

Energia nuclear e mudança climática: desmistificando e popularizando o conhecimento nuclear /

Nuclear energy and climate change: demystifying and popularizing nuclear knowledge

*Alessandro Augusto Jordão **

Doutorando em Tecnologia Nuclear pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), com graduação sanduíche na Universidade do Minho (UM), em Braga, Portugal. É professor e coordenador de cursos de graduação e pós-graduação lato sensu do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista (UNIP), campus Sorocaba.

 <https://orcid.org/0009-0003-8626-2617>

*Bruna Batista dos Santos ***

Graduanda em Engenharia Mecânica pela Universidade Paulista (UNIP), campus Sorocaba. Desenhista Júnior II da Vtech Holdings Ltd na área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

 <https://orcid.org/0009-0005-5990-3751>

*Michel Antony Siqueira Prioli ****

Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade Paulista (UNIP), campus Sorocaba. Estagiário da Hyster-Yale Brasil Empilhadeiras Ltda na área de serviços.

 <https://orcid.org/0009-0004-0600-814X>

*Gabriel da Cruz Freire *****

Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade Paulista (UNIP), campus Sorocaba. Estagiário da Hyster-Yale Brasil Empilhadeiras Ltda na área de serviços.

*

 alessandro.jordao@docente.unip.br

**

 brubasantos05@gmail.com

 _masptj2@gmail.com

 _xbiel13@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-2655-506X>

Recebido em: 28 de mar. de 2025. **Aprovado** em: 14 ago. de 2025.

Como citar esta produção artística:

JORDÃO, Alessandro Augusto; SANTOS, Bruna Batista dos Santos; PRIOLI, Michel Antony Siqueira; FREIRE, Gabriel da Cruz. Energia nuclear e mudança climática: desmistificando e popularizando o conhecimento nuclear. *Revista Letras Raras*. Campina Grande, v. 14, n. 1, p. e6431, set. 2025. DOI: 10.5281/zenodo.17216872

RESUMO

Considerando um cenário marcado por crescentes desafios energéticos e ambientais, este trabalho apresenta uma proposta híbrida de caráter científico-divulgativo e literário-pedagógico, que articula recursos ficcionais a fundamentos científicos consistentes. Por meio de uma abordagem lúdica, didática e acessível, protagonizada pelos personagens Lúmi e Neutrino, evidencia-se o potencial da energia nuclear em complementaridade às fontes renováveis, promovendo transparência, estimulando o engajamento social e ampliando a aceitação pública da energia nuclear para fins pacíficos. Conclui-se pela urgência em intensificar iniciativas de divulgação e popularização do conhecimento nuclear, destacando como referência o Programa de Aceitação Pública (APUB) empreendido pela Associação Brasileira de Energia Nuclear (ABEN) desde 2018, no âmbito do projeto Embaixadores Nucleares.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Nuclear; Popularização do Conhecimento; Aceitação Pública; Divulgação Científica; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Considering a scenario marked by growing energy and environmental challenges, this work presents a hybrid proposal of a scientific-popularization and literary-pedagogical nature, combining fictional resources with consistent scientific foundations. Through a playful, didactic, and accessible approach, led by the characters Lúmi and Neutrino, it highlights the potential of nuclear energy in complementarity with renewable sources, promoting transparency, fostering social engagement, and expanding public acceptance of nuclear energy for peaceful purposes. The study concludes by emphasizing the urgency of intensifying initiatives for the dissemination and popularization of nuclear knowledge, highlighting as a reference the Public Acceptance Program (APUB) carried out by the Brazilian Association for Nuclear Energy (ABEN) since 2018, within the framework of the Nuclear Ambassadors project.

KEYWORDS: Nuclear Energy; Knowledge Popularization; Public Acceptance; Science Communication; Sustainability.

1 Introdução

Lúmi e Neutrino são mais do que simples exploradores — eles personificam o espírito inquieto e inspirador da ciência. Movidos pelo desejo irresistível em desvendar o desconhecido, cada um possui um papel essencial nesta jornada.

Lúmi, com sua energia radiante e olhar atento, é capaz de transformar ideias complexas em conhecimento claro e empolgante, iluminando caminhos e inspirando aprendizados. Neutrino, ágil, curioso e sempre em movimento, enfrenta o desconhecido com ousadia, tornando cada desafio uma aventura fascinante.

Juntos, Lúmi e Neutrino, simbolizam a faísca da curiosidade e a coragem da descoberta, formando uma dupla extraordinária capaz de despertar interesse, instigar perguntas e ampliar horizontes sobre ciência, tecnologia e inovação (CT&I) na área nuclear.

Em um mundo onde os impactos do aquecimento global já são sentidos de forma evidente, com aumento da frequência de eventos climáticos extremos, elevação do nível dos oceanos e crises energéticas, encontrar soluções sustentáveis (e confiáveis) tornou-se uma prioridade global (HEARD *et al.*, 2017) — e essa dupla dinâmica está pronta para demonstrar como a energia nuclear pode contribuir decisivamente para isso.

Dessa vez, a dupla enfrenta uma missão especial: explicar por que a energia nuclear é uma aliada indispensável no combate às mudanças climáticas.

Para isso, os jovens exploradores seguirão caminhos estratégicos, apresentando evidências científicas sobre o baixo impacto ambiental da energia nuclear, destacando sua contribuição complementar para uma matriz energética confiável, acessível e limpa e esclarecendo dúvidas sobre segurança e resíduos radioativos.

2 Energia nuclear: uma alternativa estratégica para o combate às mudanças climáticas

Durante sua jornada de descoberta, Lúmi e Neutrino encontram uma pista essencial: nem todas as fontes de energia têm o mesmo impacto no planeta!

Com empolgação, Lúmi começou a explicar para Neutrino sobre importantes descobertas científicas:

— Olha só que interessante, Neutrino! Um estudo conduzido por Bruckner e seus colegas, em 2014, para o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), analisou diferentes tecnologias de geração de energia e descobriu algo incrível: a energia nuclear gera quantidades muito

pequenas de gases de efeito estufa durante todo o seu ciclo de vida. Os resultados mostram que suas emissões são tão baixas quanto as das energias renováveis, como solar e eólica.

Neutrino, atento e sempre curioso, arregalou os olhos e perguntou:

— Mas e o processo todo? Extração do urânio, gestão dos resíduos e etc. Será que tudo isso não aumenta essas emissões?

Lúmi sorriu, satisfeita com a pergunta, e rapidamente esclareceu:

— Boa questão! Teve um estudo que analisou exatamente isso. Na Suíça, os colegas Treyer e Bauer (2016) descobriram que mesmo considerando todas as etapas, como mineração do urânio e gerenciamento dos resíduos radioativos, a energia nuclear ainda tem emissões extremamente reduzidas de gases de efeito estufa. Ou seja, mesmo considerando todo o ciclo de emissões, continua sendo uma energia muito limpa.

Neutrino, animado, concluiu com entusiasmo:

— Que demais! Então, a ciência já mostrou claramente: mesmo existindo pequenas variações entre estudos, a energia nuclear é uma alternativa muito mais limpa que os combustíveis fósseis, com emissões comparáveis às fontes renováveis. Logo, a energia nuclear pode ser uma grande aliada para construirmos um futuro mais sustentável e combatermos as mudanças climáticas!

Assim, Lúmi e Neutrino, revelaram que as usinas nucleares são importantes aliadas no combate às mudanças climáticas. É como se elas gerassem energia silenciosamente, sem liberar grandes quantidades de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono, responsáveis pelo aquecimento global, algo bem diferente do que ocorre nas usinas que usam carvão ou gás natural (WARNER; HEATH, 2012; LENZEN, 2008).

3 Parceria energética: nuclear e renováveis juntas pelo clima

Enquanto caminhavam, Neutrino, sempre atento às possibilidades, levantou uma outra questão importante:

— Lúmi, sabemos que a energia nuclear é limpa, mas as fontes renováveis, como solar e eólica, não poderiam dar conta de toda a energia necessária sozinhas?

Lúmi sorriu, compreendendo o ponto do amigo, e respondeu explicando cuidadosamente:

— As energias renováveis são realmente incríveis, mas têm um pequeno desafio: elas dependem das condições da natureza. O vento nem sempre sopra e o sol não brilha o tempo todo. Por isso, a energia nuclear surge como uma parceira ideal, oferecendo eletricidade constante, independentemente das condições climáticas. Estudos já apontaram que essa integração pode aumentar a estabilidade e eficiência da matriz energética global, ajudando a reduzir o uso de fontes mais poluentes, como carvão e gás natural (IPCC, 2018; JERÔNIMO, 2023).

Lúmi destacou com empolgação outro estudo:

— Aliás, Neutrino, os colegas Silva e Teixeira (2024) também reforçam essa ideia, destacando que a energia nuclear e as renováveis não são concorrentes, mas sim grandes parceiras. A combinação estratégica dessas fontes permite que cada uma compense as limitações da outra.

Neutrino concluiu, satisfeito e com a energia habitual:

— Entendi tudo! A solução não é escolher só uma, mas unir forças. Com a energia nuclear e as renováveis trabalhando juntas, teremos uma geração de energia muito mais limpa, segura e sustentável!

4 Aceitação Pública: superando os desafios da energia nuclear

Enquanto avançavam em sua jornada, Lúmi e Neutrino perceberam que precisavam superar um desafio ainda maior: o medo e a insegurança das pessoas sobre a energia nuclear.

Eles entenderam que essa fonte de energia carrega um forte estigma, resultado de acidentes históricos como os de Chernobyl e Fukushima, cujas lembranças ainda afetam as decisões sociais e políticas (DUARTE, 2018).

Com sensibilidade, Lúmi ressaltou que, apesar dos avanços tecnológicos significativos em segurança e proteção radiológica, muitas pessoas continuam preocupadas com os riscos e com o gerenciamento dos resíduos radioativos (ELETRONUCLEAR, 2023; EXAME, 2024).

Neutrino compreendeu rapidamente que não bastava garantir que a energia nuclear fosse tecnicamente segura — era essencial fazer com que todos se sentissem seguros também.

Para Lúmi e Neutrino, essa missão se tornou clara: transformar os desafios de percepção pública em oportunidades de aprendizado, fortalecendo a confiança das pessoas na energia nuclear como uma solução estratégica e sustentável para o futuro (EXAME, 2024; CNEN, 2024).

Considerações finais

Ao final dessa missão, Lúmi e Neutrino reafirmaram seu objetivo inicial: demonstrar que a energia nuclear é uma poderosa aliada no enfrentamento das mudanças climáticas. Mas, acima de tudo, compreenderam que o sucesso dessa tarefa depende fortemente da maneira como a sociedade percebe e compreende essa fonte energética. Assim, concluíram que apoiar iniciativas voltadas à popularização e democratização do conhecimento nuclear é fundamental para superar receios históricos e promover uma aceitação social mais ampla e esclarecida.

Nesse contexto, destacaram como uma ação exemplar e bem-sucedida, o Programa de Aceitação Pública (APUB) empreendido pela Associação Brasileira de Energia Nuclear (ABEN), especialmente por meio do Projeto Embaixadores Nucleares. Essa iniciativa tem capacitado jovens estudantes para levar às suas comunidades informações claras, transparentes e confiáveis sobre a energia nuclear, desconstruindo mitos e incentivando um diálogo aberto e ético sobre o tema.

Por fim, Lúmi e Neutrino reforçaram o papel essencial das escolas, desde o ensino fundamental até o superior, e também das organizações da sociedade civil.

Para eles, essas instituições são cruciais no esforço coletivo de disseminar o conhecimento nuclear de maneira ética, transparente e acessível, preparando cidadãos conscientes e capazes de tomar decisões bem-informadas sobre o futuro energético do país. Com isso, a dupla acredita que está ajudando a construir uma sociedade mais preparada para enfrentar os desafios energéticos e ambientais do presente e do futuro.

Referências

APA – ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE AVICULTURA. *O futuro da energia nuclear: oportunidades e desafios*. São Paulo: APA, 2023. Disponível em: <https://las-ans.org.br/wp-content/uploads/2019/04/O-futuro-da-energia-nuclear-oportunidades-e-desafios.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2025.

BEERTEN, J.; LAES, E.; MESKENS, G.; D'HAESELEER, W. Greenhouse gas emissions in the nuclear life cycle: a balanced appraisal. *Energy Policy*, v. 37, n. 12, p. 5056-5068, 2009.

BRUCKNER, T.; BASHMAKOV, I. A.; MULUGETTA, Y.; CHUM, H.; VEGA NAVARRO, A.; EDMONDS, J.; FAAIJ, A.; FUNGTAMMASAN, B.; GARG, A.; HERTWICH, E.; HONNERY, D. Energy systems. In: *Climate Change 2014: mitigation of climate change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

CNEN – COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Prevenção e gestão de riscos: resíduos radioativos*. Brasília, 2024. Disponível em: <https://apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos/residuos-radioativos>. Acesso em: 19 mar. 2025.

DEFESANET. Segurança nuclear: riscos em evidência e oportunidades enquanto é tempo. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/assunto/ultimas-noticias/seguranca-nuclear-riscos-em-evidencia-e-oportunidades-enquanto-e-tempo>. Acesso em: 19 mar. 2025.

DUARTE, S. Desafios para o controle da energia nuclear. *Revista Arco – UFSM*, 2018.

ECODEBATE. Energia nuclear é uma opção viável diante dos riscos e custos? 2023. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2023/05/26/energia-nuclear-e-uma-opcao-viavel-diante-dos-riscos-e-custos/>. Acesso em: 19 mar. 2025.

ELETRONUCLEAR. Gerenciamento de resíduos radioativos. 2023. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Paginas/Gerenciamento-de-residuos.aspx>. Acesso em: 19 mar. 2025.

EXAME. Desafios da proteção física nuclear na América Latina: uma perspectiva regional no contexto da governança nuclear global. 2024. Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/nuclear/desafios-da-protecao-fisica-nuclear-na-america-latina-uma-perspectiva-regional-no-contexto-da-governanca-nuclear-global/>. Acesso em: 19 mar. 2025.

FIA – FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO. Energia nuclear. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/energia-nuclear/>. Acesso em: 19 mar. 2025.

FTHENAKIS, V. M.; KIM, H. C. Greenhouse-gas emissions from solar electric- and nuclear power: a life-cycle study. *Energy Policy*, v. 35, n. 4, p. 2549-2557, 2007.

Heard, B. P., Brook, B. W., Wigley, T. M., & Bradshaw, C. J. (2017). Burden of proof: A comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1122-1133.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Integration of renewable energy into present and future energy systems. In: *Special Report on Global Warming of 1.5°C*. Geneva: IPCC, 2018.

JERÔNIMO, R. B. *A importância da energia nuclear no processo de transição energética: considerações à luz do princípio da precaução*. 2023. Trabalho Acadêmico (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

LENZEN, M. Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: a review. *Energy Conversion and Management*, v. 49, n. 8, p. 2178-2199, 2008.

MARKANDYA, A.; WILKINSON, P. Electricity generation and health. *The Lancet*, v. 370, n. 9591, p. 979-990, 2007.

PEHL, M.; ARVESEN, A.; HUMPENÖDER, F.; POPP, A.; HERTWICH, E. G.; LUDERER, G. Understanding future emissions from low-carbon power systems by integration of life-cycle assessment and integrated energy modelling. *Nature Energy*, v. 2, n. 12, p. 939-945, 2017.

ROSATOM. Como a energia nuclear pode impulsionar a descarbonização global: desafios e oportunidades. 2019. Disponível em: <https://exame.com/bussola/como-a-energia-nuclear-pode-impulsionar-a-descarbonizacao-global-desafios-e-oportunidades/>. Acesso em: 19 mar. 2025.

SILVA, R. S.; TEIXEIRA, W. C. *Desvendando os horizontes da energia nuclear: visão atual e perspectivas futuras*. 2024. Trabalho Acadêmico (Graduação) – Centro Universitário Academia, 2024.

SOVACOOOL, B. K. Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: a critical survey. *Energy Policy*, v. 36, n. 8, p. 2950-2963, 2008.

TREYER, K.; BAUER, C. The environmental footprint of UAE's electricity sector: combining life cycle assessment and scenario modeling. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 55, p. 1234-1247, 2016.

VAILLANCOURT, K.; BAHN, O.; FRENETTE, E.; SIGVALDASON, O. Exploring deep decarbonization pathways to 2050 for Canada using an optimization energy model framework. *Applied Energy*, v. 132, p. 56-65, 2014.

WARNER, E. S.; HEATH, G. A. Life cycle greenhouse gas emissions of nuclear electricity generation. *Journal of Industrial Ecology*, v. 16, suplemento 1, p. S73-S92, 2012.

WEISSER, D. A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies. *Energy*, v. 32, n. 9, p. 1543-1559, 2007.