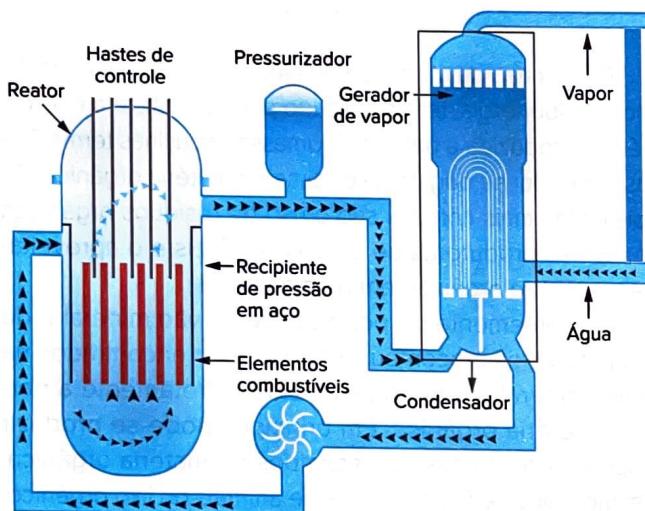


# Outras fontes

## Nuclear

As usinas termonucleares funcionam a partir do aproveitamento da energia térmica gerada pela fissão nuclear de átomos de plutônio, tório ou urânio dentro dos reatores para aquecer a água que, sob pressão, gira as turbinas.



**Fonte:** elaborado com base em *How a nuclear reactor makes electricity*. World Nuclear Association, [s.d.]. Disponível em: [www.world-nuclear.org/nuclear-basics/how-does-a-nuclear-reactor-make-electricity.aspx](http://www.world-nuclear.org/nuclear-basics/how-does-a-nuclear-reactor-make-electricity.aspx). Acesso em: 10 jan. 2019.

Fig. 17 Esquema do funcionamento de usina nuclear que aquece a água para movimentar as turbinas que gerarão energia elétrica.

A geração de energia nessas usinas é considerada limpa, pois não libera gases para o meio ambiente, como nas usinas termelétricas. Desde a identificação do possível problema da acentuação do efeito estufa, alguns cientistas e ambientalistas têm recomendado o uso dessa alternativa energética para que a humanidade continue a produzir a energia de que necessita, porém sem emitir gases estufa.

No entanto, existem outros problemas. O primeiro deles é o risco de vazamento do material radioativo. Mesmo que esse risco seja estatisticamente muito baixo (calcula-se que a proporção é de um acidente a cada um milhão de anos), se o vazamento ocorrer, as consequências podem ser desastrosas para a vida humana e o meio ambiente.

Outro problema que envolve o funcionamento dessas usinas é a produção de lixo atômico. Por exemplo, o urânio, material mais utilizado para a geração de energia termonuclear, transforma-se em um material extremamente radioativo após o uso. Esse lixo precisa ser armazenado por centenas de anos, em tambores de chumbo, até se estabilizar.

Países com grande necessidade de energia – mas com pouca disponibilidade de fontes energéticas, como reservas de carvão e petróleo, ou com rede hidrográfica limitada – são aqueles que mais se interessam pelo uso da energia nuclear. Apesar do alto investimento na instalação e manutenção, a energia produzida tem um custo mais competitivo que aquela gerada pela queima de carvão mineral ou petróleo.

Entre os países mais dependentes da energia atômica, a França ocupa a primeira posição; cerca de 72% da matriz elétrica do país é composta dessa fonte de energia, gerada em mais de 40 reatores em operação. Na Bélgica, seus sete e antigos reatores respondem pela metade da energia elétrica produzida no país.

O Japão, após o acidente de Fukushima, em 2011, tem o plano de abandonar totalmente a energia nuclear até o ano de 2030. Atualmente, cerca de 30% de sua matriz energética é de origem atômica. Por fim, na Alemanha, foi implantado um programa, com amplo apoio popular, para a extinção dessa fonte de energia até 2022.

País	Percentual da matriz energética elétrica	Número de reatores
França	70%	56
Ucrânia	54%	15
Eslováquia	54%	4
Hungria	49%	4
Bélgica	48%	7

**Fonte:** World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements. World Nuclear Association, set. 2020. Disponível em: [www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requirements.aspx](http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requirements.aspx). Acesso em: 24 out. 2020.

Tab. 3 Países dependentes da energia nuclear na geração de eletricidade – 2019.

### Saiba mais

#### Acidentes em usinas nucleares

Acidentes em usinas nucleares ou em locais de armazenagem dos resíduos contaminados durante o processo de geração de energia têm grande potencial de causar mortes e doenças por radiação.

Os acidentes nesse tipo de usina tiveram papel central na formação da opinião pública contrária a essa fonte de energia e têm levado muitos governos a rever suas políticas energéticas.

Já ocorreram mais de uma dezena de acidentes, sendo os dois piores em Chernobyl, na Ucrânia, em 1986, e em Three Mile Island, nos Estados Unidos, em 1979. O acidente de Fukushima, no Japão, em 2011, chamou atenção, sobretudo, por sua origem: um *tsunami*.

A explosão de um dos reatores de Chernobyl liberou para a atmosfera uma enorme nuvem radioativa que matou cerca de 25 mil pessoas, contaminou ar, solo e água e provocou danos irreversíveis à fauna e à flora, como anomalias genéticas. É até hoje o pior acidente nuclear da história, e calcula-se que a radiação emitida foi 200 vezes maior do que aquela das bombas lançadas em Hiroshima e Nagasaki durante a Segunda Guerra Mundial.

Em Three Mile Island, na Pensilvânia, um dos reatores da usina superaqueceu devido a um conjunto de erros humanos e falhas materiais, provocando intensa contaminação da área de contenção. Cerca de 140 mil pessoas foram deslocadas temporariamente para evitar riscos de contaminação pela radiação.

Em Fukushima, três dos reatores da usina Daiichi sofreram danos após um forte terremoto na região e a inundação da usina por um *tsunami*. O sistema elétrico deixou de funcionar, com isso o sistema de emergência não entrou em ação, ocorrendo um superaquecimento dos reatores e o colapso de partes da usina.

## Biomassa

A biomassa é qualquer tipo de matéria orgânica não fóssil da qual se pode obter energia. É um tipo de fonte primária que vem ganhando destaque como possível substituta dos combustíveis fósseis na geração de biocombustíveis. Atualmente, perfaz cerca de 10% da energia consumida no mundo.

Ela é bastante utilizada nas áreas rurais de países pobres, sobretudo na África Subsaariana e na Ásia, onde cerca de 90% das residências queimam madeira, carvão vegetal, esterco de animais ou resíduos agrícolas para uso na cozinha e no aquecimento doméstico. Além disso, a biomassa tem sido muito usada em usinas termelétricas para abastecer áreas rurais distantes, não atendidas pela rede elétrica convencional.

Apesar de seu consumo atual ser mais moderado em regiões industrializadas e urbanizadas, ele persiste fortemente em áreas rurais e mais pobres. Há países que utilizam muita lenha para produzir carvão vegetal, que pode ser um combustível de segunda linha para empreendimentos industriais mais simples e menos desenvolvidos.

Em geral, pode-se dizer que o uso da lenha é um sinal de baixo desenvolvimento tecnológico, tanto no sentido de que a geração de energia envolve pouca tecnologia como no de que o destino da energia é mais simples, envolvendo basicamente atividades não industriais.

Assim, mesmo que o uso da lenha tenha colaborado para a devastação ambiental, esta se deu em um ritmo relativamente lento, já que estava ligada a sociedades com pouca tecnologia industrial e, portanto, com baixo poder de transformação do meio natural. As “civilizações da lenha”, se assim for possível identificar as sociedades não industriais,

eram lentas e limitadas na alteração de seu meio porque sua fonte de energia era pouco eficiente.

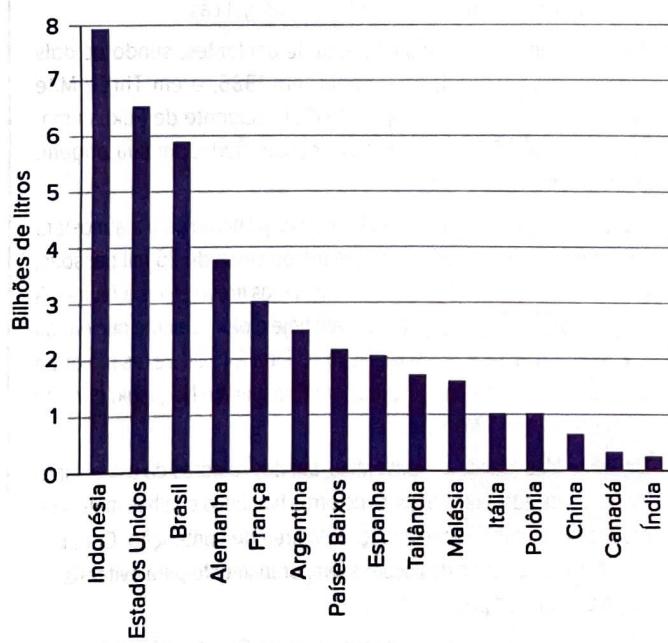
### ! Atenção

Licor negro é um produto extraído da madeira em fábricas de papel e celulose e pode ser utilizado como combustível. Ele é mais comum onde a lenha é menos utilizada, indicando que, enquanto essa última é característica de regiões menos industrializadas, o licor negro está ligado a zonas industriais.

Outro caso da utilização de biocombustíveis é a produção de bioenergia, termo utilizado para identificar a energia elétrica produzida a partir de biomassa em usinas termelétricas cujo calor se origina da queima de matéria orgânica. Os dois casos mais comuns são o uso de resíduos orgânicos em usinas produtoras de biocombustíveis e o aproveitamento de lixo orgânico em biodigestores.

Diferentemente do petróleo, do carvão mineral e do gás natural, os biocombustíveis não são encontrados na forma mineral, mas são produzidos diretamente a partir de matéria orgânica. Em princípio, pode-se produzir biocombustível com diversos tipos de matéria orgânica, mesmo galhos e folhas, restos de animais ou lixo orgânico. A decomposição de alguns deles pode também gerar o biogás (metano). No entanto, o que vem se destacando realmente é a fabricação de biocombustível a partir de produtos agrícolas, com destaque para a cana-de-açúcar, o milho e a beterraba na produção de etanol (que pode substituir a gasolina) e a soja e outras oleaginosas (como o dendê, a mamona e a canola) na fabricação de biodiesel (substituto do diesel).

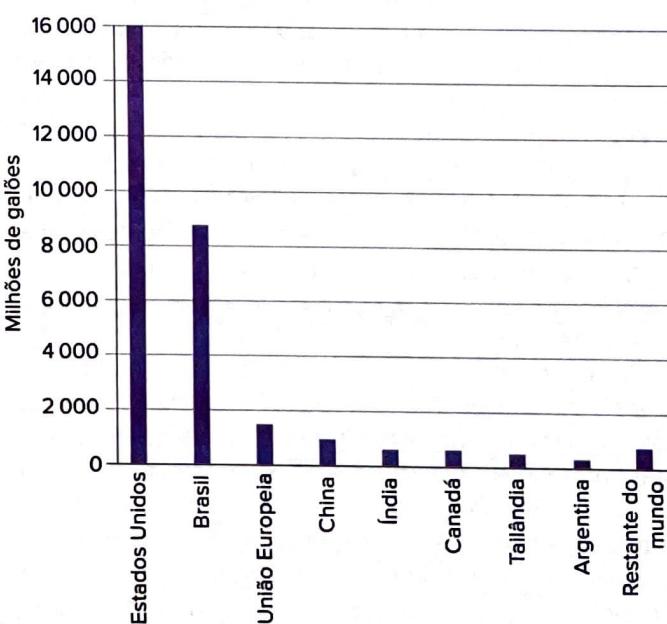
## Mundo: produção de etanol – 2019



**Fonte:** Leading biodiesel producers worldwide in 2019, by country (in billion liters). Statista, [s.d.]. Disponível em: [www.statista.com/statistics/271472/biodiesel-production-in-selected-countries/](http://www.statista.com/statistics/271472/biodiesel-production-in-selected-countries/). Acesso em: 26 out. 2020.

**Fig. 18** Apesar de China e Índia serem os maiores produtores de biomassa, a produção de biodiesel desses países é pouco expressiva.

## Mundo: produção de etanol – 2019



**Fonte:** Fuel ethanol production worldwide in 2019, by country (in million gallons). Statista, [s.d.]. Disponível em: [www.statista.com/statistics/281606/ethanol-production-in-selected-countries/](http://www.statista.com/statistics/281606/ethanol-production-in-selected-countries/). Acesso em: 26 out. 2020.

**Fig. 19** Estados Unidos e Brasil produziram, juntos, cinco vezes mais etanol que todos os outros países do mundo.

O fato de serem produzidos com matéria orgânica dá aos biocombustíveis duas possíveis vantagens em relação ao petróleo: a primeira é que, dado que a matéria orgânica para fabricá-los pode ser produzida pela atividade humana, eles podem ser considerados fontes renováveis de energia; a segunda é que, em alguns casos, o gás carbônico absorvido pelo crescimento das plantas (na geração da matéria orgânica) pode compensar aquele que será liberado para a atmosfera quando o combustível for queimado. Assim, os biocombustíveis têm também a vantagem de colaborar menos para a possível intensificação do efeito estufa.

Segundo o exemplo brasileiro, países como os Estados Unidos e, principalmente, os membros da União Europeia também tornaram obrigatória a mistura de etanol na gasolina. No início, o objetivo era apenas diminuir as importações de petróleo, mas, há alguns anos, passou a ter como foco a diminuição das emissões de gases estufa. Tal medida vem ampliando bastante a produção em outros países, sendo os Estados Unidos o maior destaque.

Mais recentemente, processo semelhante se deu com o biodiesel. Em países europeus e nos Estados Unidos, a necessidade de cumprir metas de redução de emissão de gases do efeito estufa vem estimulando fortemente a produção desse combustível, que utiliza como matéria-prima as plantas oleaginosas (como a soja e o milho) que podem ser plantadas em áreas temperadas.

Porém, nem sempre é possível considerar os biocombustíveis como fontes alternativas, limpas ou neutras em relação ao aquecimento global. Deve-se calcular quanta energia se gasta para produzi-los e quanta energia eles fornecem depois, ou seja, o balanço energético.

No caso do biodiesel de soja ou canola e do etanol de cana ou de milho, a matéria orgânica é produzida pela agricultura moderna, fundamentada no alto consumo de energia devido à mecanização e ao uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes químicos. Por isso, vem se tornando comum denominar esses combustíveis de agrocombustíveis em vez de biocombustíveis, de modo que fique clara a origem da matéria-prima que consomem.

Além da produção da matéria-prima, sua transformação em combustível também pode ser uma etapa consumidora de energia e geradora de gases do efeito estufa. É o caso típico do milho estadunidense que, para ser transformado em etanol, consome muito gás natural.

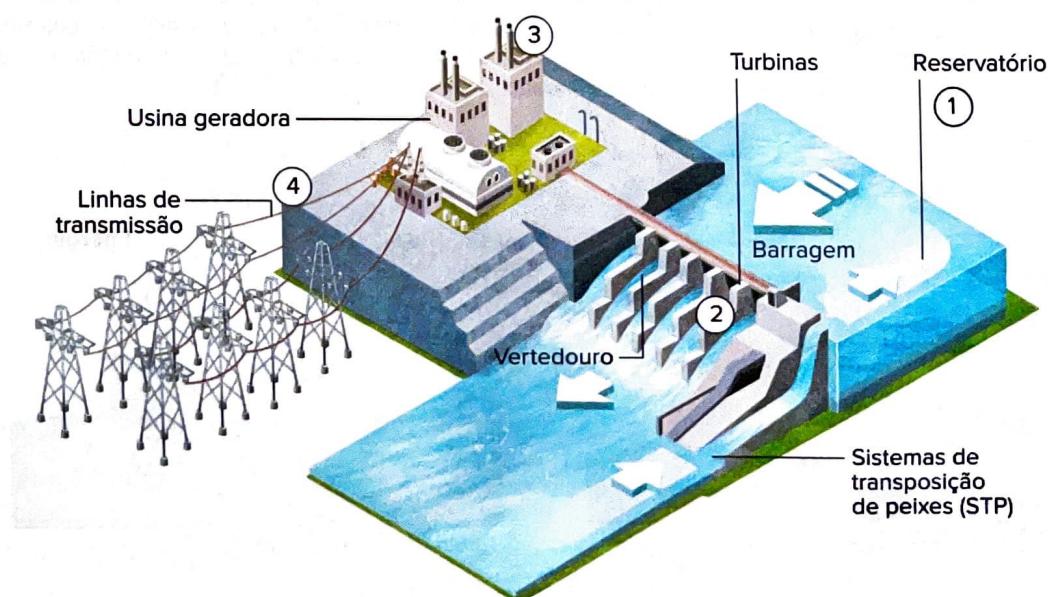
Mas, além do balanço energético, há a questão dos impactos ambientais e sociais gerados pela produção de biocombustíveis. Na questão ambiental, destacam-se o alto consumo de água e a tendência à degradação dos solos. Em termos sociais, há o problema do trabalho degradante nas plantações de cana no Brasil e, principalmente, o risco de aprofundar a crise da fome no mundo ao utilizar alimento (milho e soja, principalmente) para a geração de combustíveis para automóveis.

## Hidráulica

O aproveitamento da energia proveniente das correntes e quedas de água de rios e córregos é feito há muito tempo pela humanidade. Na zona rural, aproveitava-se o desnível da água ou do seu fluxo para acionar monjolos e moinhos para triturar variados grãos.

Entretanto, a maior importância atual desse tipo de energia está na geração de energia elétrica por meio da instalação de usinas hidrelétricas. Para isso, são necessárias algumas características naturais específicas e obras de adequação, como construção de barragem, definição da área de inundação da represa e instalação de turbinas. Rios mais caudalosos com grandes desníveis e que sofrem menos oscilação de vazão apresentam maior potencial energético.

O crescimento da instalação de usinas hidrelétricas ocorreu após o desenvolvimento das técnicas e da infraestrutura de transmissão de energia para longas distâncias. Antes disso, a energia gerada pelas hidrelétricas abastecia apenas o seu entorno. Por isso, muitas fábricas antigas estão instaladas próximas a elas. Atualmente, as linhas de transmissão e as subestações possibilitam a distribuição de energia para outras localidades.



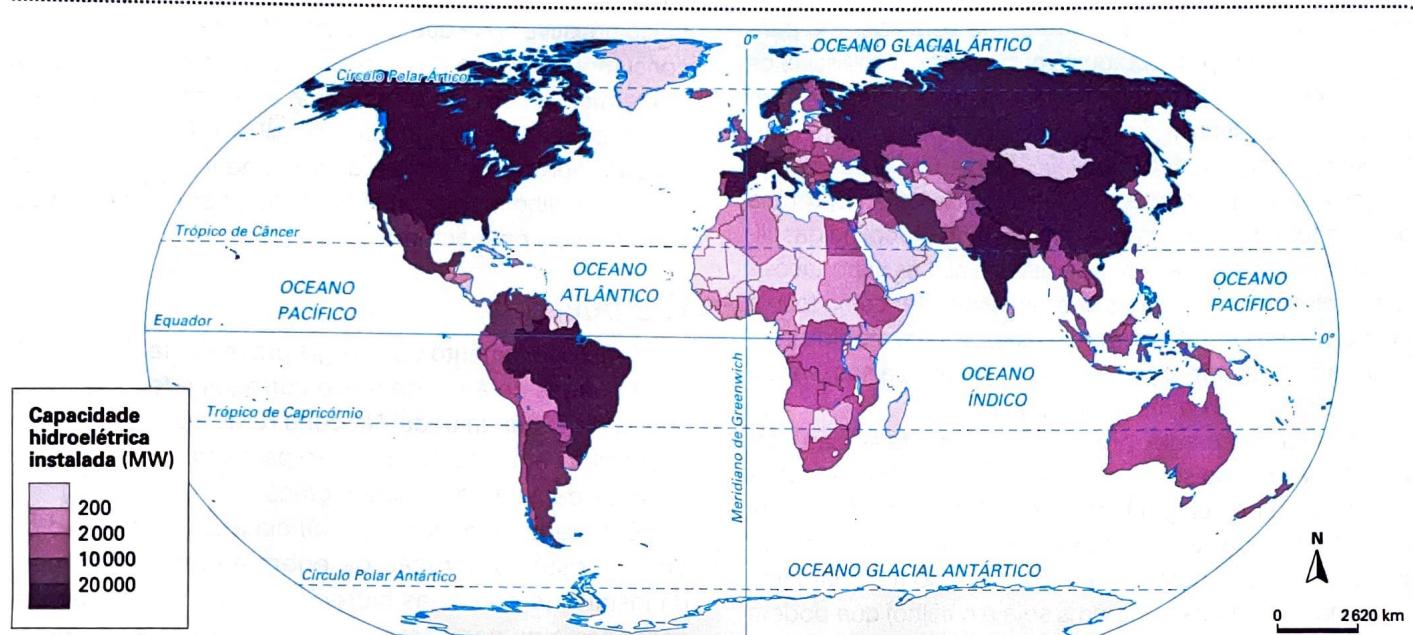
**Fonte:** GOUVEIA, Rosimar. Usina elétrica. *Toda Matéria*, [s.d.]. Disponível em: [www.todamateria.com.br/usina-hidreletrica/](http://www.todamateria.com.br/usina-hidreletrica/). Acesso em: 26 out. 2020.

**Fig. 20** As usinas hidrelétricas exigem grandes obras de engenharia para serem instaladas e necessitam de um alto investimento. Mas, se bem planejadas e executadas, geram energia a custo competitivo.

Trata-se de um tipo de energia renovável e menos poluente que a queima dos combustíveis fósseis. Porém, por inundar grandes áreas, pode provocar desmatamentos e ameaçar a fauna, sobretudo a aquática, além de forçar o deslocamento das populações atingidas. Por esses motivos, a adequada instalação de usinas hidrelétricas exige estudos de viabilidade socioambiental, assim como os demais empreendimentos para produção energética.

Os países que mais utilizam energia gerada a partir de hidrelétricas são China, Brasil, Canadá e Estados Unidos.

## Mundo: produção de energia hidrelétrica – 2019



**Fonte:** elaborado com base em IHA. *World hydropower map*. Disponível em: [www.hydropower.org/maps/worldhydropowerstatistics](http://www.hydropower.org/maps/worldhydropowerstatistics). Acesso em: 26 out. 2020.

**No mapa:** Em 2019, a China tinha a capacidade instalada de produzir 356 gigawatts de energia hidrelétrica. O Brasil, segundo país no ranking, tinha capacidade de produzir 109 gigawatts.

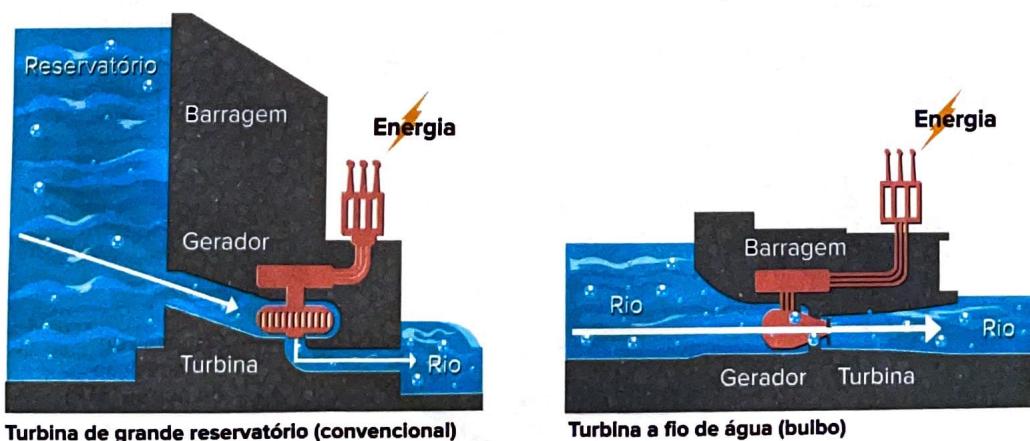
### Saiba mais

#### Os tipos de UHE

Há dois tipos principais de usinas hidrelétricas: as convencionais e as de fio de água. As convencionais são aquelas em que a construção da barragem é orientada para a constituição de um grande reservatório, que aumentará a pressão da força da água em seu deslocamento para o nível inferior, movimentando as turbinas.

Já as usinas a fio de água são aquelas em que a barragem serve apenas para regular o canal de passagem da água pela turbina (ou bulbo), aproveitando a força da vazão do rio sem a necessidade de formação da represa.

De forma geral, a construção desse segundo tipo de usina é mais rápida e barata, além de causar menos impactos socioambientais por não provocar alagamentos de grandes áreas, o que resulta em corte de mata e deslocamento de população, por exemplo. Por outro lado, em períodos de estiagem, a produção de energia é muito comprometida pela redução da vazão do rio. Nesses casos, pode ser necessário o acionamento de usinas térmicas, que são mais poluentes e geram energia a um custo mais elevado.



**Fonte:** GARCIA, Rafael. Após instalação de usinas, rio Madeira tem a maior cheia da sua história. *Folha de S.Paulo*, 19 set. 2014. Disponível em: [www1.folha.uol.com.br/ambiente/2014/09/1515787-apos-instalacao-de-usinas-rio-madeira-tem-a-maior-cheia-da-sua-historia.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2014/09/1515787-apos-instalacao-de-usinas-rio-madeira-tem-a-maior-cheia-da-sua-historia.shtml). Acesso em: 10 jan. 2019.

**Fig. 21** Usinas convencionais exigem mais interferências no meio ambiente do que as usinas a fio de água.

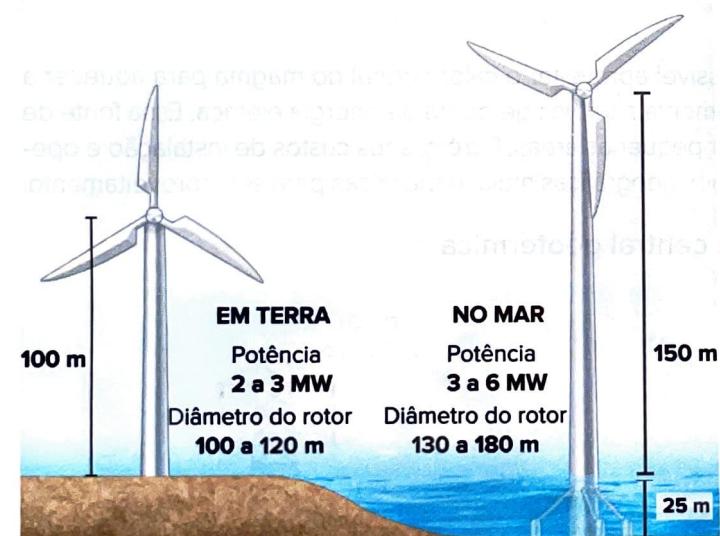
## Eólica

Os ventos têm sido aproveitados pela humanidade há muito tempo, seja para girar as pás dos grandes moinhos na Europa ou para estufer as velas das embarcações de variados povos, por exemplo.

Com o desenvolvimento técnico, os ventos passaram a gerar energia elétrica, tratando-se de uma opção muito vantajosa pelo fato de ser renovável e não gerar resíduo. Seu impacto ambiental consiste em alterar a paisagem, emitir ruído e, eventualmente, afetar rotas migratórias de pássaros.

Entretanto, para ser viável economicamente, os parques eólicos (ou fazendas eólicas), formados por um conjunto de centenas de aerogeradores, precisam ser instalados em regiões com ventos frequentes. Além disso, seu tamanho influencia o desempenho, ou seja, parques pequenos atendem apenas a necessidades locais.

Esse sistema é mais comum ao longo do litoral, onde os ventos tendem a ser mais intensos e estáveis que no interior do continente (*onshore*). Também podem ser instalados no mar (*offshore*), por um custo maior, mas com potencial de geração de energia que compensaria o investimento. A tecnologia *offshore* é utilizada em países com pequena extensão territorial ou com pouco espaço disponível para as instalações em terra.



**Fonte:** JUNGES, Cíntia. Busca por energia limpa leva parques eólicos para o alto mar. *Gazeta do Povo*, 25 maio 2016. Disponível em: [www.gazetadopovo.com.br/economia/energia-e-sustentabilidade/busca-por-energia-limpa-leva-parques-eolicos-para-o-alto-mar-9efm6bu0cuy5kaz393gm6h3d/](http://www.gazetadopovo.com.br/economia/energia-e-sustentabilidade/busca-por-energia-limpa-leva-parques-eolicos-para-o-alto-mar-9efm6bu0cuy5kaz393gm6h3d/). Acesso em: 26 out. 2020.

**Fig. 22** Existem diferentes tipos de turbinas eólicas.

Outro ponto importante é que o sistema de energia eólica pode estar interligado ao sistema elétrico (*on-grid*) e assim contribuir para a rede de fornecimento; ou não estar conectada ao sistema (*off-grid*) e atender apenas a regiões isoladas, como áreas agrícolas e ilhas.

Apesar de ter uma pequena participação na geração de energia elétrica no mundo, em torno de 2% a 3%, seu crescimento tem sido significativo e constante, cerca de 25% ao ano, indicando um futuro no qual essa fonte de energia terá maior relevância na matriz mundial.

Entre os países que mais produzem energia elétrica proveniente do vento estão China, Estados Unidos e

Alemanha. Já entre os países que mais fazem uso desse tipo de energia destacam-se Dinamarca (28%), Portugal (19%) e Espanha (16%).

## Solar

O aproveitamento da energia do Sol pode ser feito de diferentes maneiras, e seu uso é mais comum para o aquecimento de ambientes e da água (aquecedores solares). É uma fonte de energia renovável e não emite gases ou resíduos poluentes. Além disso, é uma tecnologia que se desenvolveu muito nos últimos anos, barateando seus custos de produção e instalação e melhorando sua eficiência.

Desde o final do século XX, a energia solar passou a ser explorada por meio de células fotovoltaicas (placas que realizam a conversão direta da luz em eletricidade), que podem ou não ser conectadas ao sistema elétrico (*on-grid* ou *off-grid*).

Mais recentemente, também teve início a exploração da energia heliotérmica, ou seja, o aproveitamento do calor do sol para a produção de eletricidade. Nesses casos, o calor solar é utilizado para produzir vapor de água sob pressão, que faz girar uma turbina e alimenta um gerador de energia elétrica.

Já os painéis solares podem ser instalados em telhados de estabelecimentos comerciais e residenciais, e a energia produzida pode alimentar baterias ou ser lançada no sistema. Há também extensas áreas repletas de painéis solares e espelhos, estações solares ou fazendas solares.

Por depender diretamente do Sol, o potencial de exploração em regiões tropicais é maior devido à variação de luz solar não ser muito grande durante o ano. Entretanto, os países que se destacam no aproveitamento dessa fonte de energia não são tropicais: China, Alemanha, Estados Unidos, Japão, Itália e Espanha. Isso se deve aos investimentos empenhados por esses países na busca por alternativas, especialmente, ao petróleo.

Por fim, é importante ressaltar que, em dias chuvosos ou nublados, há uma redução significativa da capacidade das células fotovoltaicas de produzir energia elétrica.

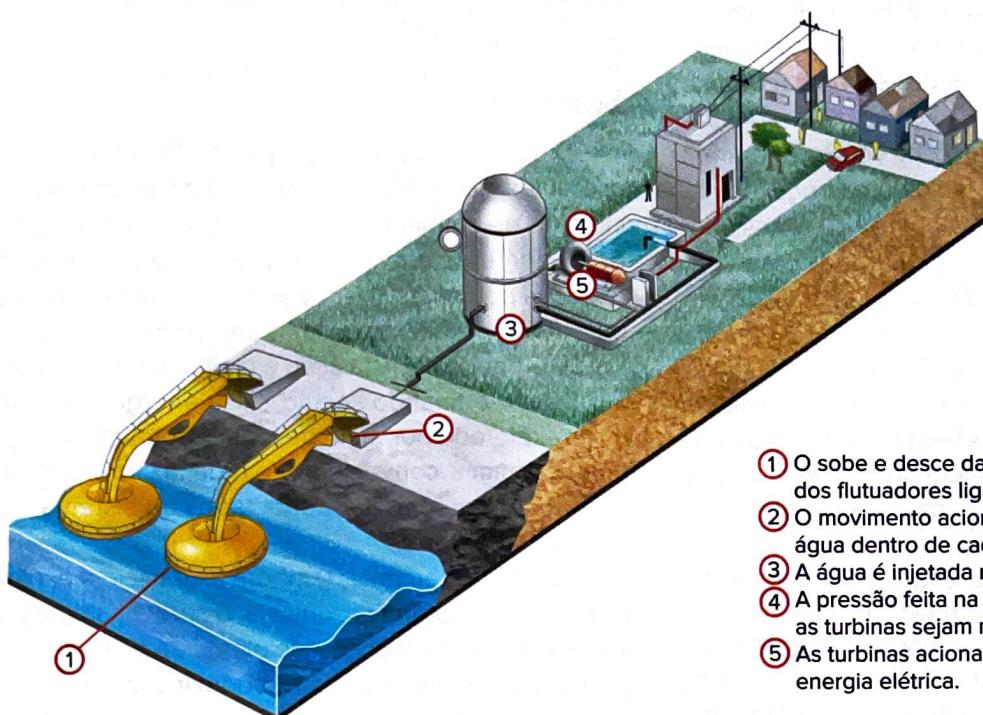
## Fontes de energia menos convencionais

Há ainda outras formas de obtenção de energia, por enquanto menos exploradas. Veja alguns exemplos a seguir e como elas podem ser aproveitadas.

### Ondomotriz e maremotriz

Tanto a energia cinética das ondas do mar (ondomotriz) quanto a energia potencial originária da variação das marés (maremotriz) podem ser aproveitadas para geração de energia elétrica. Ambas têm como vantagens serem consideradas fontes de energia inesgotável, limpa e renovável. Além disso, as marés são um fenômeno bastante previsível. Por outro lado, existem algumas dúvidas sobre possíveis impactos no meio ambiente, a construção das usinas limita-se a áreas costeiras e se trata de uma tecnologia com alto custo econômico.

## Como a força das ondas vira energia elétrica



- ① O sobe e desce das ondas movimenta água dentro dos flutuadores ligados a braços mecânicos.
- ② O movimento aciona uma bomba que pressuriza água dentro de cada flutuador.
- ③ A água é injetada numa câmara hiperbárica.
- ④ A pressão feita na câmara hiperbárica faz com que as turbinas sejam movimentadas.
- ⑤ As turbinas acionam um gerador, que produz energia elétrica.

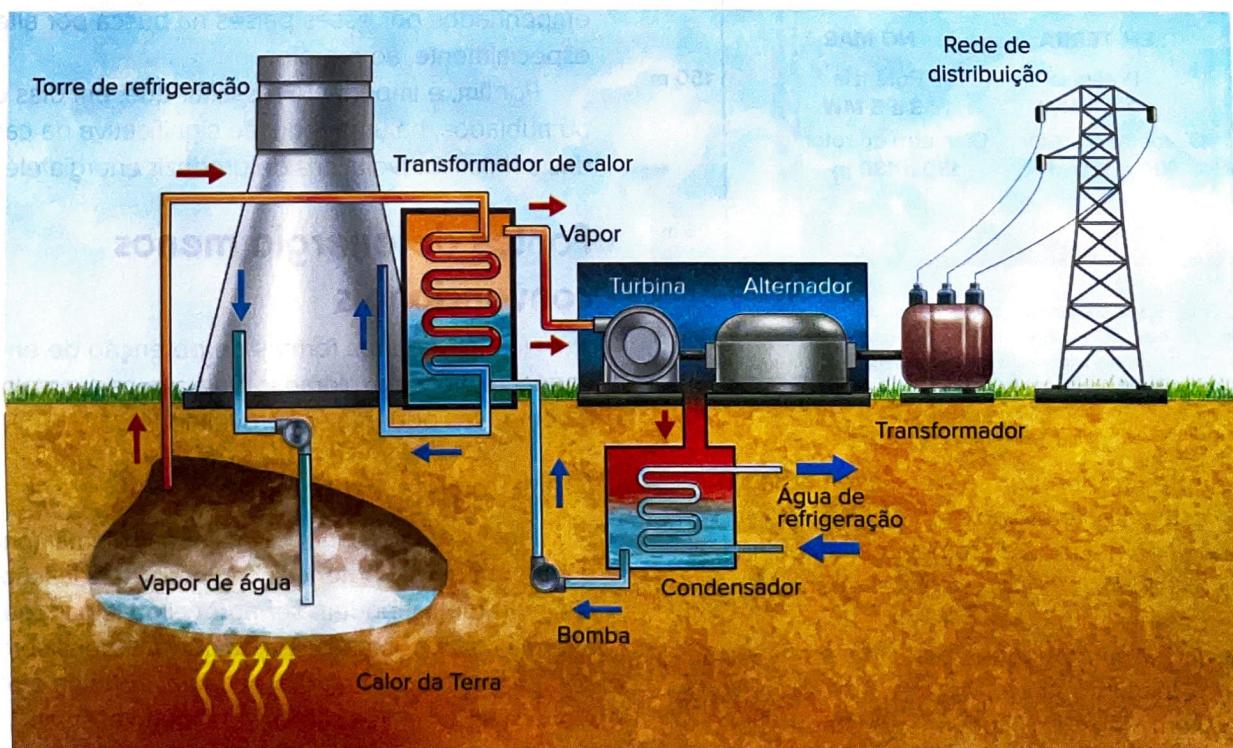
Fonte: elaborado com base em Energia das ondas no Brasil. Portal Biossistemas, 1 maio 2018. Disponível em: [www.usp.br/portalbiossistemas/?p=7953](http://www.usp.br/portalbiossistemas/?p=7953). Acesso em: 26 out. 2020.

Fig. 23 O aproveitamento da força das ondas se dá pela instalação de estruturas que oscilam com a passagem delas e assim movimentam pistões e turbinas que transformam a energia cinética em energia elétrica.

## Geotérmica – calor do interior da Terra

Em alguns pontos específicos da superfície terrestre, é possível aproveitar o calor natural do magma para aquecer a água, injetada artificialmente no subsolo, que se vaporiza e movimenta a turbina geradora de energia elétrica. Essa fonte de energia tem a vantagem de não emitir gases poluentes e ocupar pequenas áreas. Porém, seus custos de instalação e operação são altos, ela é pouco eficiente, e são necessárias condições geográficas muito específicas para seu aproveitamento.

### Funcionamento de uma central geotérmica



Fonte: Energia Geotérmica e o calor da terra. Portal Energia, 5 maio 2016. Disponível em: [www.portal-energia.com/energia-geotermica-calor-da-terra/](http://www.portal-energia.com/energia-geotermica-calor-da-terra/). Acesso em: 26 out. 2020.

Fig. 24 Esquema do aquecimento da água por meio do calor do interior da Terra, que é vaporizada e ganha pressão suficiente para acionar as turbinas geradoras de energia elétrica.