

UEA
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO
AMAZONAS



**ESCOLA DE
DIREITO**

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS



EQUIDADE:

**REVISTA ELETRÔNICA DE DIREITO DA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS**

UEA
EDIÇÕES

editora
UEA

GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS

Roberto Cidade
Governador Interino

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

Prof. Dr. André Luiz Nunes Zogahib
Reitor

Profa. Dra. Kátia do Nascimento Couceiro
Vice-Reitor

Prof. Dr. Fábio Carmo Plácido Santos
Pró-Reitor de Ensino de Graduação

Prof. Dr. Monica Dias de Araújo
Pró-Reitora de interiorização

Prof^ª. Dr. Roberto Sanches Mubarak Sobrinho
Pró-Reitor de pesquisa e pós-graduação

Prof^ª. Dra. Samantha Coelho Pinheiro
Pró-Reitora de Planejamento

Prof. Dr. Valber Barbosa Martins
**Pró-Reitor de Extensão e Assuntos
Comunitários**

Prof. Dr. Nilson José de Oliveira Junior
Pró-Reitor de Administração

Prof^ª. Dra. Isolda Prado
Diretora da Editora UEA

Prof^ª. Dra. Glaucia Maria de Araújo Ribeiro
**Coordenação do Programa de
Pós-Graduação *Stricto sensu* em Direito
Ambiental**

EQUIDADE:

Revista Eletrônica de Direito da Universidade do Estado do Amazonas

Prof. Dr. Ricardo Tavares de Albuquerque, UEA
Coordenação do curso de Direito

Prof. Pós-Dr. Denison Melo de Aguiar, UEA
Prof^ª. Dra. Patrícia Fortes Attademo Ferreira -UEA
Prof. Dr. Ricardo Tavares, UEA
Editores Chefe

Prof^ª. Msc. Monique de Souza Arruda
Prof. Esp. Átila de Oliveira Souto
Prof. Esp. Alcemir Filomeno Pinto, UEA
Msc. Edinaldo Inocência Ferreira Junior, UEA
Esp. Glenda Martins Monteconrado, UEA
Esp. Maíza Thayná Pereira Ribeiro, UEA
Esp. Renato Gomes de Sá Leitão, UEA
Esp. Sheila N. de Paula e Silva Oliveira, UEA
Bruna Maria da Silva Mota, UEA
Editores Assistentes

Prof. Dr. Celso Antonio Pacheco Fiorillo, PUCSP
Prof^ª. Dr. Danielle de Ouro Mamed, UFMS
Prof. Dr. Antonio Carlos Morato, USP
Prof^ª. Dra. Tereza Cristina S. B. Thibau, UFMG
Prof. Dr. Sandro Nahmias Melo, UEA
Prof. Dr. Cássio André Borges dos Santos, UEA
Conselho Editorial

Prof^ª. Dr. Lidiane Nascimento Leão, UFOPA
Prof. Msc. Assis da Costa Oliveira, UFPA
Prof. Dr. Nirson da Silva Medeiros Neto, UFOPA
Prof^ª. Ma. Roberta Priscila de Araújo Lima, UEA
Prof. Esp. Alcemir Filomeno Pinto, UEA
Msc. Edinaldo Inocência Ferreira Junior, UEA
Esp. Glenda Martins Monteconrado, UEA
Esp. Maíza Thayná Pereira Ribeiro, UEA
Esp. Renato Gomes de Sá Leitão, UEA
Esp. Sheila N. de Paula e Silva Oliveira, UEA
Bruna Maria da Silva Mota, UEA
Comitê Científico

Prof. Dr. Daniel Gaio - UFMG
Prof. Dr. Paulo Victor Vieira da Rocha, UEA
Prof. Dr. Alcian Pereira de Souza, UEA
Prof. Dr. Erivaldo Cavalcanti e Silva Filho, UEA
Prof^a. Msc. Monique de Souza Arruda
Prof. Esp. Átila de Oliveira Souto
Prof^a. Dra. Adriana Almeida Lima
Prof. Dr. Ygor Felipe Távora da Silva
Prof. Dr. Neuton Alves de Lima

Avaliadores

Prof. Dr. Denison Melo de Aguiar
Primeira revisão e Revisão Final

Equidade: Revista Eletrônica de Direito da UEA

Vol. 14. Nº 3, Julho-Dezembro/2026

ISSN: 2675-5394

Artigo Científico

Os artigos publicados, bem como as opiniões neles emitidas são de inteira responsabilidade de seus autores.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade do Amazonas

R454

Equidade: Revista Eletrônica de Direito da Universidade do Estado do Amazonas/ Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental da Universidade do Estado do Amazonas. Vol. 14. Nº 3. (2026). Manaus: Curso de Direito, 2026.

Semestral

1. Direito – Periódicos. I. Título

CDU 349.6

**IMPLANTAÇÃO DE PEQUENOS REATORES NUCLEARES NA AMAZÔNIA:
UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL E ESTRATÉGICA***IMPLEMENTATION OF SMALL NUCLEAR REACTORS IN THE AMAZON: A
SUSTAINABLE AND STRATEGIC APPROACH*

João Gabriel Ferreira Barbosa¹
Ítalo Jefferson Fernandes Pacheco²
Denison Melo de Aguiar³

RESUMO: A Amazônia enfrenta um desafio energético histórico: grande parte de suas comunidades permanece isolada do Sistema Interligado Nacional (SIN), dependendo de fontes fósseis poluentes e onerosas, como o diesel, essa realidade agrava impactos socioambientais e compromete a soberania energética nacional. Neste cenário, a pesquisa propõe a análise da viabilidade de implantação de pequenos reatores nucleares modulares (SMRs) na região, como solução estratégica e sustentável. O principal objetivo do trabalho é avaliar os benefícios técnicos, sociais e ambientais dos SMRs para o suprimento energético da Amazônia. Adotou-se como metodologia a pesquisa qualitativa, com base em revisão bibliográfica e análise documental, considerando dados oficiais, legislações específicas, artigos científicos e notícias atualizadas. Os procedimentos envolveram a identificação dos principais gargalos logísticos e ambientais, bem como a análise da legislação nuclear vigente. Os resultados preliminares indicam que os SMRs oferecem vantagens operacionais significativas: menor impacto ambiental, capacidade de funcionamento autônomo em regiões remotas e contribuição direta à segurança energética e à presença estratégica do Estado. Além disso, a implantação desses sistemas pode promover desenvolvimento econômico local, reduzir a emissão de gases poluentes e ampliar o controle nacional sobre recursos minerais estratégicos. Conclui-se que os SMRs representam uma alternativa viável para transformar a matriz energética da Amazônia, desde que implementados com responsabilidade técnica, respeito ambiental e participação social.

¹ - Universidade do Estado do Amazonas (UEA), graduando em Segurança Pública e do Cidadão – e-mail: joaogabriel.ferreira@gmail.com

² - Universidade do Estado do Amazonas (UEA), graduando em Segurança Pública e do Cidadão – e-mail: italojbe93@gmail.com

³ - Pós-doutor em Direito pela UniSalento (Itália-2025). Doutor em Direito pelo Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Federal de Minas Gerais (PPGD/ UFMG). Mestre em Direito Ambiental pelo Programa de Pós- Graduação em Direito Ambiental da Universidade do Estado do Amazonas (PPGDA/ UEA). Advogado. Graduado em Direito pela Universidade da Amazônia (UNAMA/PA). Professor de ensino superior do curso de Direito da UEA. Professor da Academia de Polícia Militar do Amazonas (APM-PMAM). Professor de ensino superior do Centro Universitário de Ensino Superior do Amazonas (CIESA). Coordenador da Clínica de Mecanismos de Soluções de Conflitos (MARbiC UEA). Coordenador da Clínica de Direito dos Animais (YINUAKA-UEA). Coordenador da Clínica de Direito LGBT (CLGBT-UEA). Coordenador do Núcleo de Produção Científica e Editoração do curso de Direito da UEA (NEDIR-UEA). Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Segurança Pública, Cidadania e Direitos Humanos (PPGSP/UEA). Editor-chefe da Revista Equidade. Integrante do Grupo de pesquisa Desafios do Acesso aos Direitos Humanos no Contexto Amazônico da Escola Superior da magistratura do Amazonas (ESMAM). Contato: denisonaguiarx@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Energia nuclear. Amazônia. Reatores modulares. Sustentabilidade. Segurança pública.

ABSTRACT: This article analyzes the technical, environmental, and social feasibility of implementing Small Modular Nuclear Reactors (SMRs) in the Amazon region, focusing on energy supply for isolated communities and strengthening national sovereignty. A qualitative and descriptive methodology was adopted, based on bibliographic review and documentary analysis of legislation, institutional data, and technical reports. The results indicate that SMRs can contribute to a sustainable and secure energy matrix, reducing emissions and environmental impacts while promoting regional development and state presence in strategic areas. The study concludes that the adoption of this technology requires strict governance, technical planning, and dialogue with local communities.

KEYWORDS: Nuclear energy; Amazon; Modular reactors; Sustainability; Energy sovereignty.

1. INTRODUÇÃO

A região Amazônica, por sua vastidão territorial, diversidade ecológica e importância estratégica para o Brasil e o mundo, apresenta desafios peculiares que exigem soluções igualmente específicas e inovadoras. Compreendendo cerca de 60% do território nacional e abrigando milhares de comunidades isoladas, a Amazônia permanece, em pleno século XXI, com severas deficiências em infraestrutura básica, sendo o fornecimento de energia elétrica um dos problemas mais graves. A dependência histórica de fontes fósseis, como o óleo diesel, representa não apenas um obstáculo ao desenvolvimento socioeconômico dessas populações, como também impõe uma carga ambiental significativa sobre um dos biomas mais sensíveis e estratégicos do planeta. Este cenário evidencia a urgente necessidade de repensar o modelo energético da região, integrando sustentabilidade, segurança energética e desenvolvimento regional (BRASIL, 2023; AGÊNCIA GOV, 2025).

A produção e distribuição de energia elétrica na Amazônia enfrentam gargalos logísticos históricos. Grande parte das comunidades não está conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN), o que as obriga a depender de geradores a diesel, cuja operação demanda transporte constante de combustível por meios fluviais ou aéreos — rotas caras, inseguras e insustentáveis. Tal situação impacta negativamente tanto a economia local quanto o meio ambiente, devido às emissões de gases de efeito estufa e aos riscos de acidentes com combustíveis. A instabilidade no fornecimento de energia, além disso, afeta escolas, unidades de saúde, sistemas de comunicação e outras estruturas vitais para o bem-estar da população e

para a presença efetiva do Estado. Em uma análise mais profunda, essa vulnerabilidade energética também compromete a soberania nacional, sobretudo nas zonas de fronteira, onde a ausência do Estado tende a ser preenchida por atividades ilícitas e pelo avanço de interesses estrangeiros (G1, 2024; O GLOBO, 2024).

Nesse contexto, o Programa Energias da Amazônia, instituído pelo Decreto nº 11.648, de 16 de agosto de 2023, surge como uma resposta institucional à altura da urgência do problema. O programa busca promover a inclusão digital, o fortalecimento da infraestrutura social (como escolas e postos de saúde) e a integração produtiva das comunidades, tornando a energia um vetor de desenvolvimento e cidadania (AGÊNCIA GOV, 2025).

Trata-se de uma política pública que visa à universalização do acesso à energia elétrica em comunidades isoladas da região amazônica, promovendo uma transição para matrizes mais limpas e sustentáveis, alinhadas aos compromissos do Brasil com a Agenda 2030 da ONU e com o Acordo de Paris. Entre os objetivos centrais do programa, destacam-se: a substituição gradual dos geradores a diesel por fontes renováveis como solar, eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas; a redução da pegada de carbono do sistema elétrico amazônico; o fortalecimento da autonomia energética local; e a promoção da inclusão socioeconômica, por meio do uso da energia como vetor de desenvolvimento regional, inclusão digital e cidadania (AGÊNCIA GOV, 2025).

Integrar os SMRs ao escopo do Programa Energias da Amazônia não significa substituir as fontes renováveis, mas sim complementar a matriz energética regional com uma opção confiável e permanente, ideal para bases militares, postos de fronteira, centros logísticos, hospitais regionais e comunidades com baixa incidência solar ou restrições geográficas para outras fontes (ELETRONUCLEAR, 2019).

A complexidade territorial da Amazônia, com sua imensidão fluvial, baixa densidade populacional e áreas de difícil acesso, exige soluções tecnológicas inovadoras, capazes de romper com as limitações do modelo tradicional de geração e distribuição de energia. É nesse cenário desafiador que se insere a proposta de adoção dos Pequenos Reatores Nucleares Modulares (SMRs), uma tecnologia emergente que vem sendo amplamente desenvolvida em países como Canadá, Estados Unidos, China e Rússia (O GLOBO, 2024).

Os SMRs destacam-se por características como modularidade, menor potência unitária (tipicamente entre 10 e 300 MW), sistemas de segurança passivos e possibilidade de

fabricação padronizada em fábrica. Tais atributos reduzem a necessidade de infraestrutura civil extensa e permitem transporte por vias fluviais ou rodoviárias -- vantagem para áreas remotas. Porém, desafios técnicos persistem: logística de combustível, gestão de calor residual em ambiente equatorial, e necessidade de pessoal técnico especializado.

Os SMRs representam uma inovação significativa no campo da energia nuclear e, diferentemente dos grandes reatores convencionais, possuem menor porte, exigem menos infraestrutura para sua instalação e operação, e são projetados com rigorosos sistemas de segurança. Sua concepção modular permite fabricação padronizada e transporte até regiões remotas, o que os torna particularmente adequados para atender áreas isoladas como as da Amazônia Legal. Além disso, por funcionarem com combustíveis nucleares de alta densidade energética, os SMRs garantem autonomia operacional por longos períodos, com necessidade mínima de reabastecimento — um fator logístico decisivo para a realidade amazônica (O GLOBO, 2024).

A introdução dessa tecnologia na Amazônia não deve ser vista apenas sob o prisma da engenharia, mas como parte de uma política de Estado orientada por visão de futuro, contribuindo não apenas para o fornecimento estável e limpo de energia, mas também para a valorização de recursos nacionais estratégicos. O Brasil domina o ciclo do combustível nuclear e possui reservas significativas de urânio — algumas localizadas na própria Amazônia. O aproveitamento racional desses recursos, sob controle estatal e com rigorosa supervisão ambiental, pode garantir não apenas a segurança energética da região, mas também a autonomia geopolítica do país em um mundo cada vez mais competitivo por minerais estratégicos e soluções de baixo carbono (G1, 2024).

Entretanto, o recente avanço de empresas estrangeiras sobre áreas ricas nesse recurso, como exemplificado pela venda de ativos à China, acendeu o alerta quanto à necessidade de fortalecer a soberania sobre o patrimônio mineral brasileiro. Assim, a exploração racional e autônoma dos recursos nucleares da região passa a ser também uma pauta geopolítica e de segurança nacional (G1, 2024).

A oferta energética na Amazônia é marcada por elevada dependência de soluções off-grid baseadas em diesel, impactos logísticos acentuados e custos elevados de operação. Dados oficiais indicam que uma parcela significativa das comunidades isoladas permanece desconectada ao SIN, com consequências diretas em saúde, educação e segurança. Além

disso, a pressão por recursos minerais estratégicos, como o urânio, adiciona uma dimensão geopolítica à discussão energética (BRASIL, 2023; AGÊNCIA GOV, 2025).

O problema energético amazônico, portanto, não se restringe à escassez de luz elétrica, mas revela um quadro mais amplo que envolve preservação ambiental, desigualdade social e segurança nacional. A energia é, em última instância, vetor de desenvolvimento humano, social e econômico. Sua ausência compromete a dignidade das populações locais, limita o crescimento sustentável e perpetua um ciclo de exclusão. A introdução de SMRs nesse cenário deve ser analisada com cautela, mas também com visão estratégica. A tecnologia nuclear, quando aplicada com responsabilidade, oferece uma alternativa viável aos modelos energéticos convencionais, contribuindo para a descarbonização da economia, o fortalecimento da infraestrutura nacional e a redução das assimetrias regionais (BRASIL, 2023; AGÊNCIA GOV, 2025).

O marco regulatório brasileiro para energia nuclear é robusto, com CNEN como órgão fiscalizador e normativo. Entretanto, a introdução de SMR em áreas remotas impõe desafios institucionais: coordenar agências federais, estaduais e municipais; estabelecer protocolos de emergência adaptados à realidade amazônica; e garantir a cadeia logística do combustível e do descomissionamento. Do ponto de vista geopolítico, a gestão autônoma dos recursos de urânio e a operação por instituições nacionais fortalecem a soberania, reduzindo dependência de atores estrangeiros.

A análise econômica deve incluir custos de capital, segurança, transporte e mitigação ambiental. Embora os custos iniciais possam ser elevados, os ganhos em termos de redução de combustíveis fósseis, menor volatilidade de preços e externalidades ambientais podem justificar investimentos públicos e parcerias público-privadas. Instrumentos financeiros verdes, linhas de crédito e fundos de pesquisa são cruciais para viabilizar projetos-piloto.

Do ponto de vista ambiental, é essencial destacar que os SMRs, embora envolvam riscos inerentes à atividade nuclear, apresentam, em sua concepção moderna, níveis elevados de segurança passiva. Isto significa que seus sistemas de contenção e resfriamento operam automaticamente, mesmo em situações de falha humana ou técnica, reduzindo drasticamente a possibilidade de acidentes. Além disso, os reatores modulares não emitem gases de efeito estufa durante sua operação e possuem vida útil longa, com possibilidade de descomissionamento controlado. Em relação aos resíduos radioativos, o Brasil já conta com

protocolos internacionais e infraestrutura técnica para o armazenamento seguro desse material, sob fiscalização da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Os impactos ambientais diretos durante a operação são reduzidos no que tange à emissão de gases de efeito estufa. Contudo, os impactos indiretos e cumulativos — relacionados a acesso, transformações econômicas e aumento de fronteiras de ocupação — demandam atenção. A aceitabilidade social depende de consultas prévias, livre e informada, conforme Convenção 169 da OIT, e de mecanismos de benefício compartilhado com comunidades indígenas, ribeirinhas e populações tradicionais.

A segurança dos SMRs baseia-se em redundância de barreiras e em dispositivos passivos que minimizam a dependência de intervenção humana. Quanto aos resíduos radioativos, o Brasil já dispõe de protocolos e instalações sob responsabilidade da CNEN, mas a ampliação do programa exigirá investimentos em infraestrutura de armazenamento temporário e planos de disposição final, incluindo estudos geológicos para locais de depósito que considerem a vulnerabilidade ambiental amazônica.

Socialmente, a implantação de SMRs pode promover impactos positivos relevantes. A chegada da energia elétrica estável e limpa permite não apenas o funcionamento contínuo de hospitais, escolas, internet e centros comunitários, mas também abre caminhos para o surgimento de novas atividades econômicas, como o agronegócio sustentável, o ecoturismo e a bioindústria. Além disso, a construção e operação dos reatores exigirão mão de obra qualificada, o que impulsiona a educação técnica e científica da região, estimulando a fixação de jovens talentos e combatendo o êxodo rural. É importante, contudo, que esses projetos contem com ampla participação social e respeitem os direitos das populações tradicionais, indígenas e ribeirinhas, garantindo que o progresso tecnológico não seja imposto de forma vertical, mas construído com diálogo e sensibilidade cultural (AGÊNCIA GOV, 2025)

Mais que uma solução tecnológica, os SMRs podem simbolizar uma nova etapa na presença do Estado na Amazônia: mais assertiva, permanente e eficiente. Ao garantir energia contínua, abre-se espaço para o funcionamento de escolas, hospitais, sistemas de telecomunicação, internet de alta velocidade, centros de pesquisa e, sobretudo, bases operacionais de policiamento e proteção territorial.

A segurança energética amazônica, nesse sentido, está intrinsecamente ligada à segurança nacional. A região, que faz fronteira com oito países e abriga recursos estratégicos valiosíssimos, como água doce, minérios raros e patrimônio genético incalculável, necessita

de uma infraestrutura energética robusta para assegurar sua soberania diante de pressões externas cada vez mais explícitas (G1, 2024).

Nesse cenário, os SMRs podem funcionar como instrumentos de defesa, desenvolvimento e integração nacional, especialmente se forem operados por instituições públicas com alta credibilidade técnica, como a Eletronuclear, o IPEN e a própria Marinha. O desafio, entretanto, está em promover uma regulamentação clara, uma governança transparente e um diálogo permanente com as comunidades locais. Qualquer projeto energético na Amazônia deve incorporar avaliações de impacto cultural e socioeconômico. A implementação de SMRs requer estratégias de governança participativa, acordos de compensação e planos de educação e capacitação técnica voltados às populações locais.

A introdução dessa tecnologia em territórios sensíveis exige, portanto, o cumprimento rigoroso da Convenção 169 da OIT, que determina a necessidade de consulta prévia, livre e informada aos povos tradicionais. A construção de uma matriz energética justa na Amazônia só será legítima se for feita com participação social, respeito à diversidade cultural e compromisso ambiental (ELETRONUCLEAR, 2019).

No entanto, essa proposta demanda um debate público amplo, envolvendo especialistas, instituições governamentais, comunidades locais e órgãos ambientais. É imprescindível ponderar não apenas os benefícios operacionais e estratégicos dos SMRs, mas também seus riscos, limitações, custos, impactos culturais e ecológicos. O domínio do ciclo do combustível nuclear pelo Brasil e a presença de reservas de urânio na própria Amazônia adicionam uma dimensão geopolítica à discussão, elevando o tema ao patamar de segurança nacional.

Além da tecnologia, é preciso garantir a implantação de sistemas robustos de governança: normas claras, protocolos rigorosos de segurança, transparência nos processos, capacitação técnica e fortalecimento dos mecanismos de fiscalização ambiental. A energia nuclear na Amazônia não pode ser um fim em si mesma, mas um meio para promover justiça energética, inclusão social e desenvolvimento sustentável, respeitando os saberes tradicionais e assegurando a autonomia das comunidades (BRASIL, 2023; AGÊNCIA GOV, 2025).

O presente estudo busca, portanto, realizar uma análise crítica e multidisciplinar da viabilidade da implantação de pequenos reatores nucleares modulares na região amazônica. A pesquisa parte de uma abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica e análise documental, para identificar os principais desafios técnicos, ambientais, jurídicos e

sociais da proposta. Busca-se, ainda, avaliar os benefícios estratégicos da introdução dessa tecnologia no contexto brasileiro, especialmente no que diz respeito à segurança energética, defesa nacional e desenvolvimento sustentável.

Na elaboração do artigo foram analisadas normativas legais, como a Constituição Federal de 1988, o Decreto nº 11.648/2023, que institui o Programa Energias da Amazônia, e documentos produzidos por agências especializadas como a ANEEL e a CNEN, além de estudos científicos recentes sobre os SMRs e o cenário energético amazônico.

2. JUSTIFICATIVA

O estudo sobre a viabilidade da implantação de Pequenos Reactores Nucleares Modulares (SMRs) na Amazônia possui uma relevância tripla — acadêmica, científica e social — que justifica profundamente a sua realização. Academicamente, o trabalho contribui para o debate sobre inovação energética em um dos biomas mais estratégicos do planeta, fornecendo subsídios teóricos e empíricos cruciais para o campo das ciências ambientais e energéticas.

A Amazônia enfrenta um desafio energético histórico, com grande parte de suas comunidades isoladas do Sistema Interligado Nacional (SIN) e dependente de fontes fósseis poluentes, como o diesel. Essa dependência gera custos operacionais onerosos e agrava impactos socioambientais, comprometendo a soberania energética e o desenvolvimento socioeconômico local. A urgência em buscar soluções reais e eficazes para esse problema persistente é o que, sobretudo, justifica a pesquisa.

Cientificamente, o trabalho busca preencher uma lacuna no conhecimento nacional sobre a aplicação de SMRs em regiões remotas e ecologicamente sensíveis. A tecnologia SMR é emergente, e sua análise no contexto geográfico e logístico da Amazônia — com sua vastidão fluvial, baixa densidade populacional e áreas de difícil acesso — exige estudos específicos que rompam com as limitações do modelo tradicional de geração e distribuição de energia.

Socialmente, a pesquisa aborda a urgência de soluções energéticas sustentáveis para as comunidades amazônicas. A ausência de energia elétrica estável compromete a dignidade das populações, limitando o funcionamento de escolas, unidades de saúde e sistemas de comunicação. A proposta dos SMRs é analisada como um vetor de inclusão social, segurança energética e desenvolvimento regional.

A crise energética na Amazônia não pode mais ser vista como uma anomalia regional, mas sim como uma prioridade nacional, pois a integração da região ao projeto de desenvolvimento do país passa inevitavelmente pela superação desses desafios estruturais. A energia é a base de todos os demais setores, como saúde, educação, segurança, comunicação e defesa.

O debate sobre a introdução dos SMRs deve ser enfrentado com responsabilidade, mas também com a ousadia e visão de futuro que o cenário exige. O artigo defende que, em tempos de transição energética global, o Brasil tem a oportunidade de assumir o protagonismo com soluções que aliam inovação tecnológica (SMRs), respeito ao meio ambiente e inclusão social.

Além disso, a Amazônia não pode continuar sendo tratada como um espaço de exclusão e carência, mas sim como um território estratégico e vital para o país e para o planeta. A infraestrutura energética robusta é crucial para assegurar a soberania nacional diante das pressões externas, especialmente em uma região que faz fronteira com oito países e abriga recursos estratégicos valiosíssimos.

Os pequenos reatores nucleares modulares podem ser uma ferramenta poderosa nesse processo de transformação, desde que utilizados com critério, planejamento e um compromisso inegociável com o bem comum. Sua implantação pode simbolizar uma nova etapa na presença do Estado na Amazônia, tornando-a mais assertiva, permanente e eficiente.

A relevância do estudo se aprofunda ao considerar a dimensão geopolítica adicionada pelo domínio brasileiro do ciclo do combustível nuclear e a presença de reservas de urânio na própria Amazônia. O aproveitamento racional e autônomo desses recursos, sob rigoroso controle estatal, contribui para a autonomia geopolítica em um mundo competitivo por minerais estratégicos.

Ademais, em tempos de transição energética global, o Brasil tem a oportunidade de assumir protagonismo com soluções que aliam inovação tecnológica, respeito ao meio ambiente e inclusão social. A Amazônia, por sua vez, não pode continuar sendo tratada como um espaço de exclusão e carência, mas como um território estratégico e vital para o país e para o planeta. Os pequenos reatores nucleares modulares podem ser uma ferramenta poderosa neste processo de transformação, desde que utilizados com critério, planejamento e compromisso com o bem comum (ELETRONUCLEAR, 2019.)

Portanto, o trabalho se justifica pela necessidade de realizar uma análise crítica e multidisciplinar, avaliando não apenas os benefícios técnicos, mas também os riscos, limitações e impactos culturais e ecológicos dos SMRs. O objetivo é contribuir, com base científica e realismo prático, para a modernização da matriz energética amazônica, guiada pelos princípios do desenvolvimento sustentável, da soberania nacional e da justiça social.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GERAL

Analisar a viabilidade técnica, ambiental e social da implantação de Pequenos Reatores Nucleares Modulares (SMRs) na Amazônia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear os gargalos logísticos e ambientais da matriz energética amazônica;
- Avaliar riscos e benefícios técnico-operacionais dos SMRs;
- Investigar o arcabouço legal e institucional que rege o uso da energia nuclear no Brasil e propor medidas de governança
- Construir cenários prospectivos de implementação e impacto socioeconômico

4. PROBLEMA E HIPÓTESE

O problema central que orienta esta pesquisa é: seria viável implantar Pequenos Reatores Nucleares Modulares na Amazônia como alternativa sustentável para suprir a carência energética regional?

A hipótese é que os SMRs, integrados a um arcabouço regulatório robusto e a processos participativos, podem ser uma solução viável, porém condicionada a requisitos técnicos, governança e mitigação socioambiental específicos.

5. METODOLOGIA

A pesquisa adotou abordagem qualitativa e descritiva, com base em revisão bibliográfica e análise documental. Foram consultadas legislações nacionais, relatórios técnicos da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), publicações científicas, notícias de agências oficiais e dados do Ministério de Minas e Energia. O tratamento dos dados seguiu

o método de análise de conteúdo, conforme Bardin (2016), permitindo a identificação de categorias temáticas relacionadas à viabilidade técnica, ambiental e social dos SMRs.

A pesquisa segue um recorte qualitativo-interpretativo com três eixos metodológicos: (i) revisão bibliográfica crítica; (ii) análise documental de normas e relatórios (Constituição Federal, Decreto nº 11.648/2023, documentos da CNEN, ANEEL e Eletronuclear); (iii) modelagem conceitual de cenários prospectivos. Para análise de conteúdo utilizou-se a abordagem de Bardin (2011), codificando categorias relacionadas a segurança, governança, impactos ambientais e aceitabilidade social. Quando aplicável, procedeu-se à triangulação entre fontes acadêmicas, relatórios técnicos e matérias jornalísticas de relevância para a agenda pública.

5.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, exploratória e descritiva¹. Seu caráter é interdisciplinar, abrangendo os campos da energia, ecologia, direito e políticas públicas. A metodologia geral foi a pesquisa qualitativa, baseada em revisão bibliográfica e análise documental. O recorte metodológico é qualitativo-interpretativo.

5.2 TÉCNICAS DE PESQUISA

5.2.1 DOCUMENTAÇÃO

Documentação indireta: fontes secundárias, tais como pesquisa bibliográfica, análise documental e revisão de relatórios técnicos, artigos e documentos oficiais.

Especificamente, a análise documental envolveu a consulta de legislações nacionais, como Constituição Federal de 1988, o Decreto nº 11.648/2023, que institui o Programa Energias da Amazônia e Relatórios técnicos e documentos da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), ANEEL e Eletronuclear.

5.3 ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados seguiu o método de análise de conteúdo, conforme as etapas de pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados.

O tratamento dos dados permitiu a identificação de categorias temáticas relacionadas à viabilidade técnica, ambiental e social dos SMRs¹⁶. O método de análise de conteúdo,

baseado na abordagem de Bardin (2011), foi utilizado para codificar categorias relacionadas à segurança, governança, impactos ambientais e aceitabilidade social.

Adicionalmente, quando aplicável, foi realizada a triangulação entre fontes acadêmicas, relatórios técnicos e matérias jornalísticas de relevância para a agenda pública¹⁸. A modelagem de cenários também foi aplicada, utilizando critérios de plausibilidade e risco para construir três cenários prospectivos: conservador, intermediário e proativo.

6. RESULTADOS

A ausência de dados empíricos de projetos SMR no contexto amazônico específico e a dependência de fontes secundárias limitam o estudo de resultados. Estudos de campo, avaliações de risco técnico-operacional e consultas locais são necessários para validar as conclusões aqui apresentadas.

Os dados indicam que os SMRs são tecnologicamente viáveis para aplicação na Amazônia, pois operam com segurança, têm alta eficiência energética e exigem menor infraestrutura para instalação. Do ponto de vista ambiental, os reatores oferecem baixa emissão de gases poluentes, reduzindo significativamente os impactos das fontes fósseis. Socialmente, a implantação dos pequenos reatores pode gerar empregos, capacitação técnica e infraestrutura para comunidades isoladas. Estrategicamente, fortalece a presença estatal em regiões de fronteira, garantindo autonomia e soberania energética. (BRASIL, 2023; AGÊNCIA GOV, 2025).

Do ponto de vista ambiental, os reatores não geram emissões atmosféricas durante a operação, ao contrário das usinas a diesel, e apresentam risco de acidentes reduzido devido à segurança passiva embutida em seu design. Além disso, o Brasil já dispõe de arcabouço técnico para a gestão dos resíduos radioativos, sob supervisão da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), o que aumenta a viabilidade prática do projeto.

Socialmente, a implantação de SMRs pode gerar benefícios diretos às populações amazônicas. A chegada de energia estável possibilita a expansão dos serviços de saúde, educação e conectividade, além de viabilizar cadeias produtivas sustentáveis como a bioeconomia, o ecoturismo e a agroindústria de base comunitária. A demanda por profissionais qualificados estimulará investimentos em educação técnica e científica na região, contribuindo para a fixação de talentos e valorização do capital humano local (ELETRONUCLEAR, 2019).

Contudo, a viabilidade plena da proposta está condicionada à adoção de um plano nacional que articule tecnologia, governança e participação social. Isso inclui o treinamento contínuo de pessoal técnico, a criação de protocolos específicos de operação e emergência, a supervisão rigorosa dos impactos ambientais e a escuta ativa das comunidades locais e dos povos tradicionais. O sucesso dos SMRs na Amazônia dependerá da construção de um ecossistema institucional que assegure responsabilidade, transparência e inclusão (ELETRONUCLEAR, 2019).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação de Pequenos Reatores Nucleares Modulares (SMRs) na Amazônia emerge, portanto, como uma solução tecnológica e estratégica que deve ser debatida de forma ampla tendo em vista o déficit energético da região amazônica e sua crescente demanda. A dependência de geradores a diesel não apenas impõe custos operacionais elevados e gargalos logísticos críticos – com transporte caro e inseguro de combustível por vias fluviais ou aéreas – mas também agrava impactos socioambientais significativos, comprometendo a sustentabilidade do bioma e a soberania nacional. A proposta dos pequenos reatores insere-se, portanto, como uma resposta urgente e alinhada a programas como o Energias da Amazônia, visando a universalização do acesso à energia elétrica estável e limpa em comunidades isoladas.

Em termos técnico-operacionais, os SMRs apresentam características ideais para o complexo cenário amazônico. Sua concepção modular e menor porte (entre 10 e 300 MW) facilitam o transporte até áreas remotas, mesmo por vias rodoviárias ou fluviais. Além disso, a utilização de combustíveis de alta densidade energética lhes confere uma autonomia operacional de até dez anos com recarga mínima, um fator logístico decisivo em regiões de difícil acesso (ELETRONUCLEAR, 2019). Tais atributos tornam a tecnologia particularmente adequada para atender bases militares, postos de fronteira, hospitais regionais e centros logísticos.

Do ponto de vista ambiental, os reatores modulares representam uma superioridade nítida em relação às fontes fósseis utilizadas atualmente. Eles não geram emissões atmosféricas nem gases de efeito estufa durante sua operação, contribuindo diretamente para a descarbonização da matriz energética amazônica. Ademais, em comparação com as grandes usinas hidrelétricas, os SMRs exigem um impacto territorial reduzido, preservando vastas

áreas da floresta⁸. Sua segurança é reforçada por sistemas passivos embutidos no design, que operam automaticamente em situações de falha e minimizam a dependência de intervenção humana, reduzindo drasticamente o risco de acidentes (ELETRONUCLEAR, 2019).

A implantação dessa tecnologia está intrinsecamente ligada à segurança nacional e à soberania energética. O Brasil detém o domínio do ciclo do combustível nuclear e possui reservas significativas de urânio, algumas localizadas na própria Amazônia. O aproveitamento racional e autônomo desses recursos, sob controle estatal e com rigorosa supervisão, não apenas garante a segurança energética da região, mas também fortalece a posição geopolítica do país em um cenário global competitivo por minerais estratégicos. O estudo alerta, inclusive, para a vulnerabilidade gerada pelo avanço de interesses estrangeiros sobre esses recursos (G1, 2024; O GLOBO, 2024).

No aspecto social, a chegada de energia estável e limpa é um vetor poderoso de desenvolvimento humano. Ela garante o funcionamento contínuo de estruturas vitais como hospitais, escolas, sistemas de comunicação e internet, essenciais para o bem-estar da população. Além disso, a energia confiável abre caminho para o surgimento e a sustentação de novas atividades econômicas, como a bioindústria, o agronegócio sustentável e o ecoturismo, promovendo uma transição de matriz produtiva na região.

Um efeito colateral crucial é o estímulo ao capital humano local. A construção e operação dos SMRs demandará mão de obra altamente qualificada, o que impulsionará o investimento em educação técnica e científica na Amazônia. Esse processo contribui para a fixação de jovens talentos, combate o êxodo rural e promove a valorização do conhecimento regional, transformando a região em um polo de inovação e desenvolvimento.

Contudo, a viabilidade plena da proposta é condicionada a uma rigorosa governança. Embora o arcabouço regulatório brasileiro, com a CNEN, seja robusto, a operação em áreas remotas impõe desafios institucionais complexos: a coordenação entre agências federais, estaduais e municipais, a definição de protocolos de emergência adaptados à realidade amazônica e a garantia da cadeia logística do combustível e do descomissionamento. O sucesso dependerá da construção de um ecossistema institucional que assegure responsabilidade, transparência e fiscalização ambiental fortalecida (BRASIL, 2023; AGÊNCIA GOV, 2025).

A aceitabilidade social é o pilar ético e prático que sustenta todo o projeto. O estudo enfatiza que a introdução de SMRs não pode ser imposta, mas sim construída com a

participação ativa das comunidades locais. Isso exige o cumprimento rigoroso da Convenção 169 da OIT, que determina a necessidade de consulta prévia, livre e informada aos povos tradicionais, indígenas e ribeirinhos. A construção de uma matriz energética justa só será legítima se respeitar os modos de vida tradicionais, a diversidade cultural e incorporar mecanismos de benefício compartilhado (O GLOBO, 2024).

A dimensão estratégica dessa opção de matriz energética é inegável, funcionando como instrumentos de integração nacional e fortalecimento da presença do Estado em regiões de fronteira. Ao garantir energia contínua, abre-se espaço para a instalação de bases operacionais de policiamento e proteção territorial, ligando a segurança energética à defesa nacional e à autonomia geopolítica.

Portanto, a proposta de Small Modular Reactors para a Amazônia é defendida como uma poderosa ferramenta para redesenhar o futuro da região, superando um problema histórico e alinhando-se aos compromissos de desenvolvimento sustentável. No entanto, esta tecnologia é apenas um meio para um fim maior: a justiça energética, a inclusão social e a soberania nacional. Sua implantação exige, fundamentalmente, um debate público amplo, governança transparente e, sobretudo, um compromisso inegociável com o diálogo e o respeito ao bioma e às populações amazônicas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA GOV. Energia nuclear: extração de urânio é monopólio da União. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202412/energia-nuclear-extracao-de-uranio-e-monopolio-da-uniao>. Acesso em: 20 mar. 2025.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

BRASIL. Decreto nº 11.648, de 16 de agosto de 2023. Institui o Programa Energias da Amazônia. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/d11648.htm. Acesso em: 20 mar. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Programa Energias da Amazônia. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/programa-energias-da-amazonia>. Acesso em: 10 maio 2025

ELETRONUCLEAR. Quer salvar a Amazônia? Aposte na energia nuclear. Eletronuclear, 13 dez. 2019. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Imprensa-e-Midias/Paginas/Quer-salvar-a-Amaz%C3%B4nia-Aposte-na-energia-nuclear.aspx>. Acesso em: 10 maio 2025.

Equidade: Revista Eletrônica de Direito da UEA

Vol. 14. Nº 3, Julho-Dezembro/2026

ISSN: 2675-5394

Artigo Científico

G1. Reserva rica em urânio localizada no Amazonas é vendida à China. Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2024/11/28/reserva-rica-em-uranio-localizada-no-amazonas-e-vendida-a-china.ghtml>. Acesso em: 20 mar. 2025.

NEOFEED. A proposta (polêmica) de usar minirreatores nucleares para gerar luz em áreas da Amazônia. NeoFeed, 19 abr. 2024. Disponível em: <https://neofeed.com.br/economia/a-proposta-polemica-de-usar-minirreatores-nucleares-para-gerar-luz-em-areas-da-amazonia/>. Acesso em: 10 maio 2025

O GLOBO. China compra por R\$ 2 bilhões empresa que atua próximo a reserva de urânio no Brasil. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2024/11/28/china-compra-por-r-2-bilhoes-maior-reserva-de-uranio-do-brasil-no-amazonas.ghtml>. Acesso em: 20 mar. 2025.

O GLOBO. Silveira fala em 'descarbonizar' sistema energético na Amazônia com uso de pequenos reatores nucleares. O Globo, 17 abr. 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2024/04/17/silveira-fala-em-descarbonizar-sistema-energetico-na-amazonia-com-uso-de-pequenos-reatores-nucleares.ghtml>. Acesso em: 10 maio 2025.

SPUTNIK BRASIL. Pequenos reatores nucleares na Amazônia: tecnologia russa ajuda o Brasil na transição energética? Disponível em: <https://noticiabrasil.net.br/20240628/pequenos-reatores-nucleares-na-amazonia-tecnologia-russa-ajuda-o-brasil-na-transicao-energetica-35349558.html>. Acesso em: 20 mar. 2025.