimento sustentável sem esta disponibilidade.

A sugestão é que a MB participe deste processo, envolvendo-se diretamente na produção e distribuição de SMR, dos mais variados tipos, de acordo com as circunstâncias locais. Um exemplo poderia ser usinas flutuantes, como já adotado na Rússia. A MB já estabeleceu na região de Itaguaí, no estado do Rio de Janeiro, a base de submarinos com propulsão nuclear, com as medidas de segurança e de apoio. Esta base poderia apoiar usinas nucleoelétricas flutuantes, conectadas à rede nacional, mas em condição de serem deslocadas para áreas afastadas quando necessário. Em 2020, depois da crise energética no estado do Amapá, a MB deslocou o Navio Doca Multipropósito *Bahia* para ajudar no apoio. Se existisse, o ideal teria sido que



pudesse ter deslocado uma usina flutuante. O estado de Roraima não está interligado à rede elétrica nacional porque, há décadas, se discute a conveniência de passar uma linha de transmissão por áreas indígenas. O estado era abastecido por provedora da Venezuela. Após a crise do país vizinho, o estado está sendo abastecido por termoeletricas com elevado custo. Seria conveniente disponibilizar SMR.

O controle de distribuição e monitoramento dos variados tipos e tamanhos de SMR na região necessita de ação integrada. A MB pode utilizar o seu Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) para participar do esforço. O CFN dispõe de divisão anfíbia para integrar força expedicionária quando necessário para projeção de poder. Esta força poderia ser adaptada para projeção de desenvolvimento sustentável nas áreas necessitadas do País. O CFN é composto de militares com excelente formação de carreira, e tem experiência de segurança nuclear, porque já atuam no Centro de Aramar e na Base de Itaguaí. A MB tem em Manaus uma unidade da aviação naval que opera nos navios, e que poderia ser acrescida de aeronaves tipo Osprey, a fim de possibilitar operação com maior raio de ação. Os SMR podem ser monitorados pelo sistema de satélites que controlam a região.

A participação da MB neste esforço pode parecer algo estranho à sua destinação. Entretanto, podemos comparar com o *US Army Corps of Engineers*, que é

responsável pela manutenção da infraestrutura das vias fluviais em todos os Estados Unidos. O interesse superior da nação está acima das considerações de economia de mercado e autonomia federativa dos estados.

Considerações financeiras

O orçamento da MB foi reduzido nas últimas décadas. O esforço feito na área nuclear agravou a situação da esquadra brasileira, quando comparada com os níveis do passado. Seria importante que as atividades nucleares, que beneficiam todo o País, fossem sustentadas pela comercialização da energia elétrica, de forma a manter a sustentabilidade do programa. O investimento para desenvolvimento dos SMR pode ser financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, que no passado financiou atividades em outros países, mas agora está financiando *startups* no Brasil. Outra forma de financiamento pode ser o mercado de crédito de carbono.

Conclusão

A preservação da Floresta Amazônica é essencial para as condições do meio ambiente no Brasil. Ela também é relevante para o planeta como um todo. Para evitar que a população residente na área efetue desmatamento como

meio de sobrevivência, é fundamental que sejam proporcionados meios para o aproveitamento dos recursos da extensa biodiversidade da área. Este desenvolvimento necessita de disponibilidade adequada de energia elétrica. A admiração que a população ribeirinha tem pela MB favorece uma maior participação para a contribuição do desenvolvimento. A implementação distribuída de SMR pode contribuir para elevar o nível do IDH da região, além de proporcionar uma presença mais ativa do Estado, a fim de inibir as atividades ilegais e poder incentivar um processo de restauração das áreas degradadas. O risco de adotar esta solução nuclear deve ser confrontado com o risco maior de não preservar a floresta. Deve ser considerado que com apenas 30% do território do País mapeado, o Brasil tem a sexta maior reserva de urânio do planeta. ■

Nota:

[1] SMR_Book_2020.pdf (iaea.org).

