

ENERGIA

O DESPERTAR DA FORÇA

NUCLEAR

de:O forçes

de:O michellis jr.

https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Advanced_Test_Reactor.jpg

FONSECA, Enio Marcus Brandão, 1957 –; MICHELLIS Jr., Decio, 1962 –.

Energia Nuclear: o Despertar da Força. 2024; 94 páginas.

Notas

1. Energia Nuclear. Segurança Energética. Mitigação de Emissões. Meio Ambiente. Sustentabilidade.

Agradecimentos

A toda historia vivida em 42 anos de profissão, que me permitiram conhecer e vivenciar um pedacinho da vida;

A este momento especial onde tenho podido escrever sobre temas importantes para a sociedade;

À minha familia, Alessandra, Joao Paulo, Pedro Henrique, Rafaela, Igor e Gabriel;

A Deus, sempre presente;

Ao amigo de sempre, Decio Michellis Jr., que vencemos mais um desafio, escrevendo juntos este livro.

A handwritten signature in black ink, reading "Eric Fonseca". The signature is written in a cursive, flowing style with a prominent flourish at the end of the name.

Aos amigos e amigas: Albenir Querubini, Antonio Fonseca dos Santos, Antonio Loiola, Claudia Helena Pascoetto Mariano, Claudinê Pascoetto (in memoriam), Eduardo Lima Porto, Egberto P. Tavares, Elizeu Machado de Lima, Georges Louis Hage Humbert, Gil Reis, Gilvam Lúcio do Nascimento, José Calmon Augusto Rodrigues, Josiane Dias Silva Revoredo, Leonam dos Santos Guimarães, Luiz Fernando Leone Vianna, Maurício Fernandes, Misael Carlos Franco, Paulo Ricardo Valenza Alves, Pedro Augusto Cassimiro de Araujo, Rafael Taconelli, Ricardo Carneiro, Uriel Duarte e Zenilda Drumond;

Aos amigos, amigas, irmãos e irmãs nascidos na hora da adversidade: Divaldo José da Costa Rezende, Emílio Yooiti Onishi, Enio Marcus Brandão Fonseca, Gesiel Jorge de Jesus, Jayme Vicente Toscano, Pedro de Toledo Piza, Selma Helena da Silva Iwasawa, Sérgio Roberto Andretta, Waldinei Cassiano e Wesley Abreu;

À conselheira e amiga Nádia Sueli Taconelli Paterno pelo seu apoio e oportunas sugestões e competentes revisões;

Ao amigo e polímata Abílio Myashiki;

Ao conselheiro e amigo Sérgio Cintra pelo incentivo e apoio;

A Lilian, meu grande amor e

*A Deus por saber que em todo o tempo, lugar e
circunstâncias, a minha vida está sob o olhar e absoluto
controle do Senhor.*

Decio Michellis Jr.

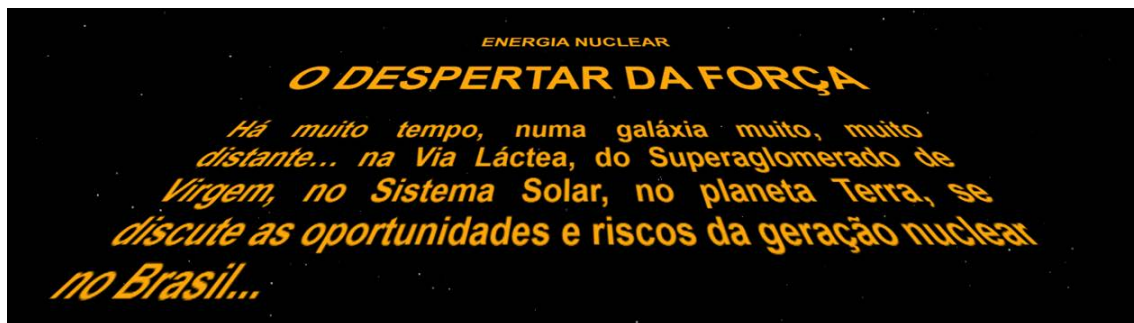
Nota dos Autores

A energia é o sangue vital de uma economia. Deve ser abundante, acessível, confiável, despachável e robusta.

A busca pela esperança em tempos sombrios de insegurança energética crescente, fruto de eventos climáticos extremos, conflitos armados e guerras econômicas, exige que tomemos decisões rápidas sobre a construção da segurança energética do país com base em fontes novas, limpas, baratas e confiáveis, entre elas a energia nuclear. A construção de usinas nucleares é um investimento estratégico para o desenvolvimento sustentável e a segurança energética de todo o país. A energia nuclear pode ajudar reduzir as nossas emissões de carbono.

O Brasil ainda discute a conclusão de Angra 3. O Programa Nuclear Brasileiro Pós Angra 3 conforme o

Plano Nacional de Energia - 2050, considera a expansão adicional ao complexo de Angra (até 2050), entre 10 GW e 8 GW, porém sem cronograma definido, apenas esboçando a ideia.



A prosperidade nacional depende de energia confiável, abundante e barata. Nossas decisões agora terão um impacto de longo prazo. A energia nuclear oferece a melhor combinação de características desejáveis de energia limpa com o menor risco de impacto negativo ao meio ambiente e à economia. A energia nuclear é a única tecnologia de energia limpa escalável do mundo em nome da proteção do meio ambiente!

Os impactos ambientais provocados por fontes alternativas, em larga escala, podem ser tão significativos quanto os decorrentes das fontes convencionais. Isto permite concluir que qualquer

fonte de energia que passe a ter uso intensivo, pode gerar impactos socioambientais tão graves e intensos quantos as fontes tradicionais que pretende substituir. Cada tipo de fonte de energia tem sua aplicação e lugar na matriz energética. A escolha deve considerar as especificidades locais e o custo de oportunidade socioambiental. Nenhuma fonte pode ser desprezada!

Esta é uma edição eletrônica (e-book) não comercial, que não pode ser vendida nem comercializada em qualquer hipótese. Tampouco pode ser utilizada para quaisquer fins que envolvam interesse financeiro. Esta análise pode ser duplicada e impressa em sua íntegra e sem alterações, distribuído e compartilhado para usos não comerciais, entre pessoas e/ou instituições sem fins lucrativos.

Acreditamos de boa-fé que não fizemos uso de conteúdo difamatório ou ilegal, sempre fazendo a devida referência aos materiais protegidos por leis de direitos autorais, marcas e outros direitos de propriedade intelectual e de imagem, em artigos e textos de livre consulta na internet.

Se você for detentor de direitos autorais que acredite ter sido violado, entre em contato pelo e-mail eniofon@gmail.com ou decio.michellis@gmail.com para providenciarmos a remoção.

Que a força da energia nuclear esteja com vocês!

Enio Fonseca

Decio Michellis Jr.

IMPORTANTE: O princípio do contraditório [*Audi alteram partem* (ou *audiatur et altera pars*), que significa "ouvir o outro lado", ou "deixar o outro lado ser ouvido bem"] implica a necessidade de uma dualidade de partes que sustentam posições opostas entre si, de modo que tomemos decisões racionais e posições emocionalmente sustentáveis e moralmente defensáveis, conhecendo as pretensões e as alegações das partes. São apresentados diferentes pontos de vista em um esforço para fomentar um debate vibrante e uma análise crítica cuidadosa.

A tendência humana é aceitar reflexivamente qualquer coisa que esteja de acordo com suas crenças preexistentes e ignorar ou distorcer tudo o que as desafia.

O argumento contra a pessoa (“*Argumentum ad hominem*”) nega uma proposição com uma crítica ao seu autor e não ao seu conteúdo. Concluir sobre o valor dos argumentos sem examinar seu conteúdo, nada tem a ver com a verdade ou falsidade das proposições apresentadas. A razoabilidade, a racionalidade, a prudência e o bom senso, recomendam conhecer e poder refutar argumentos (contrários às nossas convicções) e proporcionar (caso necessário) contraprovas às afirmações e evidências apresentadas e combatê-las com argumentos racionais.

O desafio para todos nós brasileiros é criar as medidas que visam garantir a viabilidade do Programa Nuclear Brasileiro seguindo uma adaptação prudente e estratégias que sejam tecnicamente viáveis, economicamente acessíveis e socialmente aprimoradas.

Refleta, pondere e tire suas próprias conclusões sobre o assunto.

S.m.j.

Dicas dos Autores

Como usar o Google Tradutor para traduzir PDF gratuitamente

1. Acesse a página do Google Tradutor para documentos.
(<https://translate.google.com.br/?hl=pt-BR&sl=en&tl=pt&op=docs>)
2. Escolha o idioma fonte e o idioma alvo. Se você não tem certeza do idioma fonte, você pode simplesmente deixar a opção "Detectar idioma" ativada.
3. Clique em "Procurar no computador" e, em seguida, "Traduzir".
4. Aguarde enquanto o Google traduz.
5. Faça download da tradução.

Traduz arquivos até 8 MB ou 300 páginas. Caso necessário, divida o documento em partes menores que 8 MB ou 300 páginas, traduza e depois adicione um ao outro até recompor o

documento original traduzido. A qualidade da tradução é razoável, dá para compreender o texto original. Alguns ajustes são necessários dependendo da especificidade técnica do texto.

Como traduzir uma página | Chrome, Firefox, Edge e Safari

Os principais navegadores do mercado oferecem ferramentas nativas para traduzir uma página na internet. Isso significa que não é necessário baixar extensões adicionais, nem recorrer a plataformas específicas de tradução, como o Google Tradutor.

Confira no link abaixo:

<https://canaltech.com.br/navegadores/como-traduzir-uma-pagina/>

ENERGIA

O DESPERTAR DA FORÇA

NÚCLEAR

Dr. J. J. Forrester

Dr. J. J. Forrester

<https://www.pexels.com/pt-br/foto/explosao-solar-vermelha-e-laranja-73873/>

Sumário

Renascimento Da Energia Nuclear	1
Geração Nuclear.....	10
SMR - Small Modular Reactor.....	13
Lixo Nuclear.....	18
Custos	20
Área Ocupada.....	22
O Programa Nuclear Da Polônia - Um Case De Sucesso	24
A Má Energia Nuclear	27
Escala Internacional de Acidentes Nucleares E Radiológicos	29
Acidentes Nucleares.....	32
Chernobyl.....	33
Zaporizhzhia	36
Munição De Urânio Empobrecido	37
Mazelas Brasileiras	39

A Boa Energia Nuclear	43
Nimby ou Yimby?	48
Lei de White	49
O Futuro É Nuclear?	50
Brasil	55
Energia Nuclear É a Chave Para Nossa Segurança Energética de Longo Prazo	57

ENERGIA

O DESPERTAR DA FORÇA

NUCLEAR

«O FORSE»

><<O MICHELLS JR.

<https://www.goodfon.com/landscapes/wallpaper-download-1920x1080-noch-tec-gradirnya-par-derevya.html>

RENASCIMENTO DA ENERGIA NUCLEAR

“As usinas nucleares são confiáveis, as pessoas é que não são”. (John Kemeny)



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/29/Nuclear_power_plant_Isar_at_night.jpg/1019px-Nuclear_power_plant_Isar_at_night.jpg

A 28ª Conferência das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (COP28) foi um acontecimento histórico para a energia nuclear quando foi formalmente especificada como uma das soluções para as alterações climáticas no Primeiro Balanço Global do progresso no sentido do cumprimento dos objetivos do Acordo de Paris.

Os líderes mundiais e inovadores em soluções para as alterações climáticas reuniram-se em Dubai com o objetivo de manter o aquecimento global abaixo de 1,5°C.

O texto final da decisão da COP28, reconhece a necessidade de “reduções profundas, rápidas e sustentadas nas emissões de gases com efeito de estufa, em linha com as trajetórias de 1,5 °C” e apela a esforços globais para acelerar a redução zero e tecnologias de baixas emissões, incluindo **tecnologias nucleares**, renováveis e tecnologias de redução e remoção, como captura, utilização e armazenamento de carbono.

Pela primeira vez se reconhece o papel crucial que a energia nuclear pode desempenhar para ajudar os países a reduzir as suas emissões de carbono. As emissões globais devem atingir zero líquido até 2050.

“Para os países que optam por incluir a energia nuclear como parte do seu cabaz energético, temos esperança de que este reconhecimento global ajudará a impulsionar o crescimento da força de trabalho nuclear e a desbloquear o financiamento de que o sector necessita. Ambos os elementos são cruciais para que o sector nuclear cumpra o seu potencial e reduza as emissões de carbono, proporcionando ao mesmo tempo

segurança energética” (Diretor-Geral da NEA, William D. Magwood, IV)
(¹)



Foto: Emmanuel Macron/X

Os principais players no mercado são:

1. Rosatom (Rússia),
2. KEPCO e empresas associadas (Coréia do Sul) e
3. Westinghouse AP 1000 (Canadá).

De acordo com a Associação Nuclear Mundial (*World Nuclear Association*): (²)

¹ NUCLEAR ENERGY AGENCY (NEA). **COP28 recognises the critical role of nuclear energy for reducing the effects of climate change**. Disponível em: https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_89153/cop28-recognises-the-critical-role-of-nuclear-energy-for-reducing-the-effects-of-climate-change.

² WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Plans For New Reactors Worldwide**; Year: 2022 Container: world-nuclear.org Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide.aspx>.

1. Cerca de 60 reatores estão em construção em todo o mundo. Outros 110 estão planejados.
2. A maioria dos reatores em construção ou planejados estão na Ásia.
3. As novas unidades que entraram em operação nos últimos anos foram em grande parte compensadas pela desativação de unidades antigas. Nos últimos 20 anos, 108 reatores foram desativados e 97 entraram em operação.

Hoje existem cerca de 440 reatores nucleares operando em 32 países, além de Taiwan, com uma capacidade combinada de cerca de 390 GWe. Em 2022, forneceram 2.545 TWh, cerca de 10% da eletricidade mundial. Muitos países com programas de energia nuclear existentes têm planos ou estão a construir novos reatores de energia.

4

Países emergentes de energia nuclear: ⁽³⁾

1. Cerca de 30 países estão a considerar, planejar ou iniciar programas de energia nuclear.
2. Estes variam desde economias sofisticadas até nações em desenvolvimento.
3. O Bangladesh, o Egito e a Turquia estão todos a construir as suas primeiras centrais nucleares.

³ WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Emerging Nuclear Energy Countries**. Year: 2022 Container: world-nuclear.org Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/emerging-nuclear-energy-countries.aspx>.

Cerca de 30 países estão a considerar, planejar ou iniciar programas de energia nuclear, e outros 20 países manifestaram em algum momento interesse. Na lista a seguir, são fornecidos links para os países cobertos por páginas de países específicos:

1. Na Europa: Albânia, Sérvia, Croácia, Portugal, Noruega, Polónia, Estónia, Letónia, Lituânia, Irlanda, Turquia.
2. No Médio Oriente e Norte de África: Estados do Golfo incluindo Arábia Saudita, Qatar, Kuwait e Iraque; Iêmen, Israel, Síria, Jordânia, Egito, Tunísia, Líbia, Argélia, Marrocos, Sudão.
3. Na África Ocidental, Central e Austral: Nigéria, Gana, Senegal, Quênia, Uganda, Tanzânia, Zâmbia, Namíbia, Ruanda, Etiópia.
4. Na América Central e do Sul: Cuba, Chile, Equador, Venezuela, Bolívia, Peru, Paraguai.
5. Na Ásia central e meridional: Azerbaijão, Geórgia, Cazaquistão, Mongólia, Bangladesh, Sri Lanka, Uzbequistão.
6. No Sudeste Asiático e Oceania: Indonésia, Filipinas, Vietnã, Tailândia, Laos, Camboja, Malásia, Singapura, Mianmar, Austrália.
7. No leste da Ásia: Coreia do Norte.

O Sol a estrela central do Sistema Solar, uma esfera de plasma, gera sua energia através da fusão de núcleos de hidrogênio (74% de sua massa, ou 92% de seu volume) para a formação de hélio (24% da massa solar, 7% do volume solar). A cada segundo, o núcleo do Sol funde cerca de 600 milhões de toneladas de hidrogênio em hélio e, no processo, converte 4

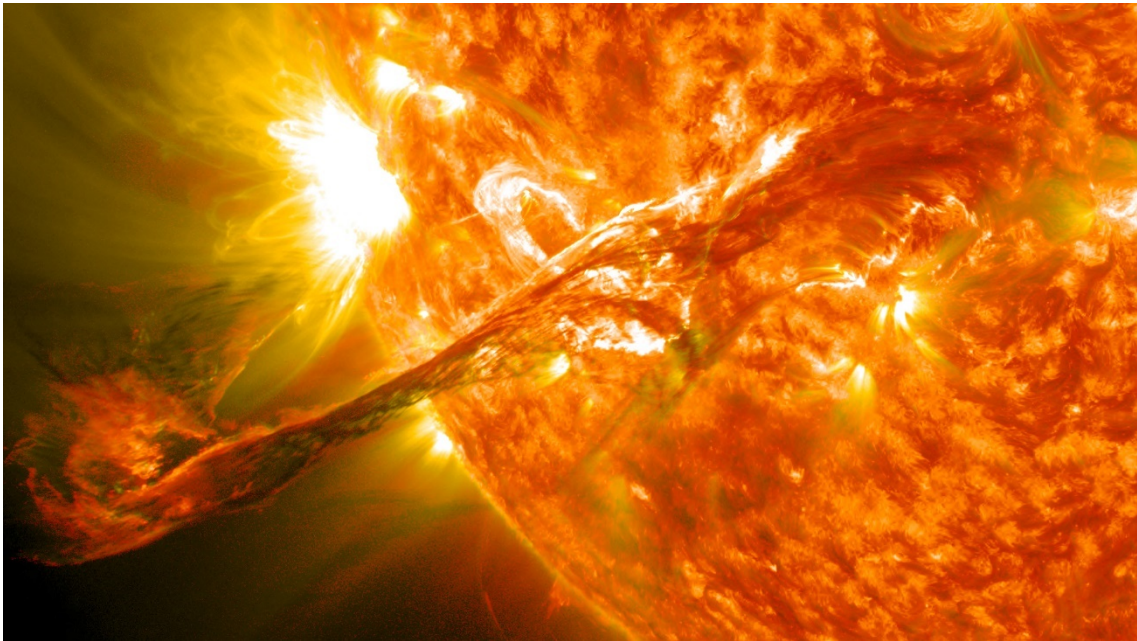
milhões de toneladas de matéria em energia. O Sol formou-se cerca de 4,57 bilhões de anos atrás. Em cerca de 5 bilhões de anos, o hidrogênio no núcleo solar esgotará.



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ciclo_de_vida_do_sol.PNG

O Sol irradia essa energia principalmente como radiação luminosa, ultravioleta e infravermelha, sendo a fonte de energia mais importante para a vida na Terra.

A luz solar é armazenada em glicose pelos organismos vivos através da fotossíntese, processo do qual, direta ou indiretamente, sustenta a vida como a conhecemos em nosso planeta. O Sol também é responsável pelos fenômenos meteorológicos, pelo clima na Terra e pelas principais fontes de energia que utilizamos. De forma simples, podemos afirmar que **o Sol é energia nuclear a uma distância média segura de 150 milhões de quilômetros ou 8 min e 18 segundos, na velocidade da luz.**



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/Magnificent_CME_Erupts_on_the_Sun_-_August_31.jpg

À medida que a civilização evoluiu tornou-se cada vez mais intensiva em energia. O uso da energia gradualmente libertou a humanidade do trabalho pesado. Embora não planejado, estes avanços tecnológicos beneficiaram mais as mulheres do que os homens. Mecanizar o trabalho libertou as pessoas de um trabalho exaustivo. O acesso à eletricidade e a dispositivos que economizam mão-de-obra (eletrodomésticos, eletroportáteis, eletrônicos etc.) como máquinas de lavar por exemplo, melhorou a qualidade de vida. Estima-se que o conforto proporcionado pela eletricidade equivale ao trabalho de 33 escravos a 2.000 anos atrás. Sem contar dos inúmeros equipamentos médicos e hospitalares que elevaram a expectativa de vida.

Embora a fartura de energia e a liberdade estejam diretamente relacionados e possam se reforçar mutuamente, a produção de energia em abundância é um imperativo econômico e moral. O progresso humano implica no crescimento exponencial contínuo da geração de energia.

eletroportáteis, eletrônicos etc.) como máquinas de lavar por exemplo, melhorou a qualidade de vida. Estima-se que o conforto proporcionado pela eletricidade equivale ao trabalho de 33 escravos a 2.000 anos atrás. Sem contar dos inúmeros equipamentos médicos e hospitalares que elevaram a expectativa de vida.

Embora a fartura de energia e a liberdade estejam diretamente relacionados e possam se reforçar mutuamente, a produção de energia em abundância é um imperativo econômico e moral. O progresso humano implica no crescimento exponencial contínuo da geração de energia.

A energia nuclear é uma das fontes de energia mais promissoras e a mais incompreendida da humanidade.

Vivemos um cenário mundial de desarticulação regulatória e estrangulamento da indústria nuclear. A crise energética decorrente da Guerra na Ucrânia e as sanções impostas à Rússia acentuaram a importância da segurança energética. Neste novo cenário de escassez energética, a retomada da energia nuclear é vista como uma das alternativas que unem segurança energética e baixas emissões de GEE – Gases de Efeito Estufa em um cenário de mudanças climáticas.

Os desastres climáticos e o aumento das tensões geopolíticas tornam o abastecimento de combustível não confiável. A energia nuclear está retomando seu lugar de destaque no cenário mundial. Está aumentando novamente em todo o mundo.

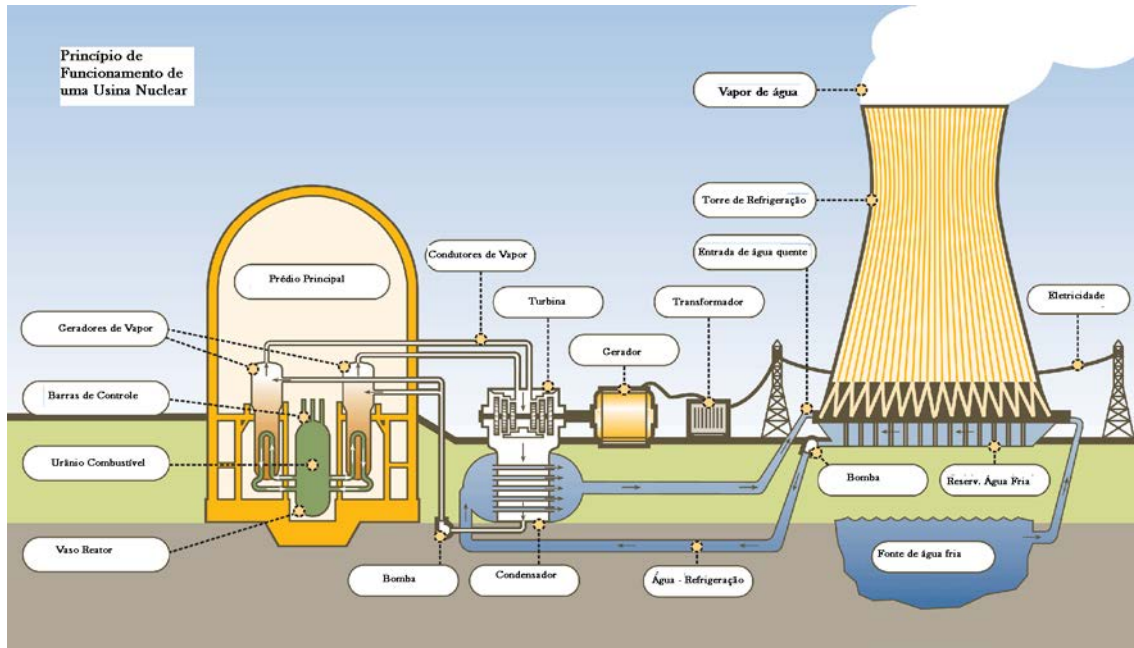
“A resistência à energia nuclear está começando a se dissipar pelo mundo com o apoio de um grupo surpreendente: ambientalistas. A mudança é mundial e está sendo motivada por mudanças climáticas, redes elétricas não confiáveis e temores sobre a segurança nacional após a invasão russa da Ucrânia.” (ABDAN)

GERAÇÃO NUCLEAR

Energia nuclear é a energia liberada em uma reação nuclear, em processos de transformação de núcleos atômicos. Certos elementos químicos apresentam a capacidade de se transformar em outros isótopos ou elementos por meio de reações nucleares, emitindo energia durante esse processo. É o princípio clássico da equivalência massa-energia (Albert Einstein), segundo a qual durante reações nucleares ocorre transformação de massa em energia.

10

A tecnologia nuclear para gerar energia elétrica se aproveita do calor emitido na reação, para aquecer a água até se tornar vapor, assim movimentando uma turbina a vapor acoplada a um gerador. A reação nuclear pode acontecer controladamente em um reator de usina nuclear ou descontroladamente em uma bomba atômica (causando uma reação chamada reação em cadeia).

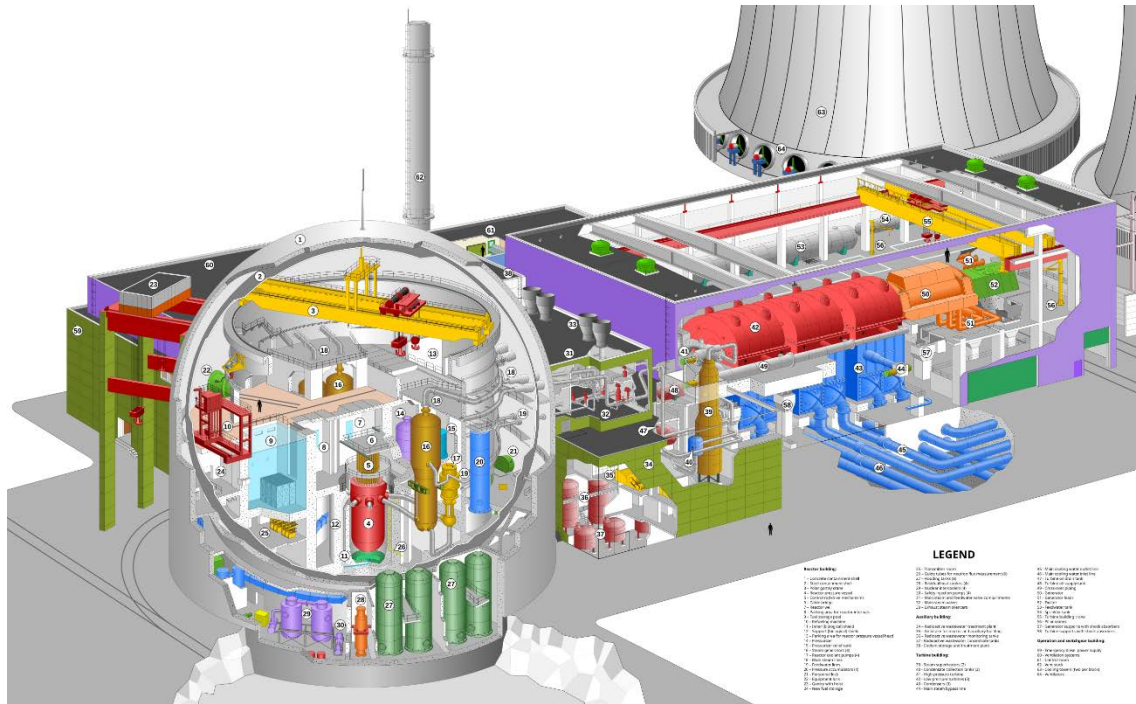


https://www.newtonbraga.com.br/images/stories/artigos8/arto574_01.png

A energia nuclear pode ser obtida a partir de fissão nuclear, decaimento nuclear e reações de fusão nuclear. A maioria da eletricidade da energia nuclear é produzida pela fissão nuclear de urânio e plutônio em usinas nucleares.

11

A maioria das usinas nucleares usa reatores térmicos com urânio enriquecido em um ciclo de combustível único. O combustível é removido quando a porcentagem de átomos que absorvem nêutrons se torna tão grande que uma reação em cadeia não pode mais ser sustentada, normalmente entre 1,5 e 3 anos. Em seguida, é resfriado por vários anos em piscinas de combustível irradiado no local antes de ser transferido para armazenamento de longo prazo.



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PWR_Nuclear_Power_Plant_-_en.svg

Existem cerca de 440 reatores nucleares em todo o mundo hoje, totalizando 389,5 GWe instalados, fornecendo 10% da eletricidade mundial, de acordo com a Associação Nuclear Mundial. Nos Estados Unidos, essa participação é de 20%. A França, enquanto isso, depende da energia nuclear para quase 70% de sua eletricidade, e outros como a Bélgica e a Eslováquia obtêm cerca de metade da energia nuclear.

SMR - SMALL MODULAR REACTOR

Pequenos reatores modulares (SMRs) são uma classe proposta de reatores de fissão nuclear, menores que os reatores nucleares convencionais, que podem ser construídos em uma fábrica e depois enviados, comissionados e operados em um local separado. O termo SMR refere-se apenas ao tamanho, capacidade e construção modular, não ao tipo de reator e ao processo nuclear que é aplicado. Os projetos variam de versões reduzidas de projetos existentes a projetos de geração IV. As propostas consideram reatores de nêutrons térmicos e reatores de nêutrons rápidos, juntamente com modelos de reatores resfriados a gás e sal fundido.

Prevê-se que os SMRs tenham uma saída de energia elétrica entre 10 MWe e 300 MWe (elétrica) ou inferior a 1000 MW th (térmica). Teoricamente os reatores modulares reduzirão a construção no local, aumentarão a eficiência de contenção e aumentarão a segurança. A maior segurança deve vir através do uso de recursos de segurança passiva que operam sem intervenção humana, um conceito já implementado em alguns tipos de reatores nucleares convencionais. Os SMRs também devem reduzir o pessoal em relação aos reatores nucleares convencionais, e afirmam ter a capacidade de contornar as

barreiras financeiras e de segurança que inibem a construção de reatores convencionais.

A partir de 2023, existem mais de oitenta projetos de reatores modulares em desenvolvimento em 19 países, e as primeiras unidades SMR estão em operação na Rússia e na China.



14

A maioria dos projetos de microrreatores seria construída em uma fábrica e enviada em contêineres de carga para locais ao redor do mundo.

<https://earimediaprodweb.azurewebsites.net/Api/v1/Multimedia/eb6853a3-39a7-4e74-afea-e55be2533b0c/Rendition/low-res/Content/Public>

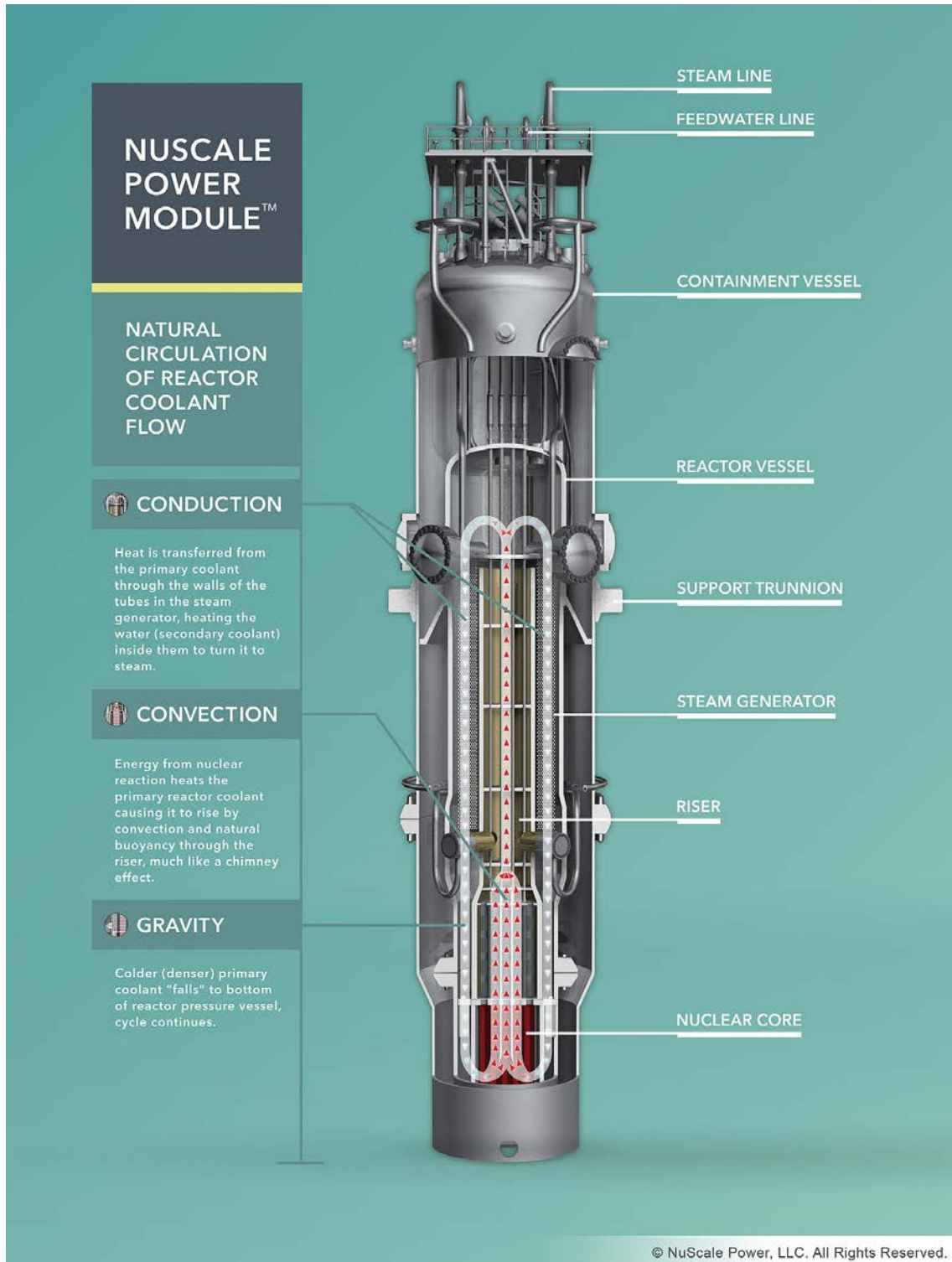


Diagrama de um reator NuScale

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/84/Diagram_of_a_NuScale_reactor.jpg/1541px-Diagram_of_a_NuScale_reactor.jpg

“A inserção de Pequenos Reactores Modulares (SMRs) no sistema elétrico brasileiro representa uma oportunidade significativa para diversificar a matriz energética do país, aumentando a segurança energética e

contribuindo para a sustentabilidade ambiental. Os SMRs oferecem vantagens distintas em comparação com grandes usinas nucleares tradicionais, tais como menor custo de capital inicial, flexibilidade de instalação, escalabilidade e menor tempo de construção. Estes atributos tornam os SMRs particularmente atraentes para o Brasil, um país com vastas necessidades energéticas e uma complexidade geográfica que desafia a distribuição de energia.

Para a efetiva implementação dos SMRs, é essencial considerar modelos de comercialização adaptativos que se alinhem às peculiaridades do mercado brasileiro. Modelos como auto-produção, geração distribuída, venda direta ao mercado, parcerias com companhias elétricas, e modelos de serviços energéticos são viáveis e oferecem diferentes benefícios e desafios. A escolha entre esses modelos deve ser guiada por um equilíbrio entre eficiência energética, viabilidade econômica, aceitação social e conformidade regulatória.

A introdução dos SMRs no Brasil também exigirá um marco regulatório robusto, que assegure altos padrões de segurança e proteção ambiental. Além disso, será crucial o desenvolvimento de políticas que incentivem investimentos, tanto nacionais quanto internacionais, e a colaboração entre o setor público e privado através de parcerias público-privadas estrategicamente planejadas.

Os SMRs possuem o potencial de desempenhar um papel transformador na transição energética do Brasil para um sistema mais limpo, seguro e resiliente. No entanto, a concretização desse potencial dependerá de uma

abordagem cuidadosa e estratégica em termos de planejamento, regulamentação, e aceitação pública.” (4)

⁴ ABDAN. **Reflexões Sobre A Inserção De Smr No Sistema Elétrico Brasileiro**. Disponível em: <https://abdan.org.br/2024/04/29/reflexoes-sobre-a-insercao-de-smr-no-sistema-eletrico-brasileiro/>. Acesso em 7 out. de 2024.

LIXO NUCLEAR

A desintegração dos diferentes componentes dos resíduos radioativos leva tempos variados; o estrôncio-90 e o cézio-137 têm meias-vidas de cerca de trinta anos, e o plutônio-239 tem uma meia-vida de 24.000 anos. Isso torna necessário armazenar adequadamente esse material.

A classificação dos resíduos radioativos varia de acordo com o país. A AIEA - Agência Internacional de Energia Atômica publica os Padrões de Segurança de Resíduos Radioativos (RADWASS). A proporção média de vários tipos de resíduos gerados pode ser expressa em:

- ~94% - Resíduos de baixo nível (LLW)
- ~6% - Resíduos de nível intermediário (ILW)
- <1% - Resíduos de alto nível (HLW)

A quantidade de HLW em todo o mundo está aumentando em cerca de 12.000 toneladas a cada ano. Uma usina nuclear de 1.000 megawatts produz cerca de 27 t de combustível nuclear usado (não reprocessado) a cada ano. Para comparação, a quantidade de cinza produzida por usinas de carvão nos Estados Unidos sozinha é estimada em 130.000.000 t por

ano e estima-se que as cinzas volantes liberem 100 vezes mais radiação do que uma usina nuclear equivalente. ⁽⁵⁾

Estima-se que cerca de **370.000 t de HLW nuclear estão armazenadas globalmente**. Equivale a 19.538 m³. Todo este material poderia ser reunido em um único local, ocupando uma área equivalente a um único hipermercado dentre os vários existentes no Brasil.

A maioria dos cientistas concorda que a principal solução proposta a longo prazo é o enterro geológico profundo, seja em uma mina ou em um poço profundo.

Uma maneira futura de reduzir o acúmulo de resíduos é eliminar gradualmente os reatores atuais em favor dos reatores da Geração IV que produzem menos resíduos por energia gerada. O material fissionável mais comum que é reciclado é o plutônio de grau reator (RGPu) que é extraído do combustível usado, é misturado com óxido de urânio e transformado em óxido misto ou combustível MOX. Reatores rápidos como o BN-800 na Rússia são capazes de consumir combustível MOX fabricado a partir de combustível usado reciclado de reatores tradicionais.

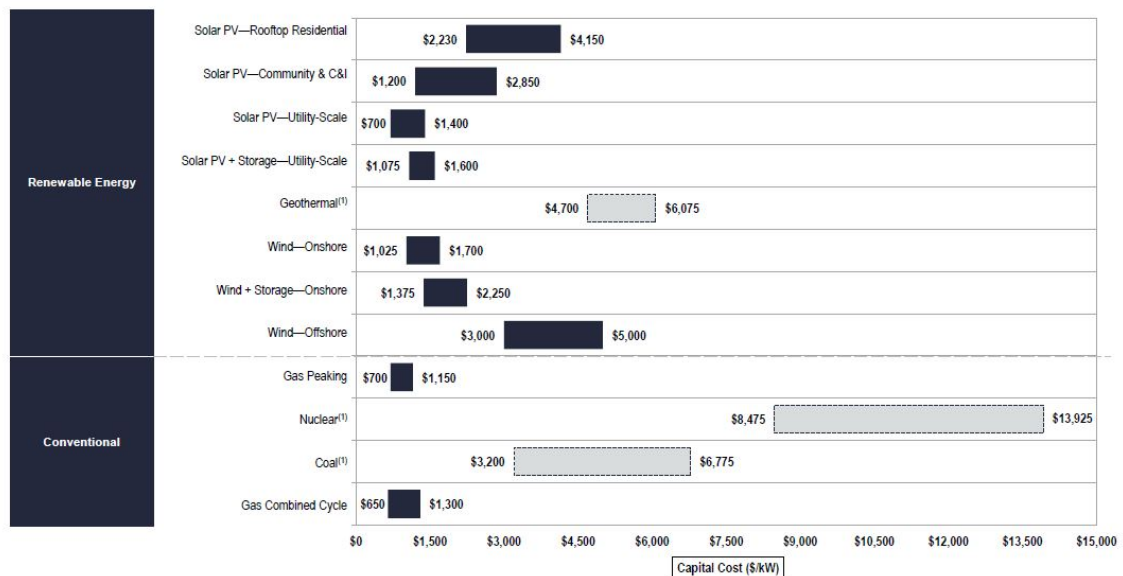
⁵ HVISTENDAHL, M. **Coal Ash Is More Radioactive Than Nuclear Waste**. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/coal-ash-is-more-radioactive-than-nuclear-waste/>.

CUSTOS

De acordo com “Lazard’s Levelized Cost of Energy Analysis—Version 17.0”⁽⁶⁾ temos os seguintes custos para CAPEX - CAPital EXpenditure, que pode ser definido como Despesas de Capital ou Investimentos em Bens de Capitais:

Levelized Cost of Energy Comparison—Capital Cost Comparison

In some instances, the capital costs of renewable energy generation technologies have converged with those of certain conventional generation technologies, which coupled with improvements in operational efficiency for renewable energy technologies, have led to a convergence in LCOE between the respective technologies



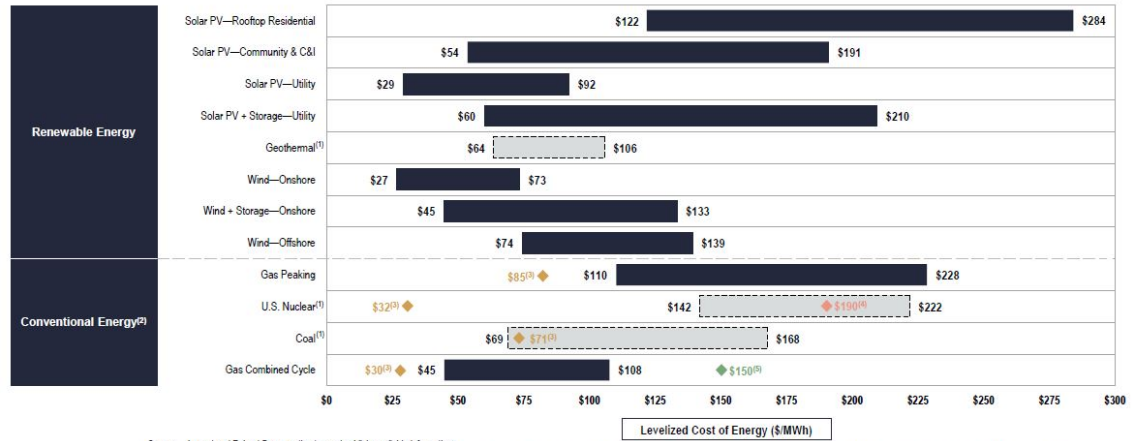
⁶ LAZARD. Lazard’s Levelized Cost of Energy Analysis—Version 17.0. Year: 2024. Disponível em: https://www.lazard.com/media/xemfeyok/lazards-lcoeplus-june-2024-_vf.pdf. Acesso 7 out. 2024.

A energia nuclear é intensiva em capital com investimentos variando entre **US\$ 8.475,00 e US\$ 13.925/kW.**

Comparação de custo nivelado de energia (sem subsídios):

Levelized Cost of Energy Comparison—Version 17.0

Selected renewable energy generation technologies remain cost-competitive with conventional generation technologies under certain circumstances



Source: Lazard and Roland Berger estimates and publicly available information.
 Note: Here and throughout this analysis, unless otherwise indicated, the analysis assumes 60% debt at an 8% interest rate and 40% equity at a 12% cost. See page titled "Levelized Cost of Energy Comparison—Sensitivity to Cost of Capital" for cost of capital sensitivities.

(1) Given the limited public and/or observable data available for new-build geothermal, coal and nuclear projects the LCOE presented herein reflects Lazard's LCOE v14.0 results adjusted for inflation and, for nuclear, are based on then-estimated costs of the Vogtle Plant. Coal LCOE does not include cost of transportation and storage.

(2) The fuel cost assumptions for Lazard's LCOE analysis of gas-fired generation, coal-fired generation and nuclear generation resources are \$3.45/MMBTU, \$1.47/MMBTU and \$0.85/MMBTU respectively, for year-over-year comparison purposes. See page titled "Levelized Cost of Energy Comparison—Sensitivity to Fuel Prices" for fuel price sensitivities.

(3) Reflects the average of the high and low LCOE marginal cost of operating fully depreciated gas peaking, gas combined cycle, coal and nuclear facilities, inclusive of decommissioning costs for nuclear facilities. Analysis assumes that the salvage value for a decommissioned gas or coal asset is equivalent to its decommissioning and site restoration costs. Inputs are derived from a benchmark of operating gas, coal and nuclear assets across the U.S. Capacity factors, fuel, variable and fixed operating expenses are based on upper- and lower-quartile estimates derived from Lazard's research. See page titled "Levelized Cost of Energy Comparison—New Build Renewable Energy vs. Marginal Cost of Existing Conventional Generation" for additional details.

(4) Represents the illustrative midpoint LCOE for Vogtle nuclear plant units 3 and 4 based on publicly available estimates. Total operating capacity of ~2.2 GW, total capital cost of ~\$31.5 billion, capacity factor of ~67%, operating life of 60–80 years and other operating parameters estimated by Lazard's LCOE v14.0 results adjusted for inflation. See Appendix for more details.

(5) Reflects the LCOE of the observed high cost gas combined cycle inputs using a 20% blend of green hydrogen by volume (i.e., hydrogen produced from an electrolyzer powered by a mix of wind and solar generation and stored in a nearby salt cavern). No plant modifications are assumed beyond a 2% increase to the plant's heat rate. The corresponding fuel cost is \$0.66/MMBTU, assuming ~\$5.25/kg for green hydrogen (unsubsidized PEM). See LCOE—Version 4.0 for additional information.

O custo estimado da energia nuclear varia entre **US\$ 142 a US\$ 222/MWh.**

ÁREA OCUPADA

A geração nuclear é a mais eficiente em relação à área ocupada. Para a produção equivalente de 1 MWh pode ocupar uma área até 700 vezes menor que uma unidade solar fotovoltaica ou uma usina eólica.

Fonte	1 MW ocupa km ²	(W/m ²)
Nuclear	0,02	58.717
Hidrelétricas	2,35	426
Solar (PV)	1,10	913
Solar (rooftop)	2,40	417
Eólica (offshore)	2,60	384
Eólica (onshore)	6,71	149

⁽⁷⁾

22

Para atender à demanda global por eletricidade, enormes extensões de árvores e áreas selvagens precisarão ser convertidas em parques solares e eólicos. É impossível resolver a crise climática sem agravar seriamente a crise ambiental considerando a implementação das premissas do Net Zero (Neutralidade de carbono).

O termo Net Zero é usado para descrever um compromisso mais amplo e abrangente com a descarbonização e a ação climática. A Agência

⁷ Adaptado de NØLAND, J. K. et al. [Spatial energy density of large-scale electricity generation from power sources worldwide](https://www.nature.com/articles/s41598-022-25341-9.pdf). Scientific Reports, v. 12, n. 1, p. 21280, 8 dez. 2022. Disponível em <https://www.nature.com/articles/s41598-022-25341-9.pdf>

Internacional de Energia (AIE) publicou em maio de 2021, “Net Zero até 2050”, um estudo abrangente para demonstrar quais mudanças precisariam ser feitas para que o mundo alcançasse zero emissões líquidas de carbono até o ano de 2050. O status de carbono neutro se tornou uma obsessão mundial em descarbonizar a economia.⁸

As transições energéticas anteriores foram até agora caracterizadas pela produção de mais energia em áreas de terra menores. Mudamos da madeira para o carvão e depois para o petróleo e o gás. Agora com energia eólica e solar revertemos esta tendência. São fontes de energia de baixa intensidade e ocupam muito mais área, além do intenso uso de recursos naturais não energéticos e disposição final ainda não devidamente resolvida.

⁸ IEA. [Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector](https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9doc-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf). [s.l.: s.n.]. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9doc-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf

O PROGRAMA NUCLEAR DA POLÔNIA - UM CASE DE SUCESSO

A Polônia tomou excelentes iniciativas e removeu as barreiras à produção de energia nuclear. Em seu plano de Programa de Energia Nuclear, o governo polonês estabelece uma estratégia para aumentar seu setor de energia nuclear até 2040. Reconhecendo que a burocracia muitas vezes pode desacelerar a inovação, a Polônia aprovou reformas regulatórias para acelerar a implantação da energia nuclear. Essas reformas permitem que o governo forneça os dados necessários aos investidores para reduzir os prazos de conclusão das licenças e reduzir a burocracia em torno do comissionamento e das licenças de operação, a fim de permitir que as usinas nucleares coloquem energia nuclear na rede mais cedo.

O Programa de Energia Nuclear da Polônia é um documento estratégico do governo. Ele define as tarefas necessárias para a construção da primeira usina nuclear na Polônia. A atualização do Programa foi adotada

pelo Conselho de Ministros em 2 de outubro de 2020 e publicada em 16 de outubro de 2020. ⁽⁹⁾

O cronograma de implementação do Programa foi definido para os anos 2020-2043. O Programa define os custos relativos à sua implementação até 2033, ou seja, o final da 1ª fase - entrada em funcionamento da primeira central nuclear.

O governo escolheu o AP1000 da Westinghouse (um reator Geração III+ com sistemas de segurança totalmente passivos) para a primeira parte do plano de seis reatores do país para aumentar a capacidade de 9 GWe até 2040. A sul-coreana Korea Hydro & Nuclear Power acordou um plano separado para uma usina nuclear em Patnow com as empresas polonesas ZE PAK e Polska Grupa Energetyczna. ⁽¹⁰⁾

Os três primeiros reatores com capacidade de 3.750 MWe, baseados na tecnologia AP1000 totalizam um investimento de US\$ 40 bilhões.

A Korea Hydro and Nuclear Power (KHNP) apresentou à Polónia o que o país chamou de "oferta técnica e de preço" para a construção de seis reatores APR-1400, com uma capacidade total de 8,4 GW. O APR-1400 é um reator evolutivo de água pressurizada com origem no modelo CE

⁹ **Polish Nuclear Power Programme**. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<https://www.gov.pl/attachment/4cddd10a-5e8b-414d-bb95-670f6507d73e>

¹⁰ WORLD NUCLEAR NEWS. **Polish universities launching nuclear courses, as PKN Orlen plans 79 SMRs: New Nuclear** - World Nuclear News. Disponível em: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Polish-universities-launching-courses-ahead-of-rap>. Acesso em: 8 mar. 2024.

System 80+. Projetado principalmente pela Korea Engineering Company, ele produz 1.400 MWe e tem uma vida útil de 60 anos.

A MÁ ENERGIA NÚCLEAR

A energia nuclear apresenta riscos para o meio ambiente e para o ser humano, tais como:

- A energia nuclear afeta diretamente os ecossistemas;
- A energia nuclear possui um alto custo de investimentos iniciais;
- A necessidade de armazenar o resíduo nuclear em locais isolados e seguros;
- A necessidade de isolar a usina caso ela seja fechada;
- A temperatura da água utilizada no resfriamento é devolvida ao mar mais quente (7° C no caso de Angra);
- Alterações na corrente sanguínea dos atingidos;
- As usinas nucleares correm riscos de graves acidentes;
- Diminuição elevada da resistência imunológica;
- Muitos países ainda não decidiram como armazenar de forma definitiva o lixo tóxico;

- Mutação genética de diversas espécies de plantas, animais e insetos;
- O combustível nuclear não é renovável;
- O lixo nuclear emite radioatividade por milhões de anos;
- Possibilidade de queimaduras;
- Proliferação de diversas doenças, como câncer, problemas na medula óssea e alterações gastrointestinais;
- Riscos de vazamento ou acidente envolvendo produtos e rejeitos radioativos;
- Parte da população faz uma associação indevida da fonte geradora de energia com a existência e o uso das bombas atômicas;
- A posição da esquerda levou a um ataque de décadas à energia nuclear. O Sierra Club, o Conselho de Defesa dos Recursos Naturais, o Greenpeace e grupos semelhantes há muito odeiam a tecnologia. Algumas dessas ONGs têm orçamentos anuais na casa das centenas de milhões de dólares e fazem lobby no Congresso e junto a governos locais por todo o mundo. São hábeis em trabalhar a mídia e pressionar os formadores de opinião contra a energia nuclear;
- Igualmente são inimigos da energia nuclear os malthusianos e defensores do “decrescimento”.

ESCALA INTERNACIONAL DE ACIDENTES NÚCLEARES E RADIOLÓGICOS

A Escala Internacional de Acidentes Nucleares e radiológicos (INES – *International Nuclear Event Scale*) foi elaborada pela AIEA - Agência Internacional de Energia Atômica para facilitar a compreensão da população leiga e da mídia.

29

Incidentes

Nível 0 – Nenhuma mudança na segurança é proporcionada, sem consequências à população local.

Nível 1 – Anomalia: Incidentes que não afetam a população ou o meio ambiente, além de quase sempre não comprometerem, ou comprometer

em pequena escala, os mecanismos de segurança das instalações nucleares.

Nível 2 – Incidente: Casos em que trabalhadores se expõem além do limite legal anual acima de 10 milisieverts (unidade usada para dar uma avaliação do impacto da radiação ionizante sobre os seres humanos), ou radiação acima de 50 milisieverts por hora em área operacional.

Nível 3 – Incidente grave: Exposição 10 vezes acima do limite anual pré-fixado para trabalhadores com consequências não-letais (queimaduras, por exemplo). E, agravamento de poluição em área não coberta.

30

Acidentes

Nível 4 – Acidente com consequências locais: Liberação em pequena quantidade de materiais radioativos ao ambiente com pelo menos 1 morte ou em grande quantidade dentro de uma instalação. Há, também, fusão de combustível nuclear.

Nível 5 – Acidentes com consequências de longo alcance: Liberação de quantidade limitada de materiais radioativos com várias mortes ou

grande quantidade dentro de uma instalação. Nesses acidentes, há danos ao núcleo do reator, alta probabilidade de exposição à população. Geralmente são causados por incêndios ou acidentes graves. No Brasil, o acidente radiológico com o Césio-137 (material radioativo que teve uso médico em radioterapias), onde 4 pessoas morreram após contaminação em 1987 é considerado nível 5.

Nível 6 – Acidente Grave: Liberação em quantidade importante de materiais radioativos para o ambiente externo, passível de exigir aplicação de medidas remediadoras. O acidente de Fukushima (nenhuma morte por radiação), no Japão, em março de 2011, é classificado como de tal nível. As autoridades japonesas afirmam que esse acidente é de nível 4. Este evento decorrente do sismo e tsunami de Tohoku teve 19.759 mortos confirmados, 6.152 feridos e cerca de 2.562 desaparecidos.

Nível 7 - Acidente mais grave ou superior: Liberação extensa de material radioativo com efeitos amplos sobre a saúde da população e do meio ambiente, com exigência de ações remediadoras planejadas pelas autoridades. Chernobyl, na Ucrânia: 30 pessoas morreram de trauma explosivo imediato e síndrome de radiação aguda (ARS) nos segundos a meses após o desastre, respectivamente, com 60 no total nas décadas seguintes, incluindo câncer induzido por radiação posterior.

ACIDENTES NUCLEARES

“O Cientista social e especialista em política energética, Benjamin K. Sovacool relatou que em todo o mundo houve 99 acidentes em usinas nucleares de 1952 a 2009 (definidos como incidentes que resultaram na perda de vidas humanas ou em mais de US\$ 50.000 em danos materiais, o valor que o governo federal dos Estados Unidos usa para definir grandes acidentes de energia que devem ser relatados), totalizando US\$ 20,5 bilhões em danos materiais. **Houve comparativamente poucas mortes associadas a acidentes em usinas nucleares.**”⁽¹¹⁾

32

¹¹ SOVACOOL, Benjamin K. (2010). **A Critical Evaluation of Nuclear Power and Renewable Electricity in Asia**. Journal of Contemporary Asia. 40 (3): 369–400. doi:10.1080/00472331003798350.

CHERNOBYL

O desastre de Chernobyl em 1986 na URSS, envolvendo um reator RBMK, alterou o desenvolvimento da energia nuclear e levou a um maior foco no cumprimento dos padrões internacionais de segurança e regulamentação.

Chernobyl foi uma usina desastrosamente projetada e mal operada na Ucrânia, na antiga União Soviética (URSS). Mesmo em Chernobyl, o Comitê Científico da ONU relata que a população em geral ao redor de Chernobyl recebeu uma dose corporal total de radiação equivalente a uma tomografia computadorizada. Aproximadamente 6.000 cânceres de tireoide foram diagnosticados em crianças que beberam leite contaminado porque os soviéticos não informaram o público. O câncer de tireoide é evitável e curável; as 15 crianças que morreram provavelmente poderiam ter sido salvas com cuidados médicos adequados. Entre os trabalhadores da usina, houve 28 mortes imediatas (de 134 trabalhadores com enjoo de radiação) e talvez mais 60 mortes desde então, embora nem todas atribuíveis à radiação. De acordo com o relatório da ONU, não há evidências de impacto na saúde pública além dos cânceres de tireoide.

A zona de exclusão consiste em um raio de 30km ao redor do local da explosão de Chernobyl. Na prática são 4.200 km² oficialmente designadas como inabitáveis e, embora seja tecnicamente ilegal viver

dentro da zona de exclusão, estima-se que cerca de 200 pessoas estejam morando lá hoje, inclusive uma senhora de 92 anos (2021). Seus atuais moradores voltaram durante as semanas e meses após o desastre, porque, apesar dos riscos de radiação, ainda estão em casa.

Pesquisadores usaram ferramentas genômicas de ponta para investigar os efeitos potenciais à saúde da exposição à radiação ionizante, um conhecido carcinógeno, do acidente de 1986 na usina nuclear de Chernobyl, no norte da Ucrânia. Um estudo não encontrou evidências de que a exposição à radiação para os pais resultou em novas mudanças genéticas sendo passadas de pais para filhos (nascidos entre 46 semanas e 15 anos após o acidente) - *National Cancer Institute* (NCI), publicado online na Science em 22/04/21.

Enquanto alguns argumentam que é um paraíso ecológico, o solo ainda está fortemente contaminado com radiação. Do solo, íons radioativos entram na cadeia alimentar, espalhando-se para plantas e animais, predadores e presas. Estudos mostram que o número de população deles está prosperando, a vida silvestre é abundante na zona de exclusão, embora a radiação também afete alguns organismos. De certa forma, os benefícios de um ambiente sem humanos superam em muito os perigos da contaminação nuclear. As câmeras capturaram 14 espécies de mamíferos, incluindo alces, corças, javalis, lobos-cinzentos, raposas e cães-guaxinins. Aves, cervos, esquilos, lince e lobos foram alguns dos animais que desfilaram diante das câmeras. Além disso, também há registros de bisões europeus e cavalos de Przewalski, espécies introduzidas em outras áreas para sua conservação. Até mesmo a presença de ursos-pardos foi documentada no território ucraniano. Os

ursos retornaram a essas florestas após serem eliminados por humanos há 100 anos.

Cientistas querem aproveitar potencial de fungos de Chernobyl que devoram radiação: estes fungos radiotróficos transformam a radiação gama em energia química, que os permite crescer e, por sua vez, os protege da radiação. Os cientistas esperam que estas propriedades possam ser aplicadas para ajudar pessoas expostas à radiação, como pacientes de radioterapia e engenheiros de usinas nucleares. Igualmente possam ser utilizados para desenvolver uma fonte biológica de energia por meio da conversão de radiação.

ZAPORIZHZHIA

A Usina Nuclear de Zaporizhzhia (Ucrânia), 5.700 MWe, está fazendo nova história na indústria nuclear. Nenhuma usina nuclear desse tipo no mundo (é a maior usina nuclear da Europa e está entre as 10 maiores usinas nucleares do mundo em capacidade instalada e em produção de energia) foi submetida a ataques de artilharia direcionados.

O bombardeio da usina nuclear de Zaporizhzhia exigiu a criação de novos mecanismos para operar uma usina nuclear.

Até o momento não existe nenhuma regulamentação para as atividades no caso de ataques de artilharia drones suicidas, sabotagem e uso de explosivos. Os desenvolvimentos recentes têm escrito um novo capítulo na esfera da segurança nuclear. Coisas que antes pareciam loucura se tornaram reais e novas medidas de segurança deverão ser regulamentadas como sistemas de geração móvel de emergência adicionais e proteção dos resíduos nucleares contra ação de drones suicidas, sabotagem, uso de explosivos e projéteis de artilharia.

MUNIÇÃO DE URÂNIO EMPOBRECIDO

O urânio empobrecido é um derivado do enriquecimento do urânio natural para o uso em reatores nucleares ou do combustível de reatores nucleares consumido e reprocessado.

É utilizado na construção de obuses e munição para perfurar as novas blindagens devido às suas propriedades físicas e relativa facilidade de obtenção. Sua densidade é 67 % superior à do chumbo. O núcleo de urânio pode se inflamar no ar o que dá um impacto adicional no alvo. Quando os penetradores de urânio empobrecido atingem um alvo, eles se fragmentam e queimam, gerando partículas quimicamente tóxicas e radioativas que representam um risco de inalação para as pessoas, civis e militares.

O exército americano utilizou munições de urânio empobrecido durante a Guerra do Golfo (1991) – 782.000 unidades, na Guerra da Bósnia (1994 e 1995) – 40.000 unidades, contra a Sérvia (1999), Guerra no Iraque (2003) – 300.0000 unidades, na Faixa de Gaza/Forças de Defesa de Israel (2008 e 2009) e na Guerra da Ucrânia pelo Reino Unido (2023). O uso de projéteis de urânio provavelmente causará danos irreparáveis à saúde dos ucranianos e infligirá dano econômico ao complexo agroindustrial

ucraniano, “um aterro sanitário radioativo” assim como aconteceu no Iraque, Bósnia e Sérvia **por pelo menos seis gerações.**

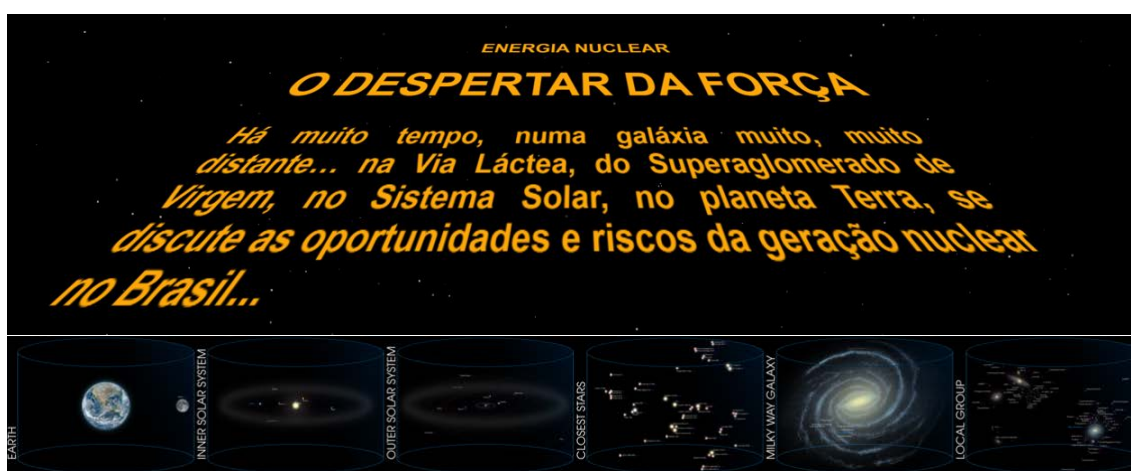
A munição de urânio empobrecido norte-americano contém plutônio e provém, portanto, de usinas de reprocessamento, não de enriquecimento, razão pela qual sua radioatividade é mais alta.

É tóxico para mamíferos, ataca o sistema reprodutivo e o desenvolvimento do feto causando fertilidade reduzida, abortos e deformações no nascituro. É leucogênico, mutagênico e neurotóxico.

Os projéteis perfurantes de urânio empobrecido são muito tóxicos. A poeira fina que se forma ao atingir o alvo entra no sistema respiratório humano e é muito prejudicial. Na Sérvia, 400 crianças são diagnosticadas anualmente com tumores malignos decorrentes do uso do urânio empobrecido e cerca de 60 não podem ser salvas.

As munições com urânio empobrecido não são reconhecidas como armas químicas pelas organizações internacionais e seu uso não é regulamentado ou proibido de alguma forma. Não existe nenhum instrumento da Organização das Nações Unidas (ONU) que restrinja ou proíba seu uso. Seu uso é uma absoluta imprudência, irresponsabilidade e um caso de impunidade.

MAZELAS BRASILEIRAS



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/ba/Location_of_Earth_%289x1-English_Annot-small%29.png/2560px-Location_of_Earth_%289x1-English_Annot-small%29.png

39

Os infortúnios associados à energia nuclear no Brasil podem ser resumidos em:

1. **Angra 3** (1.405 MW) está em construção desde 1984 (a 40 anos). Conforme informações da Eletronuclear o progresso físico global do empreendimento é de 65%. A expectativa mais otimista é que Angra 3 entre em operação em 2028 (a verificar). O valor previsto de Angra 3 chega a R\$ 26 bilhões (2017), incluídos custos diretos e indiretos. Deste valor, cerca de R\$ 8,4 bilhões já foram gastos.

“Diversas estruturas estão instaladas, mas sofrem com o tempo e as intempéries. Um exemplo são os gigantescos transformadores, parados há uma década.

Alguns desses equipamentos foram comprados há décadas e só resistem ao tempo e à maresia graças ao trabalho das equipes de conservação. A paralisa tem um custo alto. Inativa, Angra 3 custa R\$ 250 milhões aos cofres públicos por ano.



40

30/07/2024. Crédito: Minervino Júnior/CB/D.A Press. Brasil. Brasília - DF. Usina de energia Nuclear Angra 2 - Eletronuclear. Obras e local Usina de Angra 3. Minervino Júnior/CB/D.A.Press
https://midias.correiobraziliense.com.br/_midias/jpg/2024/08/23/1200x801/1_mj0108_80-39582402.jpg

Além do canteiro, há 34 galpões provisórios no complexo, onde estão guardadas milhares de partes e equipamentos comprados para montar a usina. Como um gigantesco quebra cabeças, tudo é verificado, catalogado, lubrificado. Tem a umidade controlada e permanece guardado, em um esforço para que, quando necessário, tudo esteja como novo.

Um grupo de trabalhadores passa os dias aplicando jatos de cimento nos vergalhões expostos da obra para garantir que, mesmo à beira

mar, os materiais mantenham a resistência para a conclusão do projeto.

Esses armazéns ocupam a maior área do complexo com mais de 50 mil m². Em outras duas localidades, mais cinco depósitos armazenam outras partes de Angra 3. O coração da usina, o vaso do reator, fabricado e estocado há 40 anos, continua na Nuclep, em Itaguaí (RJ), a 120 km da obra.”⁽¹²⁾

2. **Programa Nuclear Brasileiro pós Angra 3:** O Plano Nacional de Energia – 2050)¹³ afirma que a configuração da matriz elétrica **em 2050** considera a expansão (adicional ao complexo de Angra) entre 10 GW e 8 GW, porém sem cronograma definido, apenas esboçando a ideia.

3. **Os “lixões atômicos” brasileiros** nas áreas residenciais de Interlagos, na zona sul de São Paulo, e de Botuxim, em Itu (SP), e na periferia da cidade de Caldas, em Minas Gerais. A Agência Internacional de Energia Atômica e a Comissão Nacional de Energia Nuclear debatem “possíveis soluções” para os rejeitos aceitos em

¹² LESSA, Henrique. **Impasse de Angra 3: Terceira usina nuclear brasileira segue inacabada**. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/economia/2024/08/6927536-impasse-de-angra-3-terceira-usina-nuclear-brasileira-segue-inacabada.html>. Acesso em 7 out. 2024.

¹³ EPE. **Plano Nacional de Energia 2050**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>

barragens e depósitos da empresa estatal Indústrias Nucleares do Brasil (INB).

4. **A contaminação por radiação de dezenas de trabalhadores,** durante as décadas 40 a 70. Começou na empresa de Schmidt e Weill, a Orquima, sucedida pela estatal Nuclemon (Acordo Nuclear com a Alemanha), que em 1988 foi substituída pela INB. São dezenas de colaboradores que apresentam vários tipos de câncer, silicose (doença pulmonar fibrosante provocada pela inalação e deposição de partículas de sílica cristalina causando uma reação do pulmão), doenças respiratórias, auditivas e reumatismo, entre outras. Além da dificuldade de comprovar onexo causal, buscam na justiça obter do governo federal garantia de assistência médica vitalícia.

A BOA ENERGIA NUCLEAR

A energia nuclear apresenta oportunidades para o meio ambiente e para o ser humano, tais como:

- A geração de **energia nuclear apresenta um dos níveis mais baixos de fatalidades por unidade de energia gerada** em comparação com outras fontes de energia. Carvão, petróleo, gás natural e hidroeletricidade causaram, cada um, mais mortes por unidade de energia devido à poluição do ar e acidentes.
- Estudo após estudo nas principais revistas científicas descobrem que as usinas nucleares são de longe a maneira mais segura de produzir eletricidade confiável:

✓ “Geração de eletricidade e saúde”; ¹⁴

43

¹⁴ MARKANDYA, A.; WILKINSON, P. **Electricity generation and health**. The Lancet, v. 370, n. 9591, p. 979–990, set. 2007. Disponível em [https://www.thelancet.com/article/S0140-6736\(07\)61253-7/fulltext](https://www.thelancet.com/article/S0140-6736(07)61253-7/fulltext)

✓ “Prevenção da mortalidade e emissões de gases de efeito estufa de energia nuclear histórica e projetada”.⁽¹⁵⁾

- **Os reguladores esperam que as usinas nucleares durem mais de 100 anos.**⁽¹⁶⁾
- Embora a energia nuclear não seja tecnicamente uma fonte de energia “limpa”, **ela só emite qualquer tipo de gás de efeito estufa durante a construção e demolição** (descomissionamento) da usina. De acordo com o Instituto de Estudos Espaciais da NASA, a energia nuclear evita 76.000 mortes anualmente devido à poluição tóxica do ar se fossem substituídas por geração a gás e carvão.
- As usinas nucleares não requerem novas linhas de transmissão extensas, pois podem ser construídas perto de centros populacionais e em usinas de carvão/combustível fóssil aposentadas, utilizando as estruturas existentes.
- Devido à sua alta densidade de energia, os impactos da mineração de urânio são minúsculos em comparação com carvão, petróleo e gás natural. Poucas entradas de material significam quantidades muito pequenas de saídas de resíduos.

¹⁵ Pubs.GISS: Kharecha and Hansen 2013: **Prevented mortality and greenhouse gas emissions from historical...** Disponível em: <https://pubs.giss.nasa.gov/abs/kh05000e.html>.

¹⁶ PENNEY, E. **Nuclear Power Plants: Our Industrial Cathedrals.** Disponível em: <https://www.theamericanconservative.com/nuclear-power-plants-our-industrial-cathedrals/#:~:text=os%20reguladores%20esperam%20que%20as%20usinas%20nucleares%20durem%20mais%20de%20100%20anos>. Acesso em: 8 mar. 2024.

- Os requisitos de material e mineração por unidade de produção de energia para energia solar e eólica são 10 a 20 vezes maiores do que para energia nuclear. Além disso, as usinas nucleares têm vida útil até 5 vezes maior do que as instalações solares e eólicas. Isso se traduz em danos ecológicos muito maiores para a Terra devido à produção de parques solares e eólicos.
- O manuseio do fluxo de resíduos da energia nuclear foi projetado para segurança e contenção máximas. Devido à alta densidade da energia nuclear, seu fluxo de resíduos é pequeno. Além disso, pode ser reprocessado para fornecer mais combustível e ocupar menos espaço.
- A energia nuclear é superior à energia solar e eólica nas características mais importantes exigidas de uma fonte de energia produtora de eletricidade. A energia nuclear gera um fornecimento forte e constante de energia de carga de base livre de CO₂ capaz de atender até mesmo aos exigentes requisitos de aplicações industriais. A energia fraca e intermitente produzida pela energia solar e eólica não pode atender a essas necessidades.
- Energia solar e eólica, ambas não são despacháveis. São fontes intermitentes devido a fatores climáticos que não podem ser controlados, portanto, não é possível ligar ou desligar para atender a uma demanda de energia elétrica flutuante. Algumas pessoas esperam que eventualmente possamos armazenar o excedente de energia eólica e solar em baterias. Mas a realidade é que as baterias são muito caras para armazenar energia suficiente para fornecer

energia confiável por semanas (sem falar em meses) de clima não cooperativo.

- Ao contrário da energia solar e eólica, a energia nuclear é confiável, não exigindo fornecimento de energia de backup. Tem um fator de capacidade de 94 %, enquanto a energia eólica e a solar fornecem apenas cerca de 25 % a 40 % de sua capacidade nominal. Atualmente, uma quantidade igual de capacidade de geração de gás natural é necessária como backup para dias sem sol e vento suficientes. A bateria reserva não resolverá esse problema, pois as baterias são carregadas usando o excesso de energia, que fica em falta quando há diminuição do sol ou do vento. A característica intermitente de energia solar e eólica complica desnecessariamente a operação da rede.

46

- A "fumaça" branca que se vê saindo das torres de resfriamento de usinas nucleares nada mais é do que vapor d'água. Esta água nunca entrou em contato com os elementos radioativos dentro do reator.
- A energia permite a intensificação das cidades e da agricultura, o que libera o campo para o retorno das florestas e da vida selvagem. Mudar para a energia nuclear nos liberta da poluição do ar, incluindo as emissões de carbono.
- “A energia nuclear é uma das principais esperanças de longo prazo para a conservação... Energia barata em quantidades ilimitadas é um dos principais fatores para permitir que uma grande população em rápido crescimento preserve terras selvagens, espaços abertos

e terras de alto valor paisagístico. Com a energia, podemos nos dar ao luxo de reservar terras para usos produtivos”. (William E. Siri, Presidente do Sierra Club, 1966)



Vista geral da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, com Angra 1 à direita e Angra 2 à esquerda.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b6/Around_Paraty%2C_Brazil_2018_239.jpg/1280px-Around_Paraty%2C_Brazil_2018_239.jpg

NIMBY OU YIMBY?

NIMBY - Not In My Back Yard (Não no meu quintal) tem sido usada de forma crescente no desenvolvimento das energias eólica e solar que afetam pessoas e o meio ambiente.

A energia nuclear pode ser um vizinho desejável para muitos moradores, pois dá às comunidades locais segurança de abastecimento para o desenvolvimento de negócios e empregos. Estamos falando de um efeito NIMBY reverso, ou YIMBY - Yes In My Back Yard (Sim, no meu quintal).

LEI DE WHITE

A lei de White, (Leslie White) publicada em 1943, afirma que, com outros fatores permanecendo constantes, "a cultura evolui à medida que a quantidade de energia aproveitada per capita por ano aumenta ou à medida que a eficiência dos meios instrumentais de colocar a energia para trabalhar está melhorando... o homem como espécie animal e, conseqüentemente, a cultura como um todo, depende dos meios materiais e mecânicos de ajuste ao ambiente natural".

Para White "a função primária da cultura" e aquela que determina seu nível de avanço é sua capacidade de "aproveitar e controlar a energia". A lei de White afirma que a medida pela qual julgar o grau relativo de evolução da cultura era a quantidade de energia que ela poderia capturar (consumo de energia). White diferencia cinco estágios do desenvolvimento humano:

- 1° As pessoas usam a energia de seus próprios músculos.
- 2° Utilização da energia de animais domesticados.
- 3° Utilização da energia das plantas (revolução agrícola).
- 4° Utilização da energia dos recursos naturais: carvão, petróleo, gás.
- 5° Aproveitamento da energia nuclear.

O FUTURO É NUCLEAR?

O relevo da superfície terrestre varia significativamente de local para local. Cerca de 70,8 % da superfície terrestre está coberta por água. Atualmente, cerca de **13,31 % da superfície de terra firme do planeta é arável, com apenas 4,71 % suportando culturas permanentes**. Cerca de 40% da terra firme é utilizada para pastagem e cultivo, com $3,4 \times 10^7$ km² utilizados para pastagem e $1,3 \times 10^7$ km² utilizados para cultivo. (FAO)

50

Hoje somos 8,03 bilhões de habitantes na Terra. Em 2050 estima-se a população mundial em 9,5 bilhões de pessoas. Em 2100 seremos 11 bilhões.

O mundo consumiu em 2020 26.720.546 GWh (IEA) ⁽¹⁷⁾ - sendo 62 % de combustível fóssil, **10 % de energia nuclear** e 28% de fontes renováveis.

A competição crescente de áreas para instalação de plantas eólicas e solares com a produção agropecuária só está aumentando. Os conflitos estão cada vez mais intensos. Quanto mais nos aproximamos de 2050,

¹⁷ IEA. **World Energy Outlook 2022**. [s.l.] IEA, nov. 2022. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>

menos relevante serão os biocombustíveis e as fontes de energia eólica e solar, pois a competição pelo uso da terra para atender a demanda mundial por alimentos pressionará a um uso mais nobre do solo arável.

A fonte solar fotovoltaica tem uma aptidão natural para uso urbano nos telhados das edificações e dos espaços públicos e deverá ter uso intensivo sempre que possível.

O carvão pela alta disponibilidade e preços acessíveis, ainda deverá ter uma importante participação energética pós 2050. O gás e óleo de xisto terão uma participação relevante já que diferente das jazidas tradicionais de óleo e gás que são localizadas em algumas regiões do planeta, estas jazidas são muito “democráticas”, quase todos os países dispõem delas. O petróleo será utilizado principalmente no segmento petroquímico (são mais de 6.000 produtos), pois as alternativas de substituí-lo ainda estão longe da competitividade de custos e de impactos socioambientais.

“O Cenário Net Zero Emissões de 2050 (NZE) é uma forma de alcançar uma estabilização de 1,5 °C no aumento das temperaturas médias globais e acesso universal à energia moderna até 2030. Isso exigiria um investimento de mais de US\$ 4 trilhões em energia limpa até 2030, muito além do alcance das finanças públicas. Em 2050, metade do consumo final de energia é eletricidade. A demanda de eletricidade é 150% maior do que hoje. A participação da energia nuclear no mix de geração permanece amplamente onde está hoje, cerca de 10%. O fornecimento de energia fóssil cai de 500 EJ em 2020 para 100 EJ em 2050, enquanto o fornecimento não fóssil aumenta de 120 EJ para 430 EJ no mesmo

período. (1 EJ [exaJoule] = 23,9 Mtep [milhões de toneladas de petróleo equivalente]). A demanda por minerais críticos deve quadruplicar.”⁽¹⁸⁾

A elasticidade energética se refere à intensidade energética do Produto Interno Bruto. É a variação percentual no consumo de energia para atingir uma variação de um por cento no PIB nacional. Para cada aumento de 1 % no PIB, a demanda de energia cresce em média 1,5 %. Grande parte dessa demanda extra atualmente vem de fontes de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo.

A eletrificação, com aumento progressivo do uso de veículos elétricos, demandará mais energia elétrica e novas fontes de energia serão necessários para atender esta demanda. A energia nuclear é a opção preferencial, pois alia baixas emissões de GEE com confiabilidade 24 h x 7 dias na semana, 365 dias/ano e pequenas áreas (alta densidade de energia).

A evolução tecnológica está aumentando a nossa dependência e uso da energia elétrica. Mesmo com programas intensivos de eficiência energética o consumo per capita de eletricidade vai crescer.

“É possível transformar “partes substanciais das atuais áreas desérticas do mundo em regiões férteis para agricultura e habitáveis, usando a dessalinização da água do mar em grande escala, combinada com métodos

¹⁸ IEA. [World Energy Outlook 2022](https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf). [s.l.] IEA, nov. 2022. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>

avançados de irrigação, distribuição e manejo de água, agricultura intensiva, e desenvolvimento dos ecossistemas.

A energia nuclear proporciona, sem dúvida, fonte de energia a mais avançada para este tipo de desenvolvimento, particularmente na forma de reatores compactos e modulares, que podem gerar tanto eletricidade quanto calor para o processo de dessalinização e outras aplicações industriais. Graças aos avanços realizados nas décadas recentes, é agora possível fabricar reatores de alta temperatura (HTR) de forma barata e modular, que são mais simples e robustos que as usinas nucleares convencionais e possuem 100% de segurança intrínseca, assim como alta eficiência. Os HTR têm também aplicações interessantes para o processamento de gás natural e óleo em combustíveis sintéticos e outros produtos de elevado valor agregado.

53

Sobre essa base, movamo-nos para construir uma rede de complexos agroindustriais, centrados na combinação de reatores nucleares modulares para alimentar a dessalinização do mar em grande escala e outros processos industriais, utilizando eletricidade e calor de processo. Adjacente a estes complexos, construam-se áreas residenciais, instalações industriais modernas e regiões de produção agrícola de alta densidade e alto rendimento. Estes complexos podem servir tanto para a produção agroindustrial ou como centros de educação, treinamento e pesquisa experimental – ou seja, universidades técnicas –, enfocando especialmente áreas relacionadas ao uso da energia nuclear, para o estado da arte da tecnologia de dessalinização, agricultura e cultivo de sementes, reflorestamento e ciências da biosfera.

Combinar a dessalinização e a produção agroindustrial com base na energia nuclear com atividades de educação e pesquisa é de enorme importância, por duas razões. Primeiro, o domínio da energia nuclear e outras tecnologias industriais avançadas proporciona uma “locomotiva” para o rápido desenvolvimento de quadros de cientistas e engenheiros em países em desenvolvimento. Segundo, estou convencido de que esforços concentrados na pesquisa e desenvolvimento científico conduzirão, em futuro próximo, a grandes avanços na tecnologia da dessalinização, bem como a desenvolvimentos na biofísica e áreas correlatas. Isto revolucionará a agricultura e a medicina, bem como nosso entendimento sobre como melhorar a biosfera como um todo.” (Jonathan Tennenbaum em “A conexão ecologia-economia: pode o homem melhorar o planeta?”). Do mesmo autor tem publicado em português “ECONOMIA DOS ISOTOPOS, a - um novo conceito econômico baseado na energia do átomo”; Capax Dei Editora, 2007, 106 páginas. Apresenta um novo conceito para levar a economia mundial a um novo patamar de conteúdo científico-tecnológico e desenvolvimento, baseado na exploração plena da energia do átomo.

De acordo com a World Nuclear Association, o Brasil faz parte de um seleto grupo de 13 países reconhecidos internacionalmente pelo setor nuclear como detentores de instalações para enriquecimento de urânio com diferentes capacidades industriais de produção.

A previsão é que, até 2033, a INB -Indústrias Nucleares do Brasil seja capaz de atender, com produção totalmente nacional, as necessidades das usinas nucleares de Angra 1 e 2 e, até 2037, a demanda de Angra 3.

Conforme a Associação Nuclear Mundial (WNA) o Brasil é o 16º produtor mundial de urânio. E ocupa a 7ª posição na Lista de Reservas conhecidas de Urânio com 276.800 toneladas.

55

O Programa Nuclear da Marinha foi iniciado em 1979, em razão da necessidade estratégica do País possuir submarinos com propulsão nuclear. Concebido para utilizar tecnologia totalmente nacional e independente, o Programa foi dividido em duas vertentes: o domínio do ciclo do combustível nuclear (já dominado completamente) e o desenvolvimento de uma planta nuclear embarcada. O Brasil está construindo, na cidade de Iperó (SP), no Centro Industrial Nuclear de Aramar, um Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (LABGENE). O reator do LABGENE simula, em terra, a planta de propulsão do submarino convencionalmente armado com propulsão nuclear.

O Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB) prevê a entrega do primeiro submarino nuclear brasileiro em 2029 (data mais otimista). Completará uma longa saga de 50 anos desde o início do projeto do submarino nuclear.

Em junho de 2022, o Brasil fez um pedido à Agência Internacional de Energia Atômica - IAEA para usar urânio enriquecido no reator do submarino, mas o tema ainda está em negociação para que técnicos da agência possam fazer inspeções aos locais destinados à produção do combustível nuclear e ao reator do submarino.

O PROSUB está orçado em R\$ 40 bilhões sendo um dos maiores projetos de Defesa do Brasil.

Em Abadia de Goiás, a 23 km de Goiânia, a CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear instalou o Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste, repositório definitivo do material do acidente com Césio 137 em Goiânia e executa a monitoração dos rejeitos radioativos e controle ambiental. A estrutura que abriga os rejeitos foi projetada para resistir 300 anos intacta e preparada para desastres como tremor de terra e queda de avião. O local é o único depósito de lixo radioativo definitivo do Brasil.

ENERGIA NUCLEAR É A CHAVE PARA NOSSA SEGURANÇA ENERGÉTICA DE LONGO PRAZO

57

Existe uma relação entre abundância de energia (independentemente de a fonte de energia) e liberdade humana. O acesso à energia por si só não cria liberdade, mas a escassez é impeditiva da liberdade. Quando a energia escasseia e os recursos são limitados, as liberdades são reduzidas e o conflito entre os que têm e os que querem ter, podem gerar crueldades impensáveis.

Um futuro de energia abundante ajuda a preservar a liberdade que a escassez muitas vezes ameaça.

A tecnologia energética é a base para a liberdade. Sociedades livres são mais capazes de produzir energia e o acesso a mais energia liberta a

humanidade. A energia é o sangue vital de uma economia. Deve ser abundante, acessível, confiável, despachável e robusta.

“A grande crise energética que agora nos atinge exige que tomemos decisões rápidas sobre a construção da segurança energética do país com base em fontes novas, limpas, baratas e confiáveis, e tal fonte é a energia nuclear. Queremos que decisões contundentes sejam tomadas o mais rápido possível. A construção de uma usina nuclear é um investimento estratégico para o desenvolvimento sustentável e a segurança energética de todo o país.” (Ministra do Clima da Polónia, Anna Moskwa, 24/10/22)

Os impactos ambientais provocados por fontes alternativas, em larga escala, podem ser tão significativos quanto os decorrentes das fontes convencionais. Isto permite concluir que qualquer fonte de energia que passe a ter uso intensivo, pode gerar impactos socioambientais tão graves e intensos quantos as fontes tradicionais que pretende substituir. Cada tipo de fonte de energia tem sua aplicação e lugar na matriz energética. A escolha deve considerar as especificidades locais e o custo de oportunidade socioambiental. Nenhuma fonte pode ser desprezada!

A prosperidade mundial depende de energia confiável, abundante e barata. Nossas decisões agora terão um impacto de longo prazo. A energia nuclear oferece a melhor combinação de características desejáveis de energia limpa com o menor risco de impacto negativo ao meio ambiente e à economia. A energia nuclear é a única tecnologia de energia limpa escalável do mundo em nome da proteção do meio ambiente!

“Seu foco determina sua realidade”. A Energia Nuclear estará com vocês. Sempre!



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fa/Nuclear_Power_Plant_and_bio_pea_-_panoramio.jpg/1280px-Nuclear_Power_Plant_and_bio_pea_-_panoramio.jpg

ENERGIA

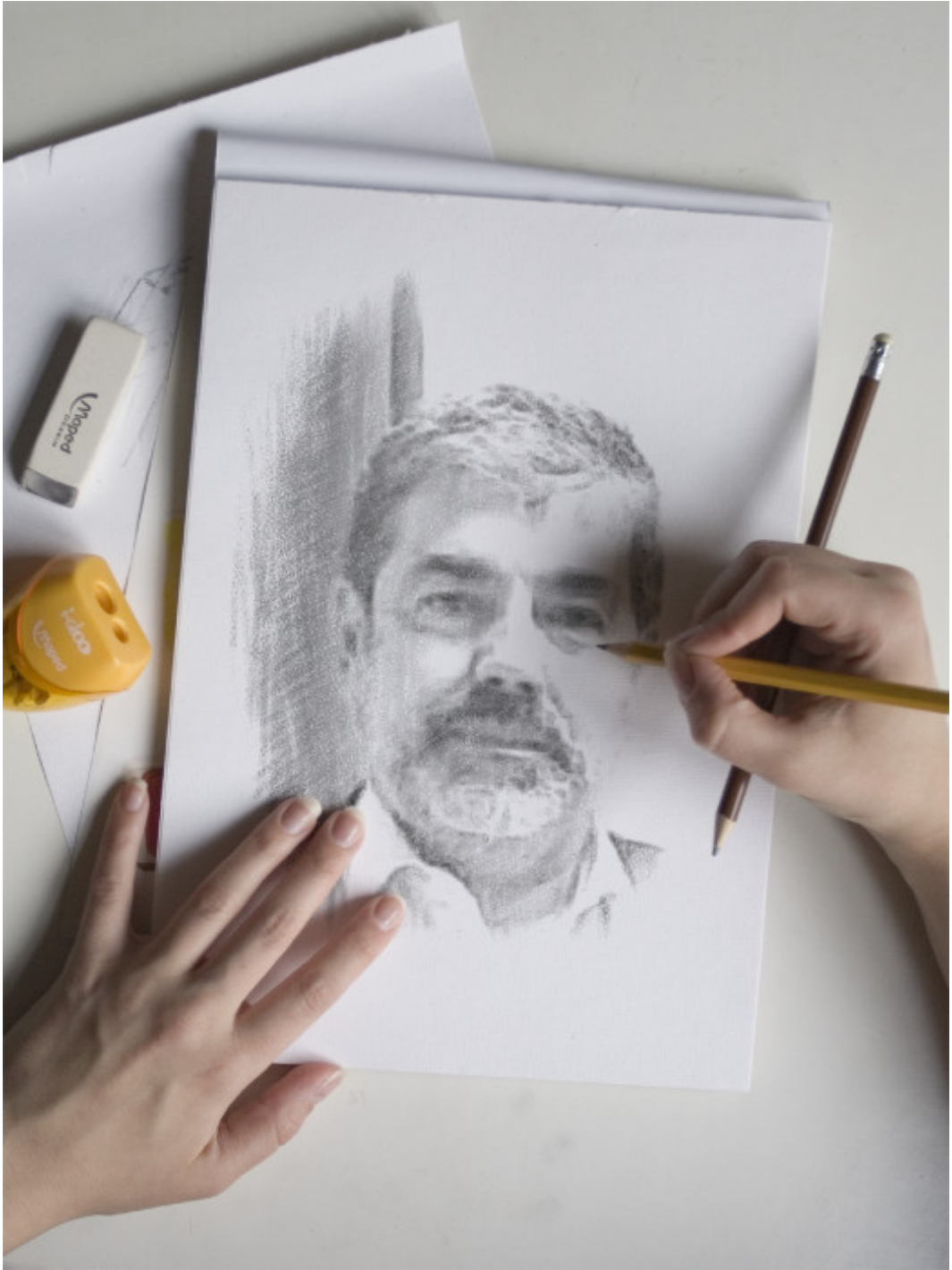
O DESPERTAR DA FORÇA

NUCLEAR



«∧:∅ for∧s«∧

>«∧:∅ michellis jr.



«^:o fo^s««^



Enio Fonseca – Engenheiro Florestal, Senior Advisor em questões socioambientais, Especialização em Proteção Florestal pelo NARTC e CONAF-Chile, em Engenharia Ambiental pelo IETEC-MG, , em Liderança em Gestão pela FDC, em Educação Ambiental pela UNB, MBA em Gestão de Florestas pelo IBAPE, em Gestão Empresarial pela FGV, Conselheiro do Fórum de Meio Ambiente do Setor Elétrico, FMASE, foi Superintendente do IBAMA em MG, Superintendente de Gestão Ambiental do Grupo Cemig, Chefe do Departamento de Fiscalização e Controle Florestal do IEF, Conselheiro no Conselho de Política Ambiental do Estado de MG, Ex Presidente FMASE, founder da PACK OF WOLVES Assessoria Ambiental, foi Gestor Sustentabilidade Associação Mineradores de Ferro do Brasil . Membro do Ibrades, Abdem, Adimin, Alagro, Sucesu, CEMA e CEP&G/ FIEMG e articulista do Canal direitoambiental.com.

<https://www.linkedin.com/in/enio-fonseca-8003b8aa>





ደብዳቤ ማርሻሊስ ገጽ

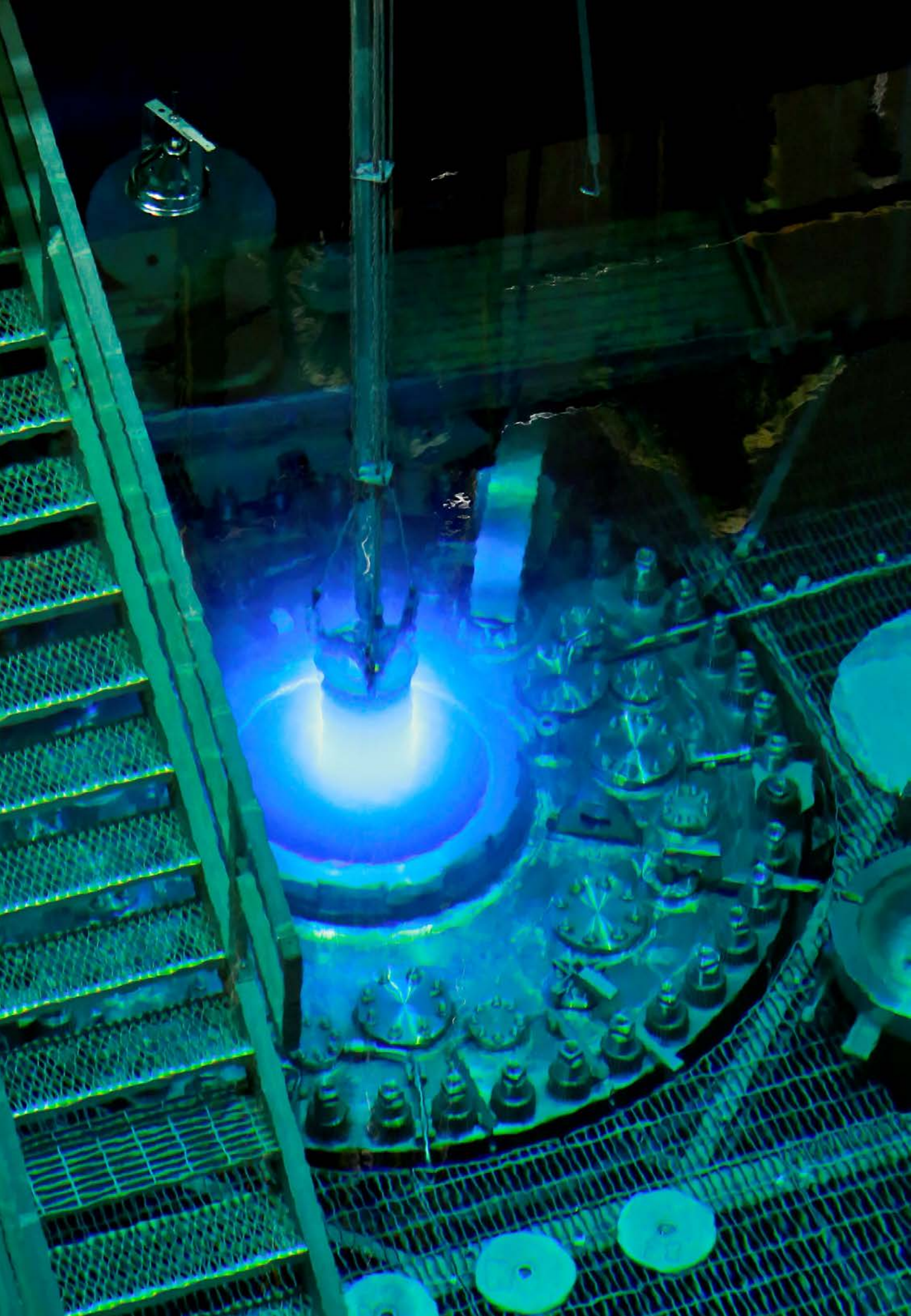


Decio Michellis Jr. – Licenciado em Eletrotécnica, com MBA em Gestão Estratégica Socioambiental em Infraestrutura, extensão em Gestão de Recursos de Defesa e extensão em Direito da Energia Elétrica, é Coordenador do Comitê de Inovação e Competitividade da Associação Brasileira de Companhias de Energia Elétrica – ABCE, assessor técnico do Fórum do Meio Ambiente do Setor Elétrico – FMASE e especialista na gestão de riscos em projetos de financiamento na modalidade *Project Finance*.

<https://www.linkedin.com/in/decio-michellis-jr-865619116>

Autor de 23 e-books e coautor de 21 e-books. As 20 publicações mais relevantes estão disponíveis para download gratuito em:

<https://independent.academia.edu/DecioMichellisJunior>



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HFIR_Refueling_July_2015_%2819963344882%29.jpg

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/Magnificent_CME_Erupts_on_the_Sun_-_August_31.jpg

