

ENERGIA NUCLEAR

UMA ALTERNATIVA BENÉFICA E SUSTENTÁVEL



ENERGIA NUCLEAR

UM FATO DA VIDA

O ser humano não dispõe de sistemas próprios para a detecção da energia nuclear, pois ela é: incolor, inodora, não palpável e inaudível, mas está presente no nosso dia a dia!

Seja nos raios cósmicos que recebemos, seja na radiação natural da terra, entre outros. Este fato pode ser constatado ao utilizarmos um detector de radiação, que nunca medirá zero absoluto, sempre haverá alguma leitura indicada em seu mostrador!

Suas aplicações vão desde a área da saúde, meio ambiente, indústria, fonte energética, arqueologia e até na cultura, mas o fantasma da desinformação toma conta do imaginário da sociedade.

É importante frisar a enorme diferença entre os raios que matam e os raios que curam, para mudar o pensamento crítico!

A energia nuclear está, na maioria das vezes, associada aos acidentes, mas quais são as contribuições benéficas desta forma de energia para a sociedade e o meio ambiente? Vamos conhecer?

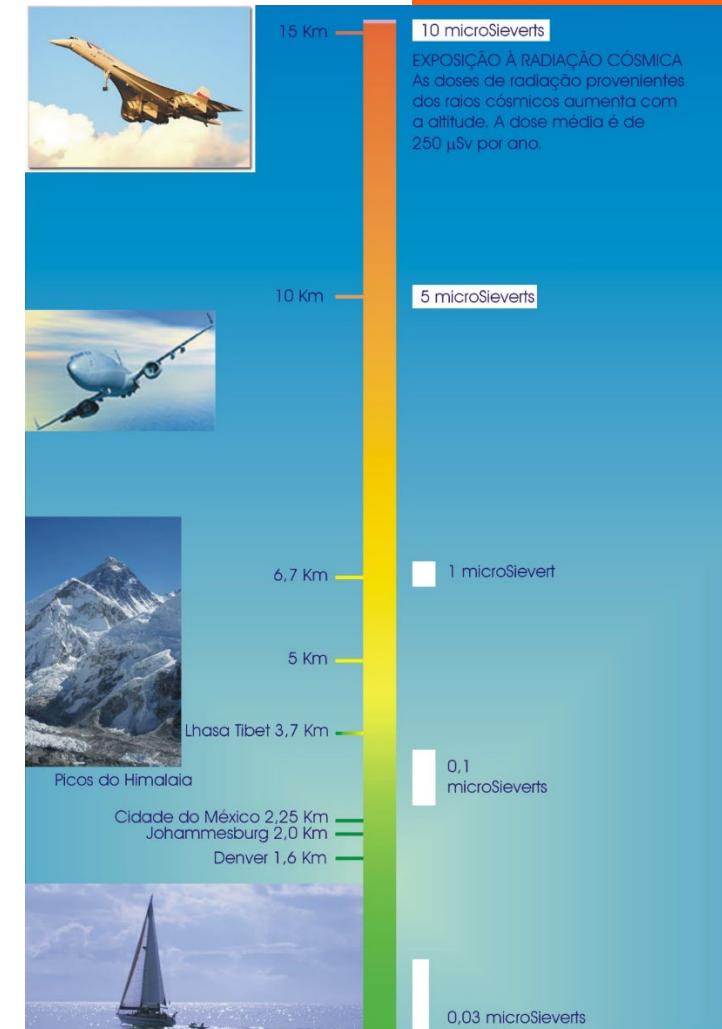


Imagen: Google

MEDICINA NUCLEAR

APLICAÇÕES E PESQUISA

A Medicina Nuclear é uma especialidade médica que utiliza substâncias radioativas, chamadas radiofármacos, para diagnosticar e tratar doenças. Ela desempenha um papel crucial na área da saúde, oferecendo informações precisas e detalhadas sobre o funcionamento de órgãos e sistemas do corpo humano.

Sua relevância se deve ao diagnóstico precoce, à alta especificidade, à avaliação funcional e à menor invasividade. Além de que, é uma especialidade médica reconhecida mundialmente e com sólida base científica.

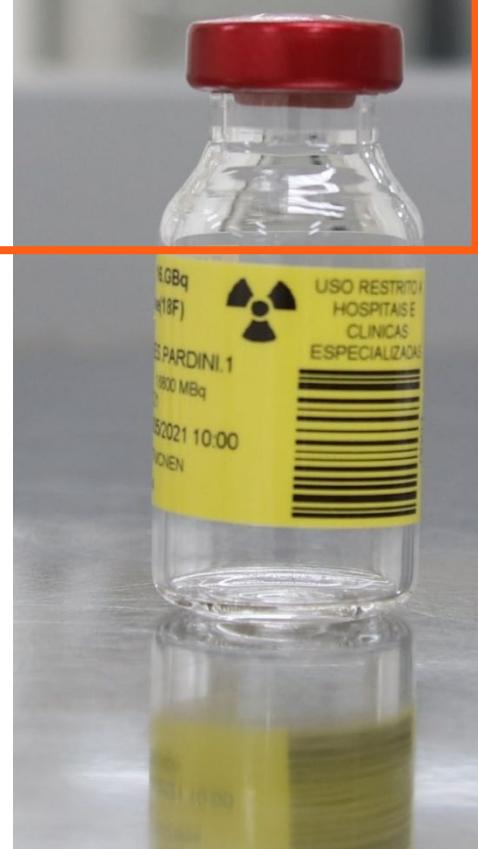
Sua credibilidade se deve à base científica sólida, à regulamentação rigorosa e às evidências científicas. A eficácia e segurança dos procedimentos são comprovadas por inúmeros estudos científicos.

A Medicina Nuclear é vastamente conhecida pela população, não só pela divulgação de veículos de mídia televisiva e digital, mas porque parte da população ou já passou por procedimentos e diagnósticos ou porque tem um parente ou conhecido que se beneficiou desta especialidade.

A técnica é considerada pouco invasiva, com riscos de exposição à radiação relativamente baixos e controláveis, e permite a avaliação de órgãos e sistemas em nível molecular e funcional.

Temos que enfatizar que se a medicina nuclear não existisse, milhares de pessoas em todo o mundo ficariam sem diagnóstico e tratamento, podendo levar à morte.

DIAGNÓSTICO



MEDICINA NUCLEAR

BENEFÍCIOS

- **Diagnóstico precoce**

Permite a detecção de doenças em estágios iniciais, antes mesmo de serem identificadas por métodos convencionais, como alterações anatômicas ou sintomas clínicos.

- **Avaliação funcional**

Permite a avaliação da fisiologia e do metabolismo de órgãos e sistemas, fornecendo informações sobre seu funcionamento e comportamento.

- **Tratamento de doenças**

Oferece opções de tratamento para diversas doenças, incluindo cânceres, doenças endócrinas e algumas doenças cardíacas, com boa tolerância e efeitos colaterais controláveis.

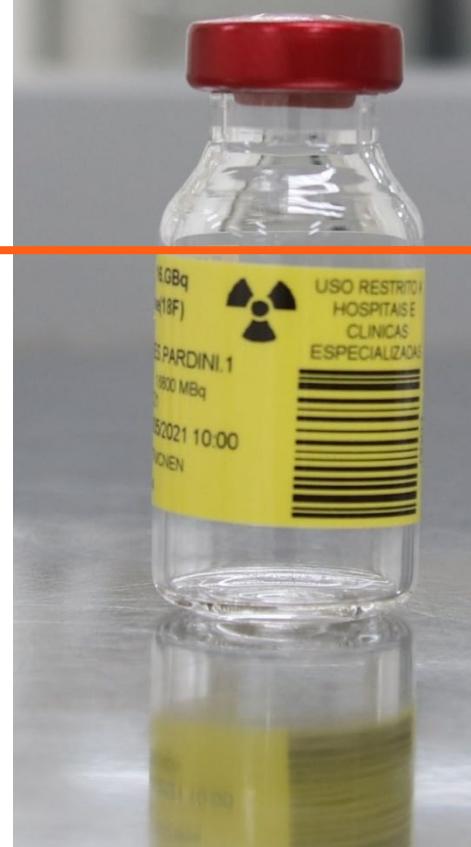
- **Cirurgia radioguiada**

Permite a identificação e marcação de lesões durante a cirurgia, facilitando a localização e remoção de tumores, como a cirurgia radioguiada para detecção de lesões ocultas ou biópsia de linfonodo sentinela.

- **Estadiamento do câncer**

Ajuda na determinação da extensão do tumor e da presença de metástases, fornecendo informações importantes para o planejamento do tratamento.

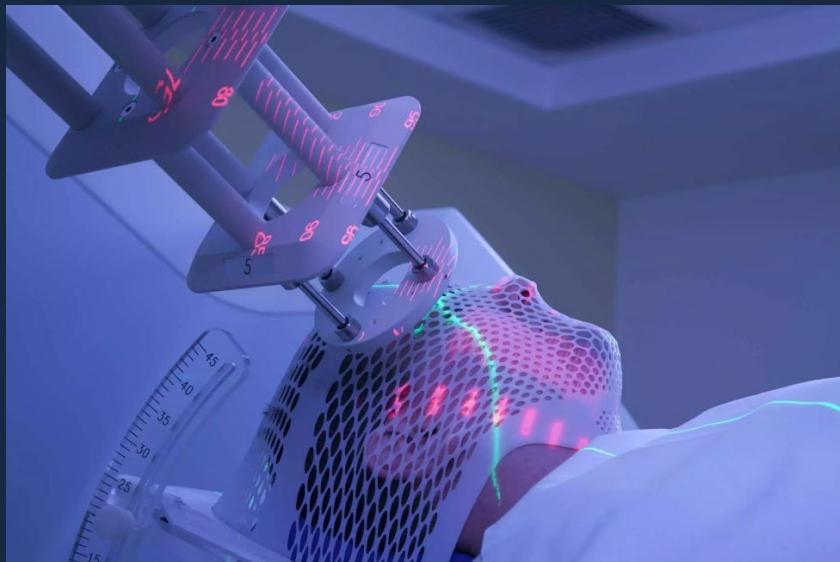
TRATAMENTO



MEDICINA NUCLEAR

BENEFÍCIOS

Fundamental como ferramenta para acessar o funcionamento dos órgãos e tecidos vivos, realizando imagens, diagnósticos e, também, tratamentos.



- **Estudo da doença de Alzheimer e outras doenças neurodegenerativas**

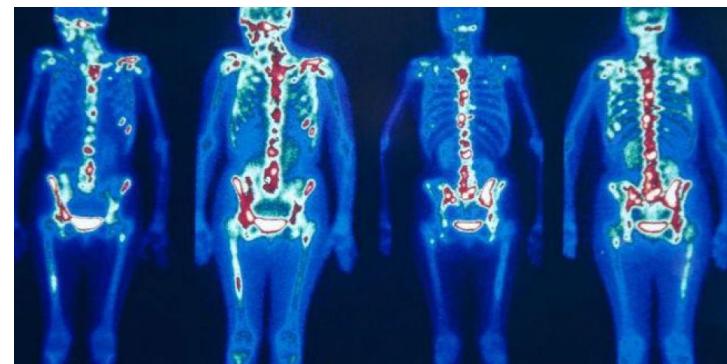
Através da PET-CT, permite a visualização de alterações metabólicas no cérebro, auxiliando no diagnóstico e acompanhamento de doenças como Alzheimer, Parkinson e epilepsia.

- **Avaliação de doenças cardíacas**

Permite avaliar a função do coração, identificar doenças cardíacas e avaliar o impacto de intervenções terapêuticas.

- **Avaliação de doenças ósseas e articulares**

Permite identificar inflamações, infecções, fraturas e outras alterações ósseas, auxiliando no diagnóstico e acompanhamento de doenças como osteoporose e artrite.



Cintilografia óssea

RADIOFÁRMACOS

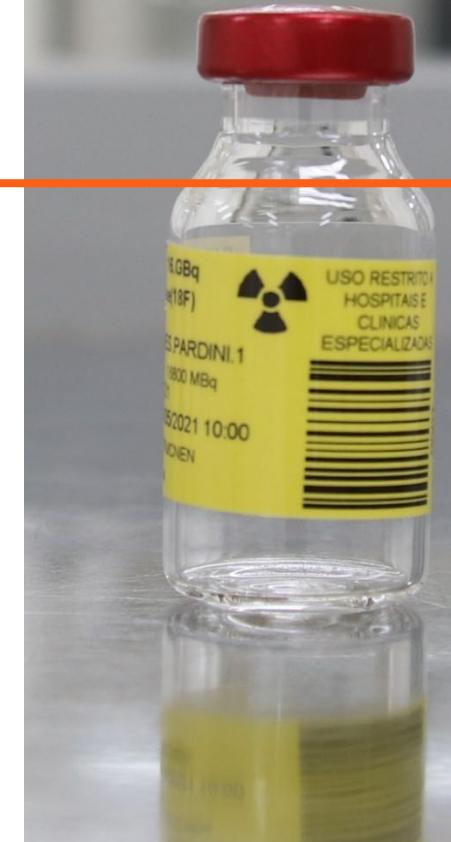


Imagen: Agatha Azevedo | CDTN

MEDICINA NUCLEAR

RESSONÂNCIA MAGNÉTICA



IRRADIÇÃO DE ALIMENTOS

APLICAÇÕES E PESQUISA

A irradiação de alimentos é uma tecnologia de preservação que usa radiação ionizante, reconhecida pela **Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA)** e por outros órgãos internacionais como uma aplicação segura e eficaz para a segurança alimentar. A irradiação ajuda a prolongar a vida útil dos alimentos, controlar a propagação de microrganismos patogénicos e reduzir o risco de doenças transmitidas por alimentos, representando uma grande vantagem fitossanitária.

As autoridades de vigilância sanitária e de segurança alimentar de 37 países, já aprovaram a irradiação de quarenta tipos distintos de alimentos, os quais englobam: especiarias, grãos, carnes, frutas e legumes, sendo que vinte e quatro desses países utilizam-na para fins comerciais



A Radura serve para informar aos consumidores que um alimento foi submetido ao processo de irradiação



Imagem: Adobe Stock

IRRADIÇÃO DE ALIMENTOS

BENEFÍCIOS

- **Prolongamento da vida útil**

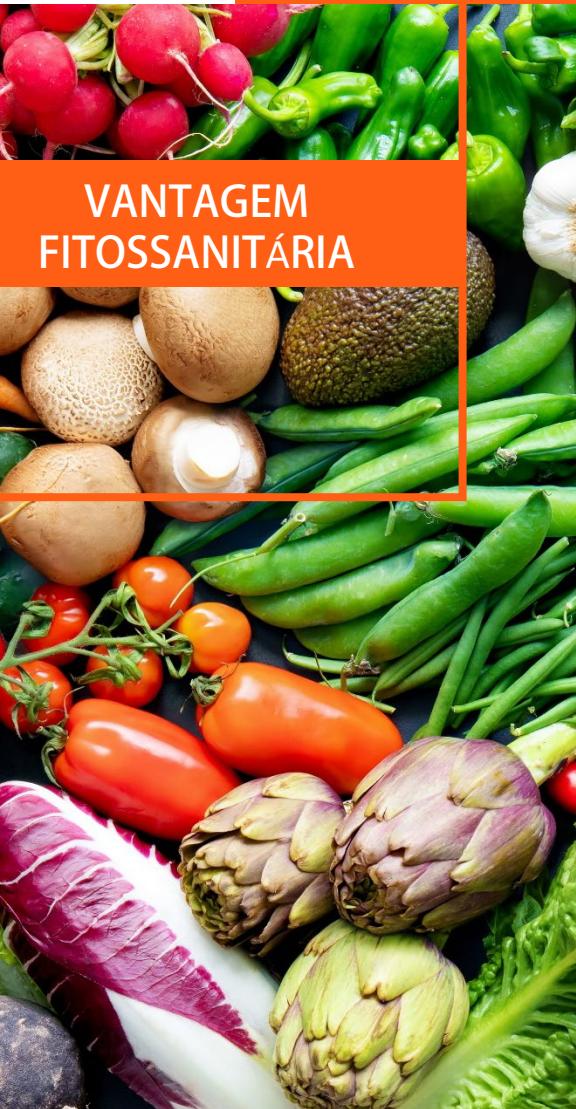
Inibe o crescimento de bactérias, fungos e insetos, retardando processos fisiológicos como o amadurecimento e o brotamento, o que prolonga a vida útil dos alimentos. A radiação interage com as moléculas de água, criando radicais livres que podem danificar o DNA e RNA dos organismos, inibindo sua capacidade de reprodução e crescimento.

- **Redução de patogênicos**

Inativa ou elimina microrganismos patogênicos, como salmonela e e. coli, reduzindo o risco de doenças transmitidas por alimentos, sem alterar, significativamente, as propriedades sensoriais dos alimentos.

- **Segurança para o consumo**

Não deixa resíduos radioativos nos alimentos e é considerada segura pelas autoridades de saúde, como a ANVISA no Brasil, pois o feixe de radiação atravessa o alimento, tal como um Raios X atravessa seu corpo.



**VANTAGEM
FITOSSANITÁRIA**

IRRADIÇÃO DE ALIMENTOS

BENEFÍCIOS

Como funciona

- Os alimentos são expostos a fontes de radiação ionizante, como raios gama ou feixes de elétrons, em instalações controladas.
- A irradiação não altera as propriedades nutricionais ou o sabor dos alimentos.
- A dose de radiação utilizada é cuidadosamente controlada para garantir a segurança e a eficácia do processo.

Controvérsias e Limitações

- Alguns consumidores têm receios sobre a segurança da irradiação, devido a ideias errôneas sobre a energia nuclear.
- A irradiação pode não ser adequada para todos os tipos de alimentos, especialmente aqueles com alto teor de gordura, como a manteiga, testes mostraram que esta fica rançosa.



Imagem: Adobe Stock

IRRADIÇÃO DE ALIMENTOS

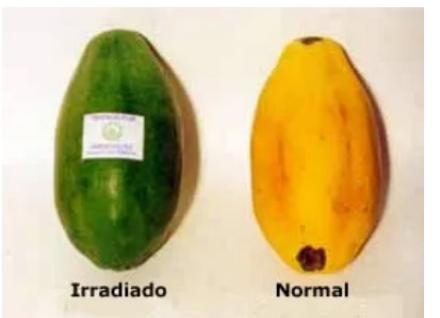
BENEFÍCIOS

No Brasil

O Brasil possui uma legislação que regulamenta a irradiação de alimentos, sendo o processo autorizado pela ANVISA. O uso da tecnologia tem crescido, especialmente em produtos como carne de porco, frutas e especiarias.

Conclusão:

A irradiação de alimentos é uma tecnologia segura e eficaz que contribui para a segurança alimentar e a redução de desperdícios. O conhecimento e a compreensão do processo pelo público são fundamentais para a sua aceitação e uso ampliado. A IAEA desempenha um papel essencial na promoção do uso seguro e responsável da irradiação de alimentos em todo o mundo.



**REDUÇÃO DE
DESPERDÍCIO**

Imagem: Adobe Stock

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

FONTES DA MATRIZ ENERGÉTICA

A geração de energia elétrica é o processo de transformação de outras formas de energia, como energia mecânica, química, térmica ou solar, em eletricidade. A eletricidade é então distribuída para atender às necessidades de consumo. No Brasil, as principais fontes de geração incluem energia hidrelétrica, energia eólica, energia solar, biomassa, energia geotérmica, combustíveis fósseis e energia nuclear.

Todas as formas de geração de energia elétrica têm seus prós e contras, há aspectos positivos, mas há aspectos negativos que podem impactar a vida da população e o meio ambiente.

Elas também não são infinitas e, muitas vezes, nem recicláveis.

Apresentamos algumas formas de geração de energia elétrica, mostrando suas vantagens e desvantagens.

ELETRICIDADE



GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

REATORES NUCLEARES

As primeiras usinas nucleares comerciais começaram a operar na década de 1950, sendo que hoje em dia, as usinas existentes fornecem cerca de 14% da eletricidade mundial com cerca de 439 reatores em operação, além de ser a segunda maior fonte mundial de energia de baixo carbono (23,7% do total em 2020).

Existem também cerca de 58 reatores em construção, com um tempo médio de construção de 6 anos, embora alguns projetos enfrentem atrasos significativos. Além dos reatores de potência, também existem reatores de pesquisa.

Os países com maior participação, tanto em número de reatores quanto em capacidade de geração, são, em ordem: Estados Unidos, França, China, Japão, Rússia, Coréia do Sul, Canadá, Ucrânia, Índia e Espanha.

Na América Latina, apenas Brasil, Argentina e México possuem reatores nucleares. As usinas brasileiras de Angra 1 e 2, em Angra dos Reis, no Rio de Janeiro, produzem cerca de 2% da energia consumida no país. Com a finalização da construção de Angra 3, esse percentual pode chegar a 3%.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear possui 3 reatores de pesquisa em seus institutos nos estados de São Paulo – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/IPEN, no Rio de Janeiro – Instituto de Engenharia Nuclear/IEN, e em Minas Gerais - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN.



GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA REATORES NUCLEARES

Usinas Nucleares Angra 1 e Angra 2



Imagen: Divulgação/Eletrobras

São mais de 70 anos de usinas nucleares em atividade no mundo, com cinco acidentes, pode-se questionar a comparação desta pequena quantidade de acidentes nucleares ocorridos com os acidentes ocorridos com outras formas de geração de energia, podendo-se dizer que é um ponto para o nuclear!

Por exemplo, pelo menos 60 desastres com barragens foram registrados no mundo nos últimos 50 anos, como a barragem de Machchu, na Índia, cujo número de mortos pode ter chegado a 25 mil.

A energia nuclear é uma fonte de energia renovável e limpa, mas também suscetível a riscos, como demonstrado pelos acidentes de Chernobyl e Fukushima.



A França possui 56 reatores nucleares e em 2023, eles eram responsáveis por gerar 65% de toda a energia consumida pela população francesa. Usina nuclear de Bugey, em Saint-Vulbas, na França. (Crédito: JEAN-PHILIPPE KSIAZEK / AFP)

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

EÓLICA

A geração de energia por eólicas também têm seus riscos, como aqueles que afetam a dinâmica do meio ambiente, da população que vive próximo dos parques eólicos.

Os impactos ambientais negativos são, principalmente, a perda de biodiversidade, o desmatamento e o desequilíbrio ecossistêmico com a supressão de habitats, pois afeta as aves migratórias e os morcegos, mamíferos que voam durante a noite e que possuem um sistema de ecolocalização chamado de sonar. Tanto os pássaros quanto os morcegos se chocam com as hélices, e a colisão ocasiona a morte desses animais. Assim sendo, existe um impacto negativo sobre parte da fauna local, o que resulta em desequilíbrio ambiental. A perda dessa biodiversidade pode afetar negativamente o setor econômico, visto que os animais podem auxiliar no controle de pragas das plantações das áreas por onde percorrem.

Outro ponto importante a ser considerado é o substrato de instalação do parque eólico, o que pode provocar a fragilização do solo ou, ainda, a remoção da cobertura vegetal nativa para a implementação de toda a infraestrutura física necessária para o funcionamento de uma usina geradora e distribuidora de eletricidade. Além da alteração significativa da paisagem natural, o desmatamento e a desagregação do solo levam à destruição de habitats e afeta o equilíbrio dos ecossistemas locais. Todo o processo de construção e de implementação de um parque eólico e de estruturas como vias de transporte causa impactos ao meio ambiente, como a poluição do solo e dos corpos hídricos.



ENERGIA VERDE

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

EÓLICA

Os impactos sociais negativos estão relacionais ao ruído das hélices das torres eólicas, que afetam o bem-estar e a saúde da população local.

Os impactos econômicos versam tanto sobre as atividades econômicas anteriormente realizadas na área onde o novo empreendimento será instalado quanto nos elevados custos para a sua implementação.

Identificam-se esses problemas nos parques eólicos já instalados e em processo de instalação no Brasil, principalmente na região Nordeste do país.

Outro problema é o descarte das pás das turbinas eólicas pois, são um desafio para a gestão de resíduos devido ao seu tamanho e composição complexa, além de que, a maioria das pás é feita de materiais compostos, como fibra de vidro e resina, que são difíceis de separar e reciclar utilizando métodos convencionais.

Elas não podem ser recicladas, acumulando-se em aterros.

A vida útil de uma turbina eólica é de apenas 25 anos, e depois disso, o destino dessas lâminas é o lixo. Estamos enchendo montanhas com resíduos, tudo isso sob o rótulo de "sustentabilidade ambiental".



GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

EÓLICA

- 01** Desequilíbrio ecossistêmico com a supressão de habitats
- 02** Poluição sonora é um dos principais impactos sociais negativos
- 03** Síndrome da turbina eólica - doenças têm relação com os ruídos de alta ou de baixa intensidade



GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

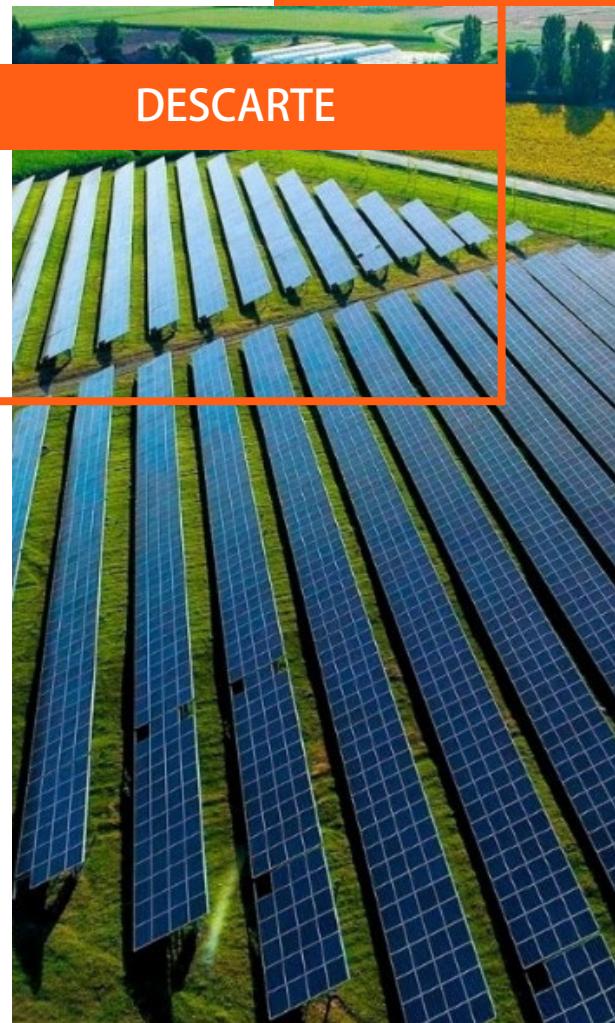
SOLAR

Os impactos da energia solar envolvem tanto aspectos positivos, como a capacidade de reduzir a pegada de carbono e a dependência de combustíveis fósseis, quanto negativos, como a produção e o descarte de materiais provenientes dos equipamentos geradores dessa energia.

Ainda assim, os benefícios se sobressaem, zerando a emissão de gases do efeito estufa e uso de combustíveis fósseis, além de nenhuma extração de recursos naturais para gerar eletricidade — apenas para produzir os equipamentos.

Os impactos negativos são a emissão de gases poluentes durante a fabricação dos equipamentos, alteração do solo para construção de usinas solares e geração de resíduos ao fim da vida útil dos painéis solares.

A construção de usinas solares pode levar à alteração do uso do solo, o que impacta habitats locais e a biodiversidade. Além disso, a instalação pode requerer desmatamento, especialmente em áreas de grande extensão.



GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA SOLAR

As placas solares ocupam grandes áreas



Imagen: Adobe Stock

O descarte inadequado de painéis solares pode resultar na contaminação do solo e da água com substâncias tóxicas presentes em alguns materiais. Embora a vida útil média de uma placa solar seja de cerca de 25 a 30 anos, a crescente quantidade de resíduos gerados pode ser um desafio. Aqui, é importante que o descarte dos equipamentos seja realizado de maneira responsável e que sejam desenvolvidas soluções de reciclagem para minimizar o impacto ambiental.

A instalação de grandes usinas solares pode ocupar grandes áreas, o que pode ter um impacto na paisagem e na fauna local.



Falta de legislação específica criará um grave problema ambiental no final da vida útil dos painéis solares.

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

HIDROELÉTRICA

As usinas hidrelétricas, apesar de serem uma fonte de energia renovável, também geram impactos significativos no meio ambiente, incluindo a destruição de habitats, alterações nos ecossistemas aquáticos, emissão de gases de efeito estufa e o deslocamento de populações ribeirinhas.

No Brasil, a Agência Nacional de Águas (ANA) registrou em 2020 o maior número de acidentes e incidentes em barragens desde o início da série histórica, em 2011, foram 44 acidentes e 95 incidentes em 16 estados.

Como funciona

- **Perda de Biodiversidade**

A construção de barragens inunda vastas áreas, destruindo florestas e outros habitats naturais. Isso pode levar à extinção de espécies de plantas e animais, incluindo peixes, que dependem do rio para reprodução e migração.

- **Alteração dos Ecossistemas Aquáticos**

A mudança no fluxo e no nível das águas dos rios interfere na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, afetando a qualidade da água, a temperatura e a quantidade de oxigênio dissolvido, o que pode prejudicar a vida aquática.



IMPACTO AMBIENTAL

Imagen: Adobe Stock

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA HIDROELÉTRICA

Usina de Belo Monte, Pará



(Crédito: Romerio Cunha)

- **Emissão de Gases de Efeito Estufa**

A decomposição da vegetação submersa em reservatórios libera gases como metano e dióxido de carbono, contribuindo para o aquecimento global.

- **Assoreamento dos Rios**

A construção de barragens pode alterar o fluxo natural do rio, levando ao assoreamento do leito e prejudicando a qualidade da água.

- **Deslocamento de Populações**

A construção de hidrelétricas muitas vezes implica no deslocamento de comunidades ribeirinhas, que perdem suas terras e meios de vida.

- **Problemas de Saúde**

A alteração dos ecossistemas aquáticos e a introdução de substâncias tóxicas podem levar a problemas de saúde para as populações humanas que vivem na região.



IMPACTO AMBIENTAL

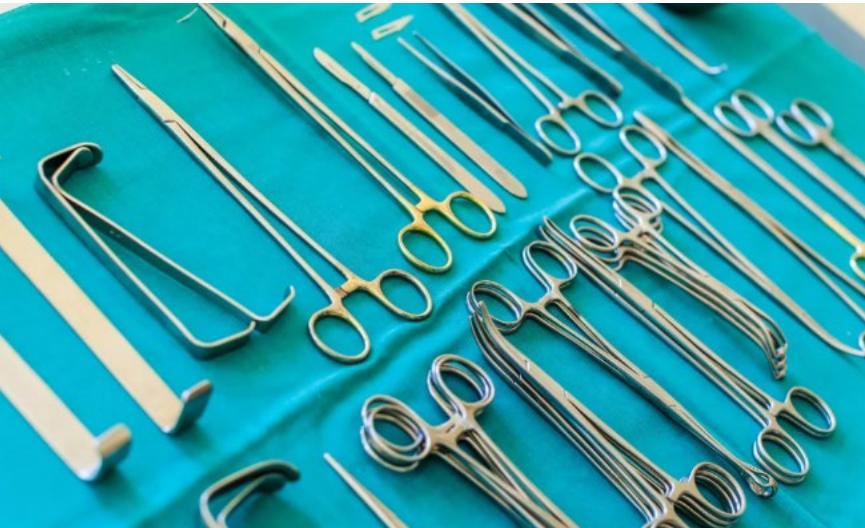
Imagen: Adobe Stock

OUTRAS APLICAÇÕES

ESTERILIZAÇÃO DE MATERIAIS CIRÚRGICOS

As radiações ionizantes, sejam de aceleradores de partículas ou de radioisótopos, são utilizadas na esterilização de seringas, agulhas, fios de sutura e outros materiais cirúrgicos. Segundo publicação da CNEN, seria praticamente impossível esterilizar estes materiais pelos métodos convencionais, que necessitam altas temperaturas e, com isso, poderiam deformar ou danificar os materiais.

Os institutos da CNEN que utilizam essa tecnologia em prol da sociedade são: IPEN e CDTN.



OUTRAS APLICAÇÕES

01 Análise de estruturas

As aplicações na indústria são inúmeras, como a análise de grandes estruturas, possível com a técnica de radiografia com nêutrons. Os nêutrons, obtidos através de interação de radioisótopos, penetram na matéria e dão uma radiografia da situação, mostrando como estão organizados os átomos. A técnica pode ser aplicada em grandes estruturas metálicas ou de concreto, como em edificações.

02 Exploração espacial

É possível desenvolver motores de foguete utilizando tecnologia nuclear – são os chamados foguetes termonucleares que funcionam com base no princípio da ação e reação: uma massa de fluido é expelida em alta velocidade para fora do motor, a qual, por sua vez, empurra o motor na outra direção.

Os norte-americanos pesquisam na área de propulsão termonuclear desde a década de 1950, e inclusive alguns protótipos já foram testados. Além disso, existem conceitos de espaçonaves com propulsão nuclear, que ainda se encontram em desenvolvimento.

03 Tratamento de efluentes industriais

O tratamento de efluentes com energia nuclear, ou seja, líquidos residuais de atividades industriais, agrícolas ou domésticas, com o objetivo de eliminar ou reduzir a concentração de poluentes presentes nesses efluentes, tornando-os mais seguros para serem lançados no meio ambiente ou reutilizados.

A radiação nuclear, como os raios gama ou feixes de elétrons, é utilizada para interagir com os poluentes presentes nos efluentes, modificando-os ou destruindo-os.

Ela também pode auxiliar na remoção de metais pesados, que são um dos principais contaminantes dos efluentes industriais.



CONSTRUINDO O FUTURO

SITES PARA CONSULTA

<https://www.gov.br/cnen>
<https://www.gov.br/ien>
<https://www.ipen.br>
<https://www.gov.br/cdtn>
<https://www.gov.br/crcnne>
<https://www.iaea.org>
<https://www.inb.gov.br>
<https://www.eletronuclear.gov.br>
<https://www.amazul.mar.mil.br>
<http://www.cena.usp.br>
<https://sbmn.org.br>
<https://aben.org.br>

Comissão Nacional de Energia Nuclear

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento

Site: <https://www.gov.br/cnen>

Rua General Severiano, 90. Botafogo, Rio de Janeiro, RJ CEP 22290-901

Criação e coordenação: Valéria Pastura (IEN/CNEN)

Projeto gráfico: Douglas Troufa (Coordenação de Comunicação Social)

E-mail: comunicacao@cnen.gov.br / Tel: (21) 2586-1130

