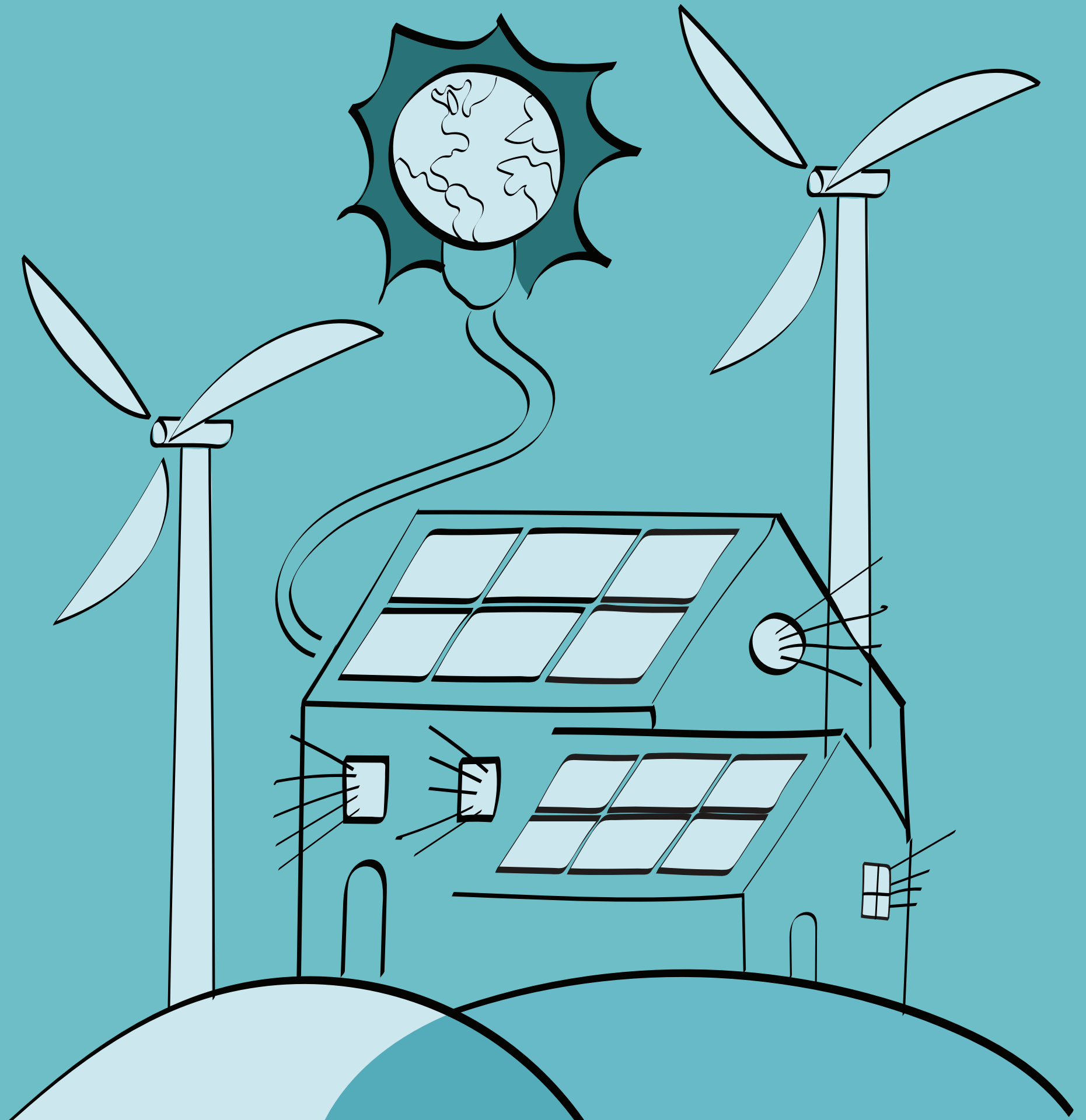


A energia

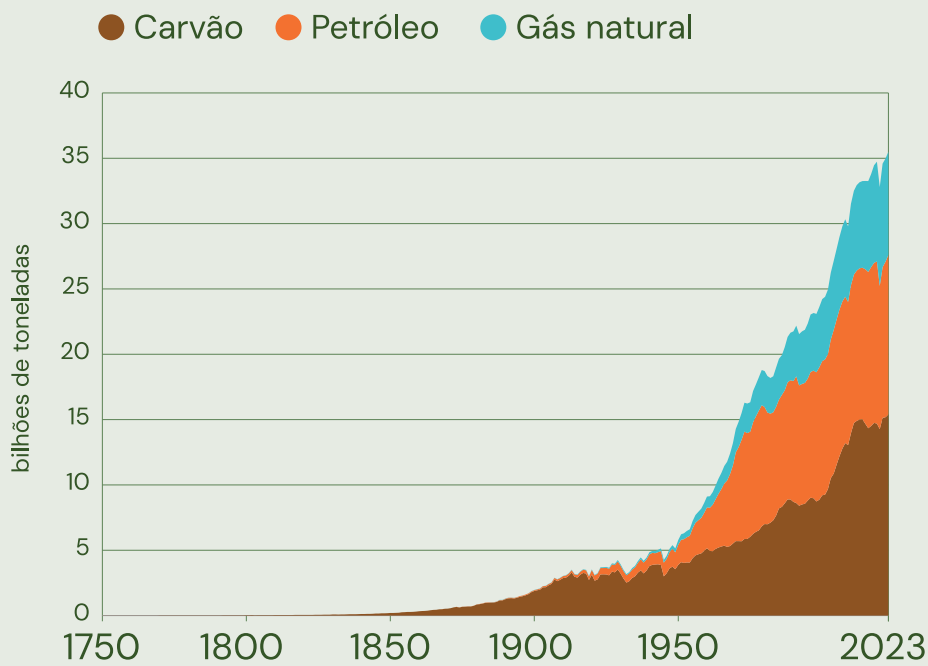


Como o sistema energético impacta o clima

Nos capítulos anteriores, mostramos como os combustíveis fósseis se formaram e por que o uso deles se tornou o principal responsável pelas mudanças climáticas. E também como as empresas petrolíferas, mesmo cientes dos efeitos negativos, optaram por negar as evidências e disseminar desinformação. Neste capítulo, exploraremos o papel predominante que os combustíveis fósseis ainda ocupam na matriz energética global e a importância de uma transição energética que seja tão rápida quanto justa para enfrentar esse problema.

De acordo com o IPCC, limitar o aquecimento global a bem abaixo de 2°C é impossível sem reduções rápidas e significativas nas emissões provenientes do sistema de energia. Atualmente, o carvão mineral, o petróleo e o gás ainda representam cerca de 80% da matriz energética global.

Emissões globais de CO₂ por tipo de combustível fóssil



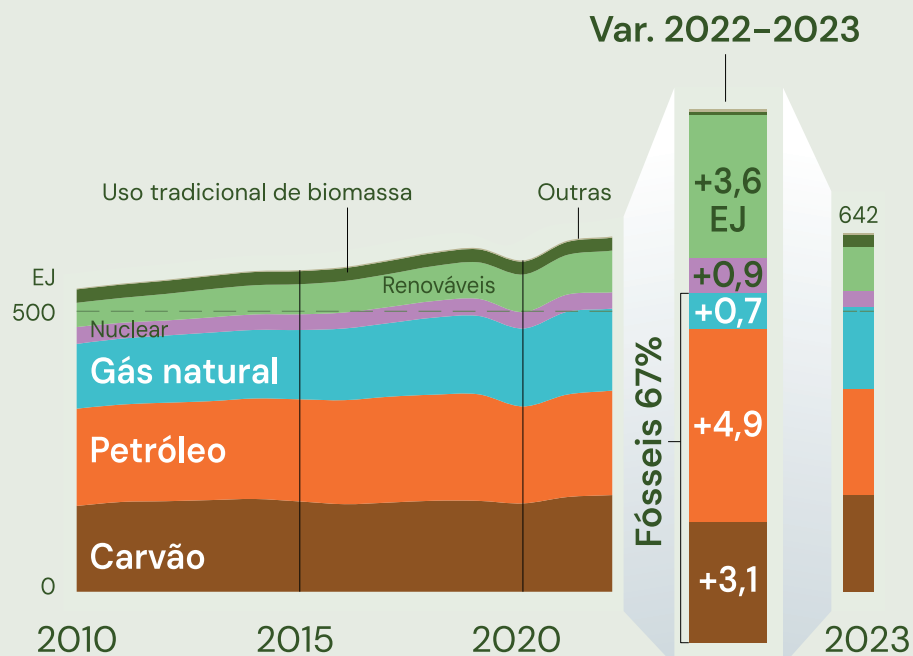
Fonte: Orçamento Global de Carbono (2024) / Our World in Data

A Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês) destaca que os investimentos em outros tipos de energia estão em crescimento, mas alerta que esse avanço não será suficiente para conter a crise climática se o uso de combustíveis fósseis não diminuir rapidamente. A agência também aponta que o progresso na transição energética pode permitir o crescimento econômico global sem depender de carvão, petróleo e gás.

Análises indicam que a demanda global pelos três combustíveis fósseis deve atingir o pico antes de 2030 e, depois disso, começar a cair. No entanto, essas tendências variam entre os países devido às diferenças nos estágios de desenvolvimento econômico e energético.

A promessa de eliminar gradualmente o carvão, o petróleo e o gás da matriz energética não passa disso. A demanda global de energia continua dominada pelos fósseis, muitos países — incluindo o Brasil — querem abrir novas fronteiras de exploração, e as nações mais pobres precisam de apoio financeiro para arcar com os custos iniciais de tecnologias de energia renovável.

Demanda global de energia



Fonte: IEA

Em 2023, após três décadas de conferências do clima, pela primeira vez foi registrada oficialmente a necessidade de “fazer a transição para longe dos combustíveis fósseis nos sistemas energéticos de forma justa, ordenada e equitativa, acelerando a ação nesta década crítica para alcançar a emissão líquida zero até 2050, em linha com a ciência”. O texto do Balanço Global apresentado na COP28, em Dubai, no entanto, foi considerado insuficiente por não incluir prazos, garantias de financiamento para essa transição e também por admitir algumas “distrações perigosas”, como falar apenas na redução progressiva do carvão (e não na eliminação).

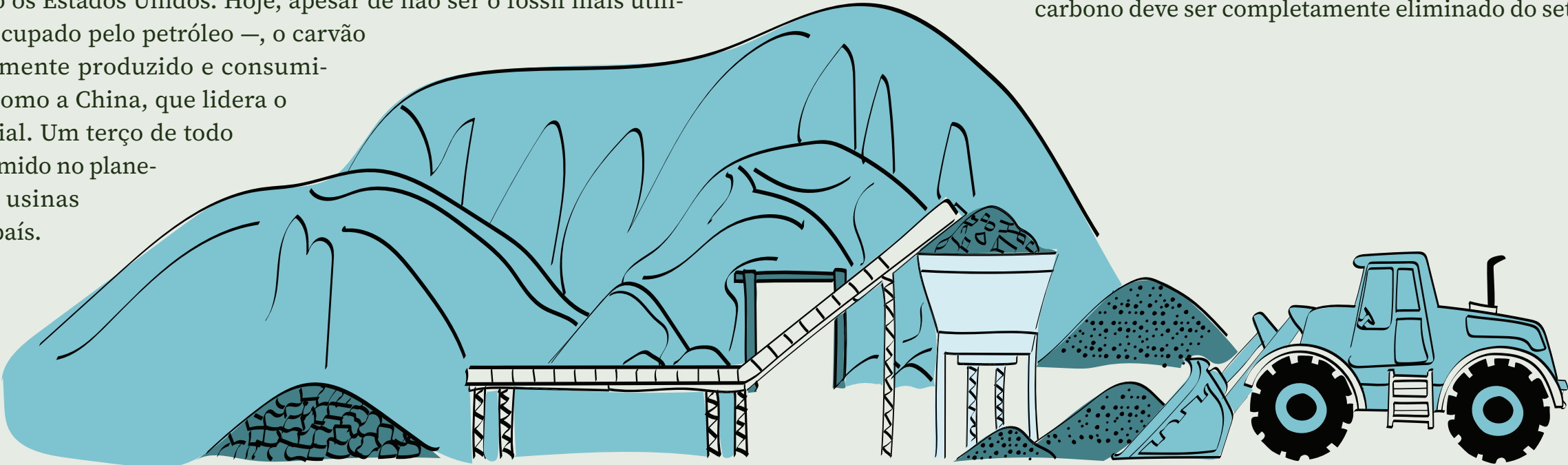
A seguir, apresentamos o panorama dos três combustíveis fósseis.

10b

Carvão: o primeiro a ser eliminado?

O carvão mineral, o mais antigo e poluente entre os combustíveis fósseis, deveria ser o primeiro a ser eliminado das matrizes energéticas. O uso dele ocorre há pelo menos 4 mil anos, mas o consumo em larga escala teve início por volta de 1760, durante a Revolução Industrial, quando passou a ser empregado como fonte de energia para máquinas a vapor e altos-fornos.

O uso se expandiu pela Europa e outros continentes, apoiando a industrialização de países como os Estados Unidos. Hoje, apesar de não ser o fóssil mais utilizado — posto ocupado pelo petróleo —, o carvão ainda é amplamente produzido e consumido em países como a China, que lidera o ranking mundial. Um terço de todo o carvão consumido no planeta é usado em usinas de energia no país.



De acordo com a IEA, o carvão é responsável por cerca de um terço da geração global de eletricidade. “Ele continuará a desempenhar um papel crucial na produção de ferro e aço até que novas tecnologias estejam disponíveis”, diz a agência.

Na maioria dos países avançados a demanda por carvão atingiu o pico há alguns anos e está em declínio. O Reino Unido, berço da Revolução Industrial, fechou sua última usina de carvão em 2024. Entretanto, nações como a Austrália continuam a expandir a produção. No Brasil, apesar de o carvão responder por apenas 4,4% da matriz energética e 1,9% da matriz elétrica, há forte pressão da indústria para manter seu uso. A Lei 14.299, de 2022, assegurou a compra antecipada de energia elétrica gerada pelo Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, formado por três usinas térmicas a carvão, até 2040.

O Observatório do Clima defende* que o Brasil deve zerar o uso de carvão mineral para geração elétrica em 2027, ano em que as termelétricas devem ser fechadas, e manter a fonte apenas para o uso industrial por curto período, com substituição do carvão mineral por fontes renováveis. Até 2050, o carvão deve ser totalmente descartado da matriz elétrica e do uso industrial no país, que deve instituir compensações socioeconômicas pela perda de empregos e a reestruturação econômica de sua região carborífica.

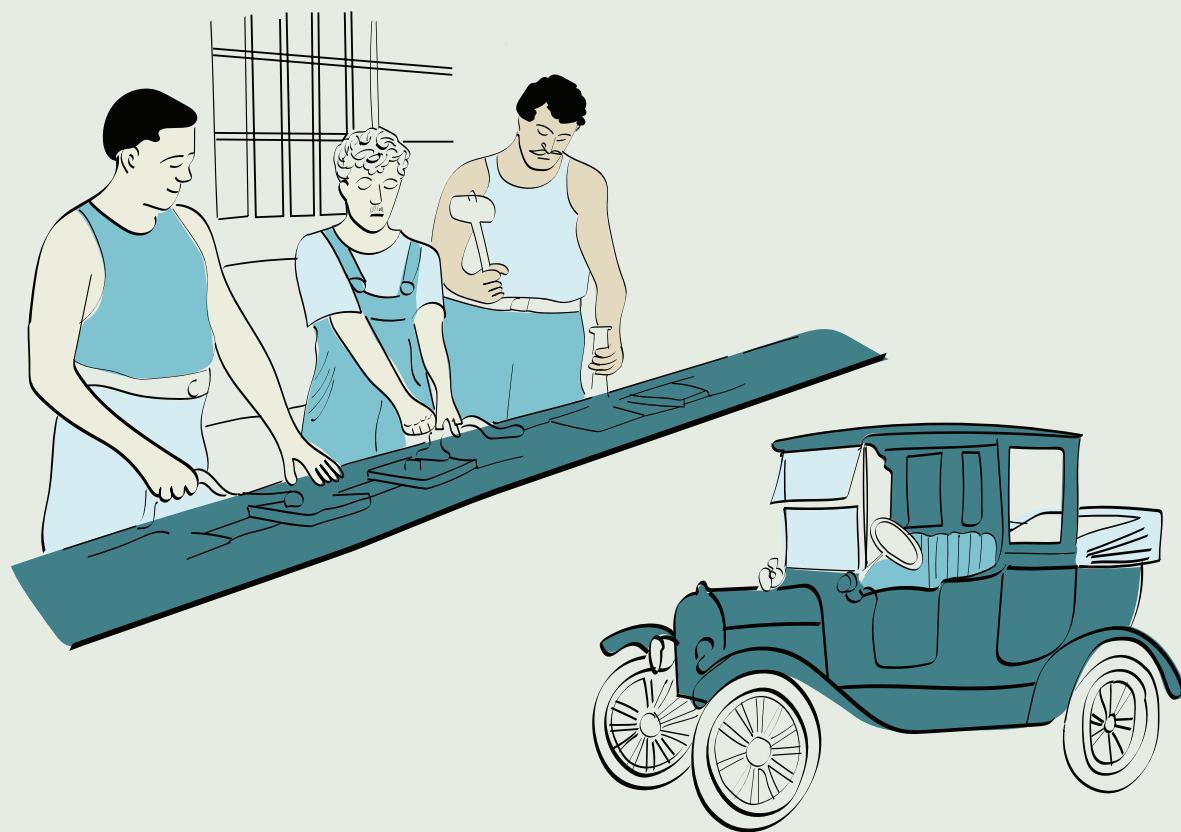
A IEA afirma que, para conter o aquecimento global, o carvão sem captura de carbono deve ser completamente eliminado do setor energético até 2040.

* Conheça o relatório “Futuro da Energia: visão do Observatório do Clima para uma transição justa no Brasil”



A ascensão e o poder do petróleo

O petróleo começou a ganhar destaque no século 19, sendo utilizado principalmente para a geração de eletricidade. Com a invenção do motor a combustão, especialmente no início do século 20, quando Henry Ford iniciou a produção em massa de automóveis, o uso do óleo avançou, fazendo com que ele atingisse um status privilegiado.



Grandes petroleiras surgiram nesse período. Negócios que deram origem às gigantes Shell e Exxon Mobil, por exemplo, começaram a se desenvolver em meados dos anos 1800. A Saudi Aramco, maior petroleira do mundo, foi fundada em 1933. Já a Petrobras, referência em exploração de petróleo em águas profundas e ultraprofundas, foi criada pelo presidente Getúlio Vargas em 1953, na esteira da campanha “O petróleo é nosso”.

Atualmente, lobistas que representam essa indústria têm passe livre nas conferências do clima. Na COP29, em 2024, por exemplo, foram registrados ao menos 1.773

representantes do lobby fóssil. Para comparação, as delegações dos dez países mais afetados pelas mudanças climáticas somaram 1.033 pessoas. A sociedade civil critica a presença da indústria fóssil devido ao poder de influência que ela exerce nas negociações climáticas.

De acordo com a IEA, o uso de petróleo para transporte deve entrar em declínio por conta do aumento na comercialização de carros elétricos. O pico de demanda também é previsto para a produção de plásticos e outros produtos químicos à base de petróleo, que ainda impulsionam o consumo global.

Segundo a agência, os países, no entanto, devem manter estoques estratégicos de petróleo para evitar interrupções graves no fornecimento que possam impactar o mercado global, como em casos de guerra. Isso não justifica, porém, abrir novas fronteiras para exploração – algo que grandes produtores de petróleo seguem planejando. Os Estados Unidos, maior produtor mundial, Canadá, em 4º lugar, e Brasil, na 8ª posição, segundo ranking do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, são exemplos de países que querem investir em novos projetos de exploração, mesmo diante do agravamento da crise climática.

No caso brasileiro, a proposta governamental de aumento de exploração tem priorizado a abertura de novas fronteiras exploratórias, mesmo em áreas ambientalmente sensíveis, como a bacia da Foz do Amazonas e outras áreas da Margem Equatorial brasileira, e a bacia de Pelotas. A opção por investir na exploração de novas reservas petrolíferas implica desviar recursos de fontes renováveis e desestimular o processo de transição da nossa matriz energética, ainda muito dependente de petróleo e gás fóssil.

O SURGIMENTO DO IMPÉRIO DAS PETROLEIRAS

Registros históricos indicam que o petróleo bruto já era utilizado por civilizações há pelo menos 6.000 anos antes da Era Cristã. Os chineses, por exemplo, usavam o produto para iluminação e aquecimento. Contudo, o primeiro poço comercialmente viável só foi perfurado em 1859, na Pensilvânia, Estados Unidos, pela *Seneca Oil Company*, fundada quatro anos antes como *Pennsylvania Rock Oil Company*.

Pouco tempo depois, a empresa pioneira perdeu espaço para a *Standard Oil Company*, criada em 1870 por John D. Rockefeller, considerado o primeiro bilionário da história. Embora reconhecido como um filantropo que fez grandes doações para a educação, Rockefeller também foi criticado por práticas trabalhistas opressivas.



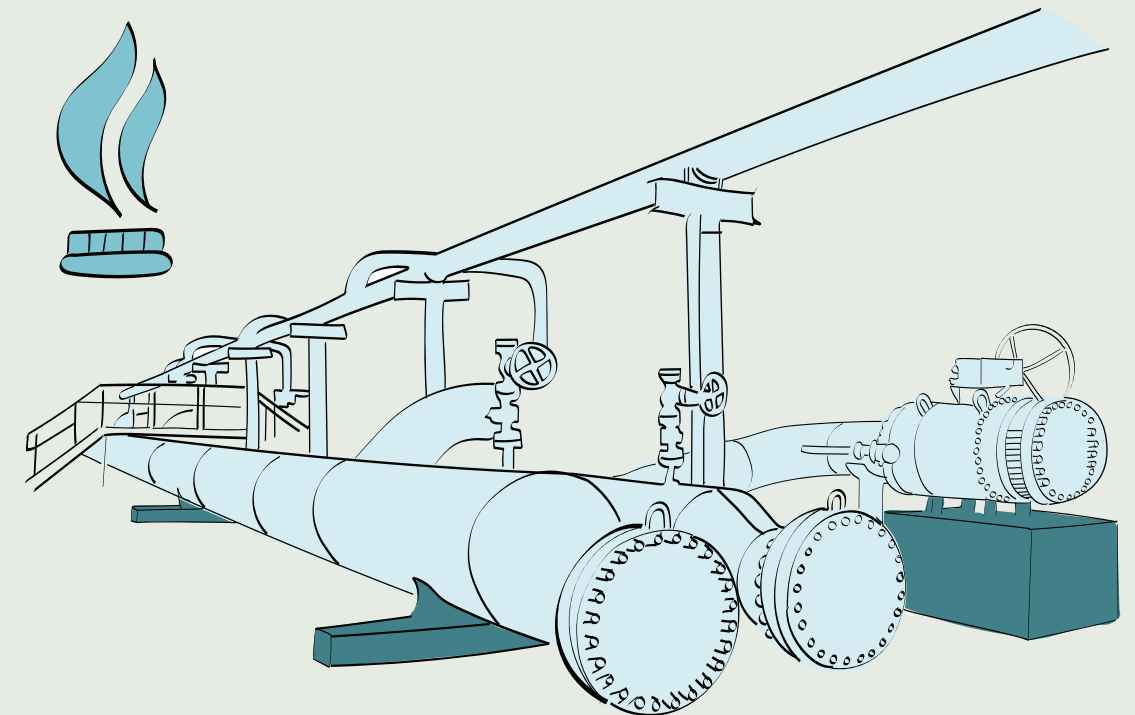
O magnata chegou a controlar cerca de 80% do mercado de petróleo, mas o monopólio dele foi dissolvido pela Suprema Corte dos Estados Unidos em 1911, com base na Lei Antitruste Sherman. A empresa foi dividida em 34 companhias. Ainda assim, anos mais tarde, o setor voltou a ser dominado por um pequeno número de grandes corporações. As empresas Standard Oil of New Jersey (Esso, depois Exxon), Standard Oil of New York (Mobil), Standard Oil of California (Socal, mais tarde Chevron), Texaco, Gulf, Royal Dutch Shell (atual Shell) e Anglo-Persian (atual British Petroleum, BP) ficaram conhecidas como as “Sete Irmãs”.

A Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), formada em 1960 por Irã, Iraque, Kuwait, Arábia Saudita e Venezuela, foi criada para romper o domínio dessas corporações.

10d

Gás: o combustível da transição?

O gás foi o último combustível fóssil a se popularizar. O consumo cresceu significativamente após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), impulsionado pelo avanço na construção de gasodutos, especialmente nos Estados Unidos. Segundo a IEA, o gás é responsável por cerca de um quarto da geração global de eletricidade.



Apresentado frequentemente como um combustível de transição para conter as mudanças climáticas, o gás ganhou espaço no texto do Balanço Global aprovado em 2023, durante a COP28, em Dubai, que destaca a necessidade de “fazer a transição para longe dos combustíveis fósseis nos sistemas energéticos”.

O principal argumento a favor do gás é que ele emite menos CO₂ do que o carvão e o petróleo. A queima de gás libera 40% menos CO₂ em comparação ao carvão para a mesma quantidade de energia gerada. No entanto, especialistas alertam que o uso contínuo de gás como fonte de energia prolonga a dependência de combustíveis fósseis, comprometendo os esforços contra as mudanças climáticas. Além disso, o gás contém metano, um gás de efeito estufa 28 vezes mais potente que o CO₂, que pode vazar durante a produção e o transporte.

Outro problema é a extração de gás por meio do fraturamento hidráulico (fracking), técnica que injeta grandes quantidades de água, areia e produtos químicos para romper rochas e liberar o combustível. O fracking não apenas consome muita energia, mas também gera impactos ambientais significativos.

Se a aposta no uso de gás fóssil para a transição já é questionada globalmente, no Brasil ela é ainda mais problemática. Diferentemente dos países nos quais a matriz elétrica é majoritariamente dependente de carvão e derivados de petróleo, o Brasil já tem as fontes eólica e solar em papel de destaque na sua matriz elétrica. Segundo o Balanço Energético Nacional, da Empresa Brasileira de Pesquisa Energética, a fonte eólica ocupa o segundo lugar e a solar, o quarto, entre as fontes que mais produziram eletricidade em 2023. A geração hidrelétrica ocupa a primeira posição e a biomassa, a terceira. O gás fóssil aparece somente em quinto lugar, indicando que a aposta em sua expansão não seria um caminho de transição, mas sim de retrocesso.

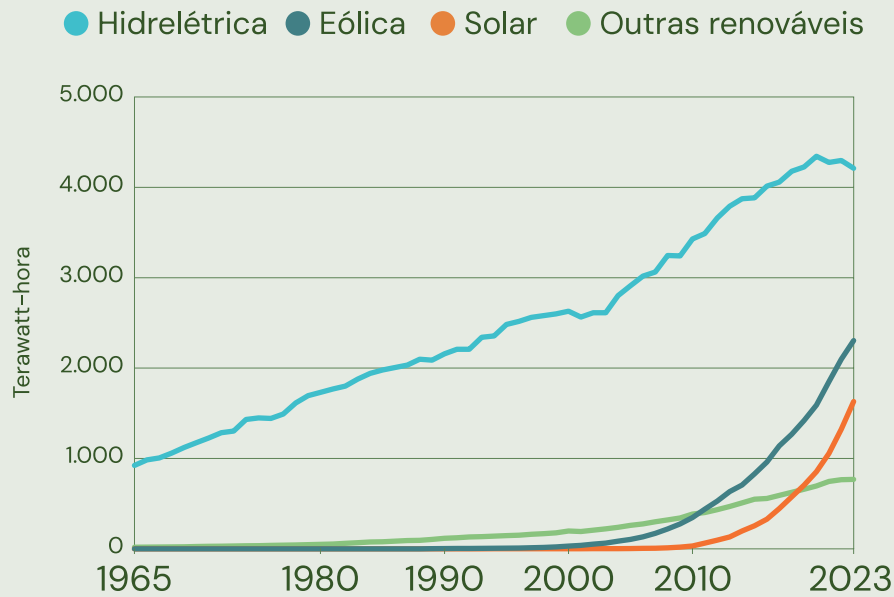
10e

A expansão das energias renováveis

A transição do atual sistema energético passa, sobretudo, pelas energias renováveis, que são geradas a partir de fontes naturais e emitem muito menos gases de efeito estufa do que a queima de combustíveis fósseis. Diferentemente das fontes fósseis, as renováveis são constantemente reabastecidas e se regeneram mais rapidamente do que são consumidas. No entanto, não existe uma “solução mágica”. As fontes renováveis também podem gerar impactos ambientais e afetar populações locais. Por isso, é essencial que essa transição energética seja sustentada por regras claras, legislações robustas e monitoramento eficiente para garantir que ela seja sustentável e justa para a sociedade.

A capacidade global de geração de energia renovável tem crescido rapidamente, especialmente as fontes eólica e solar. Enquanto a geração de energia hidrelétrica, a fonte renovável mais abundante até o momento, aumentou 22,83% entre 2010 e 2023, a geração solar e eólica registrou crescimentos de 4.961,80% (crescendo 50,62 vezes) e 566,18% (crescendo 6,66 vezes), respectivamente.

Crescimento da geração global de energia renovável por fonte

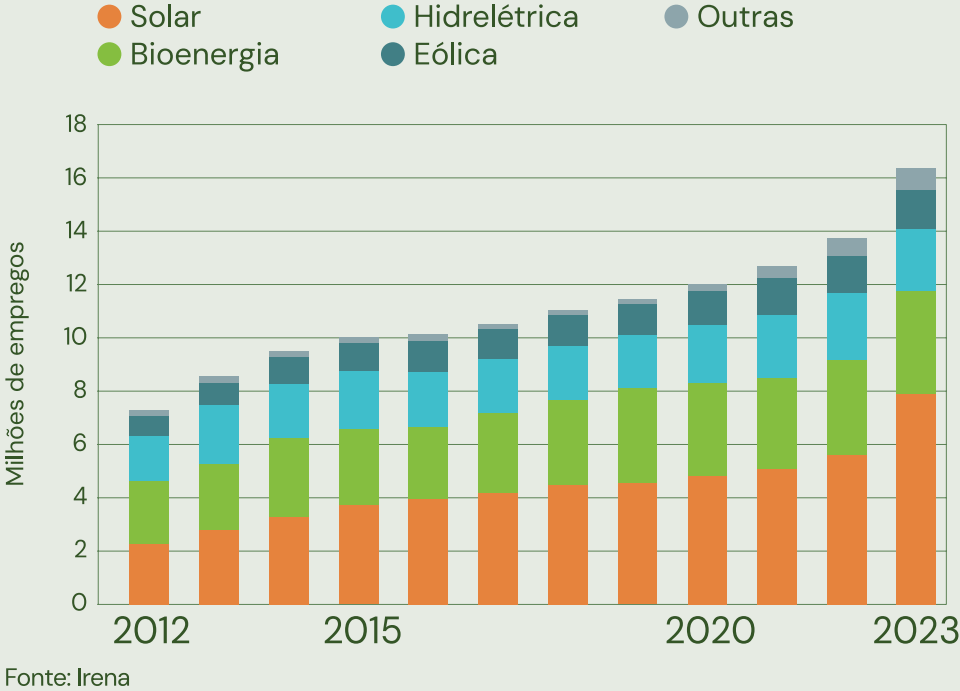


Fonte: Energy Institute – Revisão Estatística da Energia Mundial (2024) / Our World in Data

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), o setor de eletricidade é o principal beneficiado, impulsionado pelo avanço das energias solar e eólica, além da contribuição significativa das hidrelétricas. Projeções indicam que, até 2030, quase metade da eletricidade gerada no mundo virá de fontes renováveis. Contudo, é importante lembrar que a eletricidade corresponde a apenas um quinto do consumo global de energia. Por isso, as fontes renováveis ainda precisam expandir seu papel em setores como transporte e aquecimento, conforme destaca a IEA.

Além de contribuir para a descarbonização, o avanço das energias renováveis também tem gerado mais empregos. De acordo com a Agência Internacional de Energias Renováveis (Irena, na sigla em inglês), o setor empregou 16,2 milhões de pessoas direta e indiretamente em 2023, com destaque para as áreas de energia solar, eólica, hidrelétrica e bioenergia. Esse número representa um crescimento expressivo em relação a 2012, quando o setor empregava 7,3 milhões de trabalhadores.

Evolução global de empregos em energia renovável por tecnologia

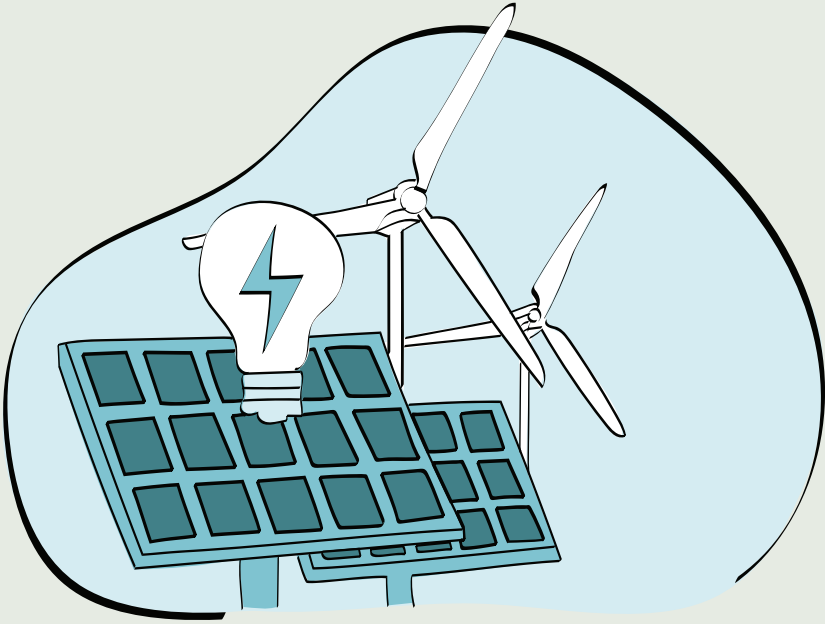


A seguir, explicamos como funciona cada fonte considerada renovável.

Solar

A energia solar é obtida por meio da conversão da luz do sol, permitindo a produção de calor, refrigeração, iluminação, eletricidade e até combustíveis. Isso é feito principalmente com o uso de painéis fotovoltaicos, que convertem a radiação solar em energia. Outra possibilidade é o uso de espelhos para concentrar e armazenar a radiação solar.

Os painéis fotovoltaicos podem ser utilizados tanto para geração de energia em larga escala quanto em pequenas instalações, como sistemas residenciais em telhados. O uso doméstico, além de ser sustentável, pode reduzir os custos da “conta de luz” das famílias.



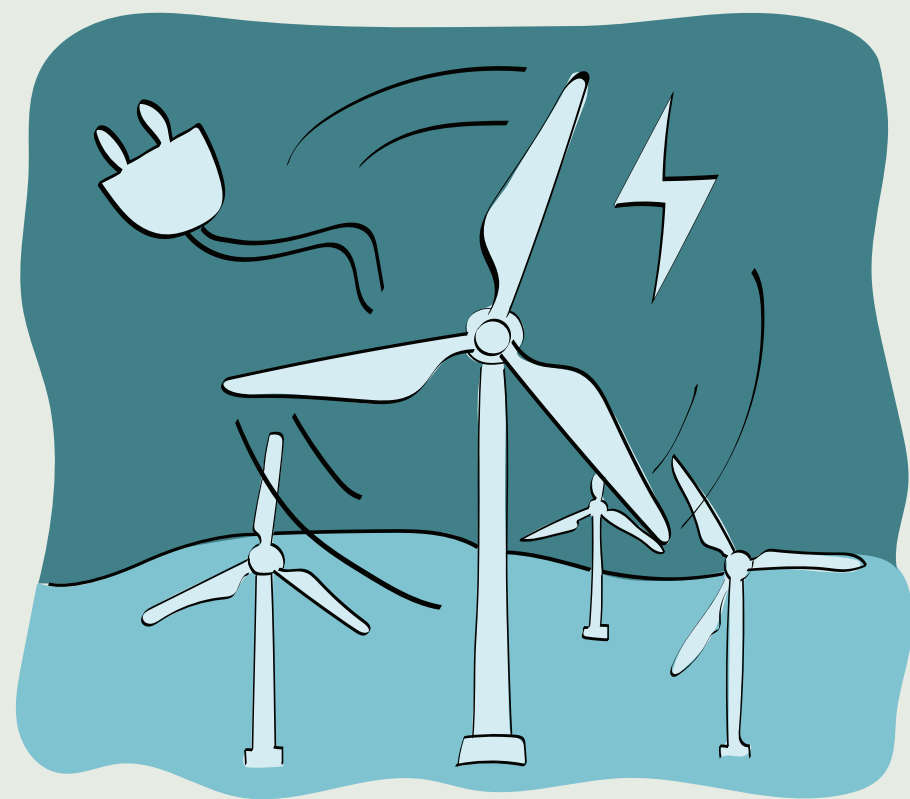
No entanto, a energia solar enfrenta algumas limitações, como a dependência das condições climáticas. Regiões com alta incidência de chuvas e nuvens podem encontrar desafios para o uso intensivo. Além disso, é fundamental adotar práticas que evitem o desmatamento de áreas destinadas a usinas solares, além de minimizar os impactos socioambientais da extração de minerais, como o silício, matéria-prima dos painéis. O investimento em reciclagem e reúso dos painéis também é essencial para reduzir o volume de lixo gerado.

Eólica

A energia eólica é gerada pelo movimento do vento, utilizando grandes turbinas que podem ser instaladas em terra (onshore) ou no mar e águas doces (offshore). Assim como a solar, é considerada uma fonte renovável variável, pois a produção depende de fatores naturais e climáticos, como a localização geográfica, as condições meteorológicas e até a hora do dia, que influenciam a velocidade dos ventos e a eficiência das turbinas.

A implantação de parques eólicos exige atenção para evitar impactos socioambientais, como o ruído que pode afetar comunidades próximas, a ocupação desordenada de terras e os riscos para a vida de aves e morcegos.

No Brasil, representantes das comunidades afetadas pela geração de energia eólica no Nordeste elaboraram em 2024 um documento com mais de cem recomendações para mitigar danos e impactos da atividade. As Salvaguardas Socioambientais para Energia Renovável* propõem um conteúdo mínimo contratual para arrendamento, que evitaria contratos desequilibrados entre empresas e pequenos proprietários ou posseiros, que arrendam suas terras para a instalação das usinas; o estabelecimento de uma distância mínima de dois quilômetros da torre eólica para edificações; a priorização de áreas degradadas para instalação de centrais, o que evitaria mais desmatamento; e estudos sobre poluição sonora.



* Leia mais sobre salvaguardas socioambientais:

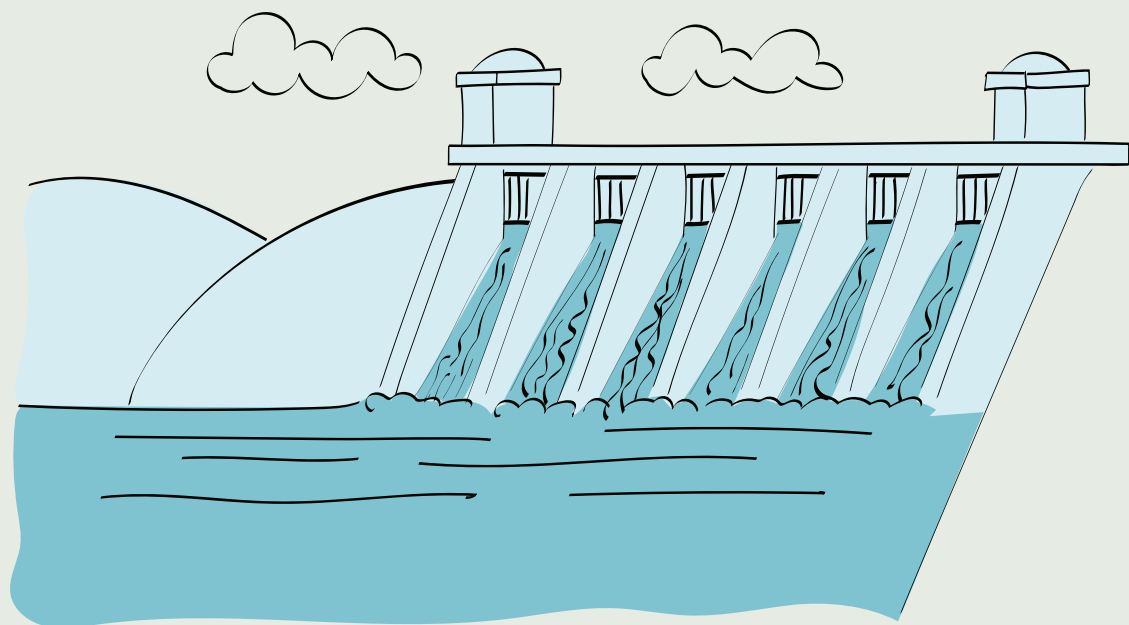


Hidrelétrica

A energia hidrelétrica é gerada pela água represada em movimento, que se desloca de áreas mais altas para mais baixas. Pode ser obtida em rios ou reservatórios que, além de produzir energia, podem ser usados para abastecimento de água potável, irrigação e controle de eventos extremos, como enchentes e secas.

Embora a produção possa ser impactada por mudanças nos padrões de chuva, essa é uma fonte mais previsível que a solar e a eólica, principalmente em usinas com barragens e tecnologias de controle de fluxo d'água.

Hidrelétricas de menor porte, instaladas em áreas de baixo impacto ambiental, são as ideais, pois grandes estruturas, como a usina de Belo Monte, no Pará, provocam graves danos à vegetação, à fauna e às comunidades locais. Além disso, a construção de hidrelétricas em larga escala demanda grandes volumes de cimento, cuja fabricação emite altos níveis de gases de efeito estufa.



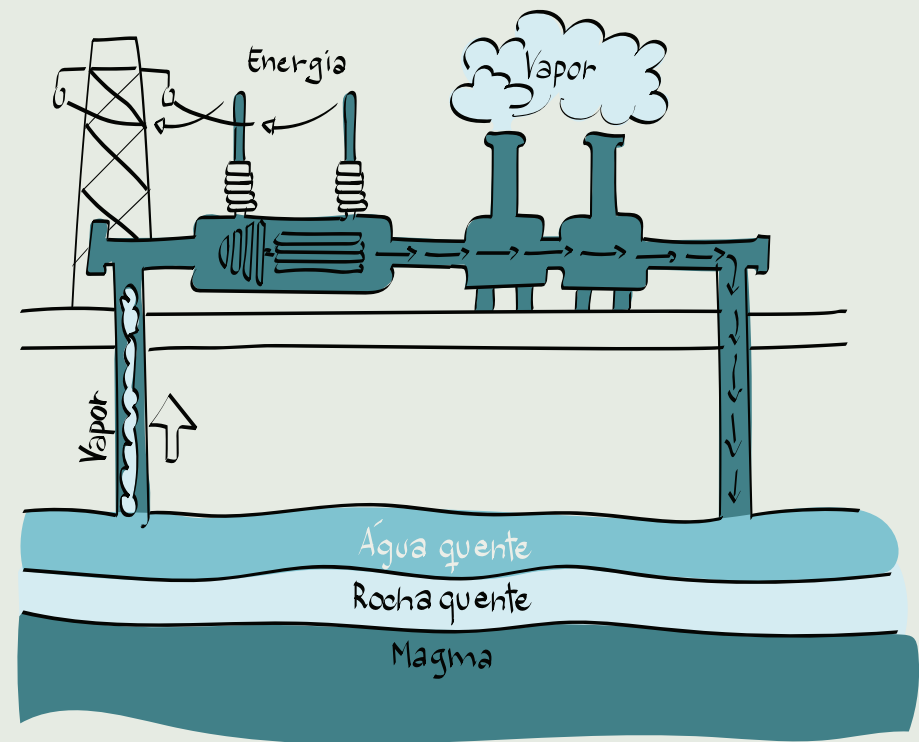
Geotérmica

De aplicação mais limitada, a energia geotérmica é gerada pelo calor do interior da Terra, extraído de reservatórios geotérmicos por meio de poços. Esse calor pode ser usado para produzir eletricidade ou aquecer ambientes. Alguns reservatórios contêm água naturalmente aquecida pelo núcleo terrestre, graças às rochas quentes que absorvem o calor do magma na crosta terrestre.

Essa fonte é mais abundante em regiões próximas a bordas de placas tectônicas, onde há maior movimentação capaz de causar fraturas na crosta. Segundo a IEA, a

energia geotérmica pode fortalecer a segurança energética em países dependentes do carvão, como China e Índia, e complementar a geração solar e eólica na Europa e nos Estados Unidos.

A agência também explica que o investimento em energia geotérmica é benéfica para a indústria de petróleo e gás, devido ao conhecimento do subsolo e reaproveitamento da tecnologia de perfuração, o que pode reduzir rapidamente os custos. Outra vantagem é o reaproveitamento da mão de obra qualificada do setor. “Muitas pessoas que trabalham com geotérmica hoje vieram do setor de petróleo e gás”, diz a IEA.

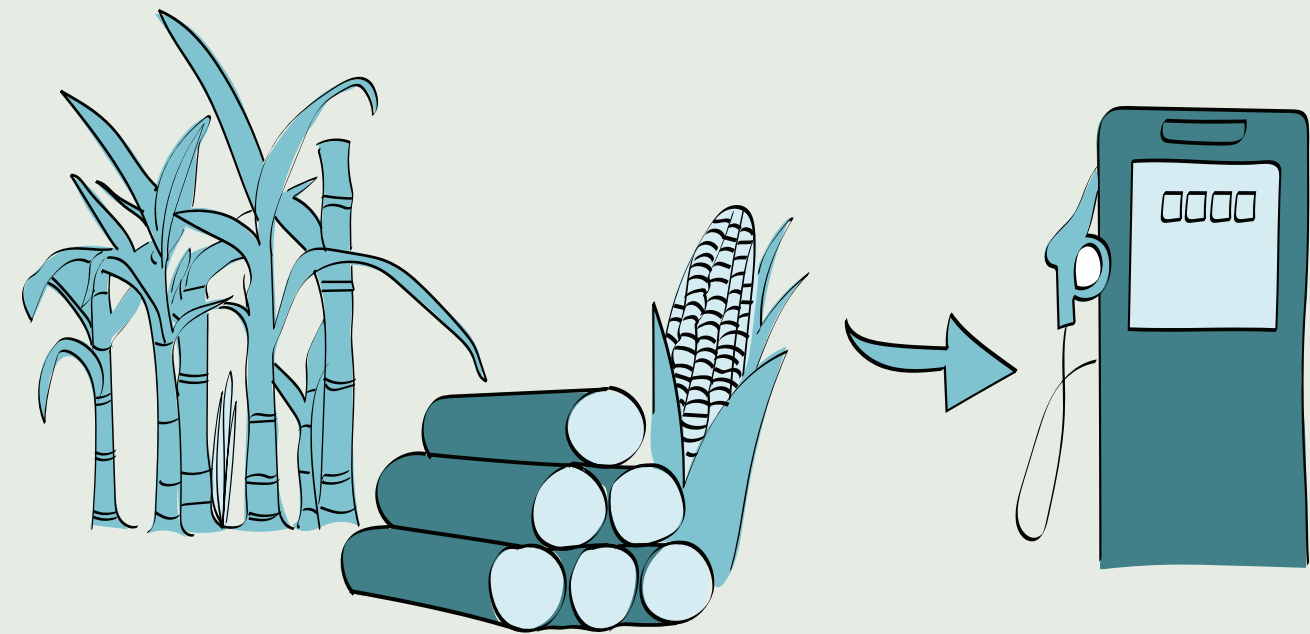


Maremotriz

Também conhecida como energia das marés, é obtida a partir dos movimentos naturais de subida e descida do nível do mar. Turbinas instaladas em barragens costeiras convertem a força da água em energia elétrica, durante o enchimento nas marés altas e a liberação nas marés baixas. Essa tecnologia já é utilizada em países como França e Coreia do Sul.

Bioenergia

A bioenergia é produzida a partir de materiais orgânicos, como a cana-de-açúcar, e inclui biocombustíveis líquidos, gasosos e sólidos. É chamada de “bioenergia moderna” porque exclui o uso tradicional de biomassa, como madeira e carvão vegetal usados para cozinhar, que são prejudiciais à saúde e ao meio ambiente.



Embora seja importante para gerar eletricidade, a bioenergia também pode ser usada em setores difíceis de eletrificar, como aviação e transporte marítimo, além de ser uma alternativa para a transição energética no setor industrial, de transporte e edifícios, área que precisa de energia para construção, aquecimento, resfriamento, iluminação e funcionamento de equipamentos. No setor de transportes, por exemplo, os biocombustíveis podem acelerar a transição energética junto com a expansão de veículos elétricos.

De acordo com a IEA, a bioenergia moderna é mais acessível economicamente do que o hidrogênio e os e-combustíveis (combustíveis eletrônicos ou sintéticos), que utilizam carbono capturado na composição.

A controvérsia do uso de usinas nucleares

O uso de energia nuclear como alternativa aos combustíveis fósseis é um tema polêmico que gera debates entre cientistas, gestores públicos e a sociedade civil. Essa fonte de energia tem alta capacidade de geração e é considerada limpa em relação às emissões de carbono. No entanto, apresenta custos elevados e envolve riscos significativos para o meio ambiente e a saúde humana.

Os desastres nucleares de Chernobyl (Ucrânia, 1986) e Fukushima (Japão, 2011) são os exemplos mais marcantes dos perigos associados à exploração desse tipo de energia. Esses eventos resultaram na destruição de ecossistemas, mortes, adoecimento de milhares de pessoas expostas à radiação e impactos sociais e econômicos profundos que perduram até hoje.



Obtida a partir da divisão de átomos de metais como urânio e plutônio, chamada de fissão nuclear, esse tipo de energia é usada principalmente para produzir eletricidade, o que é feito por meio de usinas term nucleares. Nessas usinas, reatores controlam a fissão de átomos, gerando calor e aquecendo água. Transformada em vapor, essa água movimentada as turbinas que criam eletricidade. Segundo a IEA, a energia nuclear é responsável por cerca de 10% da geração global de eletricidade. Em países desenvolvidos, esse percentual pode chegar a 20%. Entre os maiores produtores de energia nuclear estão Estados Unidos, China, França, Japão e Rússia. Além de perigosa, a energia de fissão nuclear custa mais caro do que renováveis como a eólica, a solar e a hidrelétrica. Também demanda mais tempo para ser implementada e depende de fontes (principalmente o urânio) que, apesar de abundantes, não são renováveis e um dia se extinguirão.

No caso brasileiro, as duas usinas nucleares em operação, Angra 1 e Angra 2, representam juntas pouco mais de 1% da eletricidade gerada e da capacidade instalada. Outra usina, Angra 3, está em construção desde 1984. Em 2018, o Instituto Escolhas publicou um estudo mostrando que interromper a construção de Angra 3 e desmontar o que já havia sido feito sairia mais barato do que terminar a obra e gerar eletricidade durante muitos anos.

O Observatório do Clima defende o encerramento, já em 2026, da geração nuclear, justificado pelos seus altos custos e riscos. O Brasil deve considerar como diretrizes o fechamento de Angra 1 em 2025, com o fim da licença operacional, assim como o fechamento de Angra 2 no mesmo ano, antes do encerramento de sua vida útil, com a rescisão do contrato de operação. Também devem ser levadas em conta a não criação de novas usinas nucleares e a não exploração de urânio, com prazo para descomissionamento de Caetité. A energia nuclear para a geração de eletricidade deve ser zerada, podendo ser considerada somente no meio militar para outros usos — por exemplo, em submarinos movidos por reator nuclear.