

4

# A GERAÇÃO DE ENERGIA HOJE

Processos de transformação em larga escala

NO ÚLTIMO SÉCULO, A MAIOR PARTE DAS SOCIEDADES CONSTITUIU COMPLEXOS REGIMES DE ENERGIA ENVOLVENDO DIFERENTES FONTES, MODOS DE TRANSFORMAÇÃO, DE ESTOQUE E USO. PETRÓLEO, HIDRELETRICIDADE E FISSÃO NUCLEAR SE JUNTARAM AO CARVÃO, AO VENTO E AOS MÚSCULOS PARA DAR POTÊNCIA AO MUNDO ATUAL.





O MODO DE VIDA DAS SOCIEDADES HUMANAS, inclusive seu adensamento populacional em cidades, está fortemente relacionado a um complexo sistema de energia, que encurta as distâncias, permite a fabricação de bens de consumo e facilita a difusão de informação e conhecimento pelos meios de comunicação. Com o advento da Revolução Industrial, passamos a associar o controle da energia à prosperidade e ao bem-estar. Para entender melhor esse processo é preciso conhecer como produzimos energia hoje.

## Produção de energia elétrica em larga escala

As principais formas de transformação de uma fonte primária de energia em energia elétrica podem ser divididas em termelétricas; usinas nucleares; hidrelétricas; e fontes alternativas (principalmente energia solar e eólica), estas tratadas especialmente no último capítulo deste caderno.

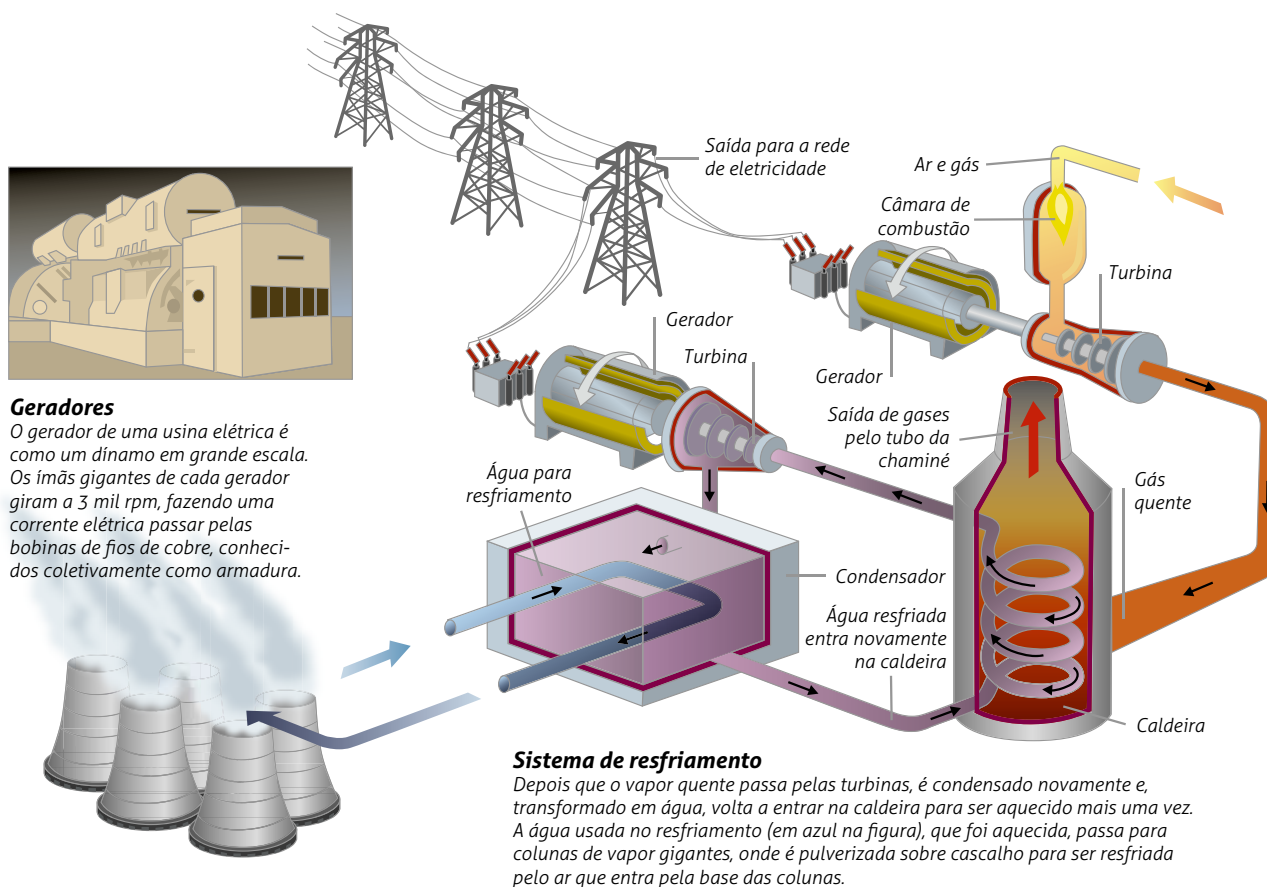
Na maior parte do mundo, prevalecem as centrais energéticas que usam fontes não-renováveis. Elas representam 80% da geração mundial de energia. As mais importantes são o carvão mineral, o gás natural, o petróleo e o urânio. Hoje, a geração de energia elétrica por essas fontes ocorre, sobretudo, nas usinas termelétricas e nucleares. Esta é a principal forma de geração de energia elétrica dos países ricos e de nações em desenvolvimento, como Estados Unidos e China. No Brasil, as termelétricas representam cerca de 20% da capacidade de geração instalada, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

## As usinas termelétricas

Essas usinas podem ser movidas por fontes não-renováveis, como carvão mineral, gás natural, óleo diesel ou outros derivados do petróleo. Há, ainda, as termelétricas que utilizam fontes renováveis, como bagaço de cana, palha de arroz, carvão vegetal, biomassa proveniente da avicultura ou suinocultura, dentre outros.

O processo básico de funcionamento de uma termelétrica está baseado na conversão de energia térmica em energia mecânica e desta, através de processos eletromagnéticos, em energia elétrica. Dependendo do tipo da fonte utilizada, observaremos maiores ou menores impactos no ambiente. Geradores termelétricos que utilizam fontes não-renováveis de energia primária são os que causam maiores impactos, pois, no processo de queima desses combustíveis, grandes quantidades de gases poluidores são lançadas à atmosfera. O principal produto da combustão dessas fontes é o  $\text{CO}_2$ , um dos principais agentes do efeito estufa. As quantidades lançadas na atmosfera vão depender das características próprias de cada usina e do tipo de combustível utilizado.





Exemplo de uma termelétrica a gás com o uso de ciclo combinado.

Além do efeito estufa, outros impactos estão diretamente associados às emissões de gases por termelétricas, tais como a chuva ácida, que ocorre devido ao aumento da concentração de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO e N<sub>2</sub>O) na atmosfera.

Além de todos os compostos gasosos emitidos por centrais termelétricas, ressalta-se ainda, no caso da utilização do carvão fóssil, a importância negativa das emissões de cinzas carregadas de metais pesados. As cinzas geradas e emitidas pelas termelétricas são espalhadas pela ação dos ventos em uma grande área territorial, precipitando-se sobre solo, rios e lagos, provocando degradações no ambiente.

Na China, cerca de 70% da energia são gerados por termelétricas movidas a carvão. O país é um dos maiores poluidores do mundo. O Banco Mundial estima que 400 mil chineses morram por ano devido à poluição do ar.

Atualmente, a biomassa como combustível em termelétricas é considerada uma alternativa de fonte renovável para produção de eletricidade em larga escala. Uma das vantagens está associada aos seus baixos índices de emissão de  $\text{CO}_2$ . Se a biomassa for produzida respeitando critérios de sustentabilidade, praticamente todo o  $\text{CO}_2$  liberado na queima do material será extraído da atmosfera durante a fotossíntese realizada pelo cultivo de material de reposição.

Porém, uma grande preocupação quanto à difusão do uso da biomassa está na perda da biodiversidade e de solos para a produção de alimentos. No Brasil, o uso mais promissor da biomassa para gerar eletricidade está na utilização do resíduo de cana-de-açúcar ainda pouco processado para geração de energia e abastecimento do sistema elétrico.

## As usinas nucleares

Outra possibilidade de gerar energia elétrica, muito utilizada em todo o mundo, é a usina nuclear, que fundamentalmente produz energia elétrica de forma semelhante a uma termelétrica convencional. A grande diferença é o processo pelo qual a água é aquecida para produzir o vapor – esse calor vem da fissão (divisão) de átomos de urânio-235.

Até fins do século XIX, o átomo era considerado a menor porção em que se poderia dividir a matéria. Mas as descobertas do próton e do elétron revelaram o equívoco dessa ideia. Posteriormente, o reconhecimento do nêutron e de outras partículas subatômicas reforçou a necessidade de revisão do conceito de átomo. Novos estudos sobre as partículas subatômicas devem revolucionar os conceitos de matéria e energia.

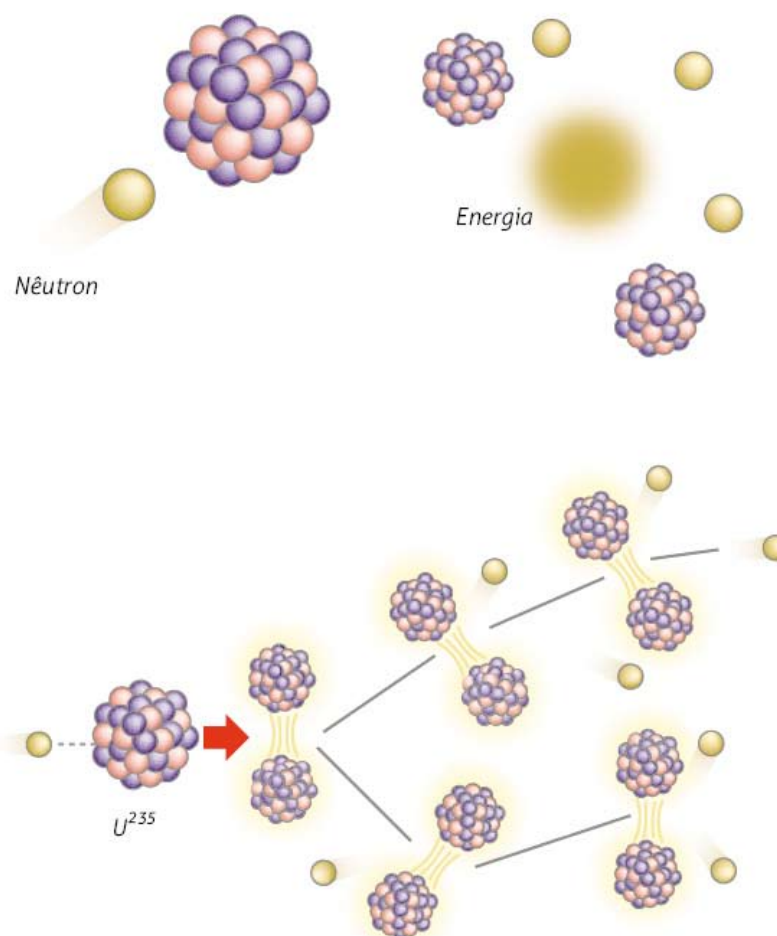
Átomos de uma mesma substância química podem ser isótopos, ou seja, ter o mesmo número de prótons, mas diferentes números de nêutrons. No caso do urânio, o isótopo mais comum na natureza é o do urânio-238. O número 238 significa que ele tem 92 prótons e 146 nêutrons no núcleo. Bem mais raro que o urânio-238 é o urânio-235, que tem 92 prótons e 143 nêutrons. O átomo de urânio-235, usado para gerar energia em usinas nucleares, tem características que o tornam um combustível importante para a fissão nuclear.

Esse processo começa quando o átomo de urânio-235 é bombardeado com um nêutron externo de velocidade relativamente baixa (os nêutrons térmicos). Assim, o urânio-235 incorpora esse nêutron ao seu núcleo. Isso torna o elemento “instável” e o divide em elementos químicos mais leves, em outros nêutrons e, conseqüentemente, promove a liberação de grandes quantidades de energia.

Se houver um número suficiente de átomos de urânio-235, os nêutrons liberados por um átomo podem provocar um efeito dominó, iniciando uma reação em cadeia. A energia total liberada pode ser gigantesca.

Em linhas gerais, é esta a sequência de etapas que ocorre no interior de um reator nuclear. O calor resultante desse processo aquece a água, que, ao ser transformada em vapor sob alta pressão, faz girar uma turbina e esta, por fim, aciona o gerador de eletricidade.

Para evitar que a fissão em cadeia dos átomos de urânio-235 saia de controle, gerando calor em excesso de forma destruidora, o processo precisa ser moderado. Isso é feito por meio de varas colocadas junto ao urânio-235, contendo átomos de elementos químicos que tenham a propriedade de absorver nêutrons. O boro é um dos elementos usados nesse processo em usinas nucleares. Assim, a quantidade de boro colocada junto ao urânio-235 pode controlar a taxa de reações de fissão e, conseqüentemente, a quantidade de energia térmica produzida. Quando esse controle é deficiente, podem ocorrer explosões como a que destruiu a usina nuclear de Chernobyl, na Ucrânia, em 1986. Foi o pior acidente de uma usina nuclear da história da humanidade. A explosão produziu uma nuvem de radioatividade que atingiu a ex-União Soviética, a Europa Oriental, a Escandinávia e o Reino Unido.



*Fissão do átomo de urânio-235 para a liberação de energia.*

A GERAÇÃO DE  
ENERGIA HOJE

No Brasil, a energia nuclear representa 1,8% da geração nacional, advinda de duas usinas nucleares, Angra 1 e Angra 2. Elas fazem parte da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, criada na década de 1950, no início do Programa Nuclear Brasileiro. A potência total das usinas é de 2.007 MW, dos quais 657 MW em Angra 1 e 1.350 MW em Angra 2. A primeira delas, Angra 1, entrou em funcionamento em 1982, e Angra 2 só começou a operar em 2000. Está em construção a usina nuclear de Angra 3, com capacidade idêntica à de Angra 2, e com o início das operações previsto para 2014. +

*Usinas nucleares de Angra 1 e 2, na praia do Itaorna, município de Angra dos Reis (RJ).*

## CONSULTE A FICHA

**Número 3 – Energia e Cidadania / Energia Nuclear – polêmica à vista**

Nela você encontrará sugestões para abordar este tópico e desenvolver atividades com seus alunos.

## As usinas hidrelétricas

Há mais de dois mil anos o homem descobria como obter energia da correnteza dos rios para acionar seus moinhos, seja diretamente ou construindo barragens e canais de desvio. Os princípios básicos aplicados para aproveitar a força das águas para mover as moendas de grãos são ainda os mesmos utilizados nas modernas usinas hidrelétricas. O funcionamento de uma hidrelétrica consiste na transformação da energia cinética do deslocamento de grandes massas de água em energia mecânica e, desta, por processos eletromagnéticos, em energia elétrica.

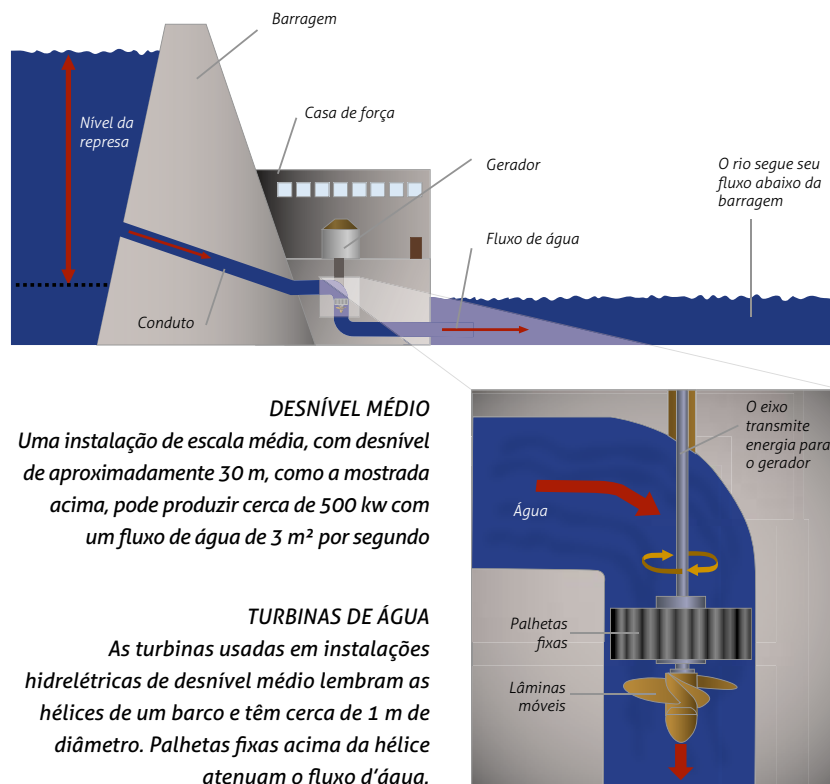
A energia produzida é medida em MWh e depende de duas variáveis: o volume de água do rio e a diferença de nível entre o reservatório e o rio depois da barragem. A construção de barragens é importante para regular o nível de água para a hidrelétrica, garantindo a geração de energia mesmo em épocas de secas.



Para saber mais: <http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf>

O Brasil, graças às características físicas do seu território, está entre os países de maior potencial técnico de aproveitamento hidrelétrico do mundo. Os macroprojetos de hidrelétricas possuem em comum imensos reservatórios de água, cuja finalidade é determinar uma produção estável de energia elétrica durante todo o ano. Devido às características de sazonalidade do regime pluvial do país, foi construído um sistema de transmissão de energia que interliga atualmente todas as regiões. Deste modo, quando há falta de água nos rios de uma parte do território, pode-se transferir a energia excedente de outra parte. Quando determinada região coloca mais potência na rede, está cedendo água indiretamente à outra região.

*Esquema do funcionamento de uma usina hidrelétrica.*



## A geração de energia no Brasil

O Brasil possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), com 74% de sua energia gerada em usinas hidrelétricas. Segundo o Banco de Informações de Geração (BIG), da Aneel, o Brasil contava, em novembro de 2008, com 1.768 usinas em operação, o que corresponde a uma capacidade instalada de 104.816 MW (megawatts) – número que exclui a participação paraguaia na usina de Itaipu. Do total de usinas, 159 são hidrelétricas, 1.042 térmicas abastecidas por fontes diversas (gás natural, biomassa, óleo diesel e óleo combustível), 320 são pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), duas nucleares, 227 centrais geradoras hidrelétricas (pequenas usinas hidrelétricas) e uma solar.

CONSULTE O ROTEIRO  
DE TRABALHO

### Número 5 – Fontes Renováveis de Energia

Nele você encontrará questões para a discussão sobre esse assunto e sugestões de atividades para desenvolver com seus alunos.



**Acréscimo anual da geração (em MW)**

1999	2.840,3
2000	4.264,2
2001	2.506,0
2002	4.638,4
2003	3.998,0
2004	4.234,6
2005	2.425,2
2006	3.935,5
2007	4.028,0
<b>2008</b>	<b>860,5*</b>

(\*) Até 16/8/2008.

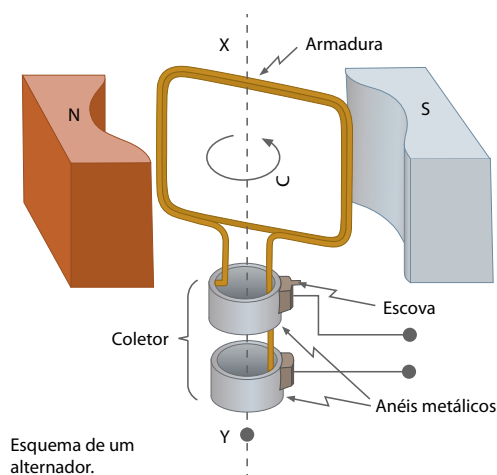
Fonte: Aneel, 2008.

O BIG relaciona, ainda, 130 empreendimentos em construção e mais 469 outorgados, o que permitirá a inserção de mais 33,8 mil MW à capacidade instalada no país nos próximos anos. A maior parte da potência, tanto instalada quanto prevista, provém de usinas hidrelétricas. Em termos absolutos, o Brasil está entre os cinco maiores produtores de energia hidrelétrica no mundo, junto com Canadá, China, Estados Unidos e Rússia, respectivamente. Na sequência vêm as térmicas, seguidas por um conjunto de empreendimentos menores. +

## O gerador elétrico

Em todos os processos de produção de energia elétrica mostrados acima, um elemento esteve sempre presente: o gerador elétrico.

O seu funcionamento se baseia na seguinte característica: quando um fio condutor é movimentado dentro de um campo magnético, tende a passar uma corrente elétrica pelo fio.



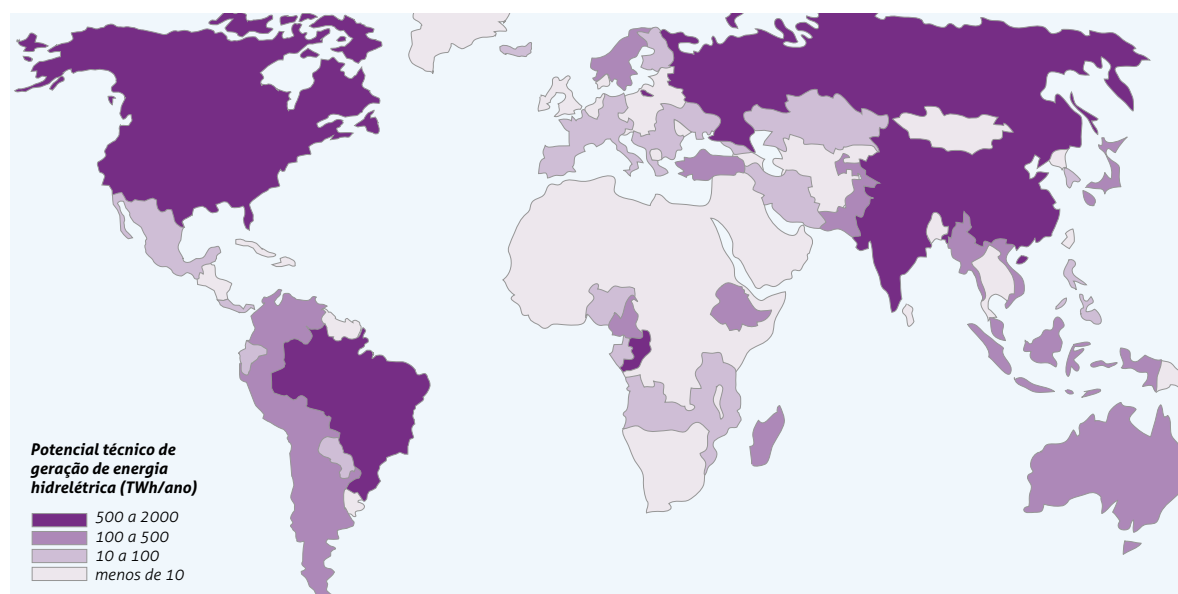
A figura mostra, de maneira simplificada, o esquema de um alternador, que é um dispositivo prático para gerar correntes elétricas. No esquema, as espiras de fio (indicadas como "armadura") são giradas entre os pólos norte e sul de um ímã, onde existe um campo magnético. Uma corrente elétrica alternada (como a que é utilizada em sua casa) passará pelas espiras do fio sempre que um aparelho elétrico (uma lâmpada, por exemplo) for ligado às extremidades do fio (indicadas com o nome de "coletor").

No caso dos geradores das hidrelétricas, termelétricas e das usinas nucleares, quem faz girar o alternador é o eixo da turbina.



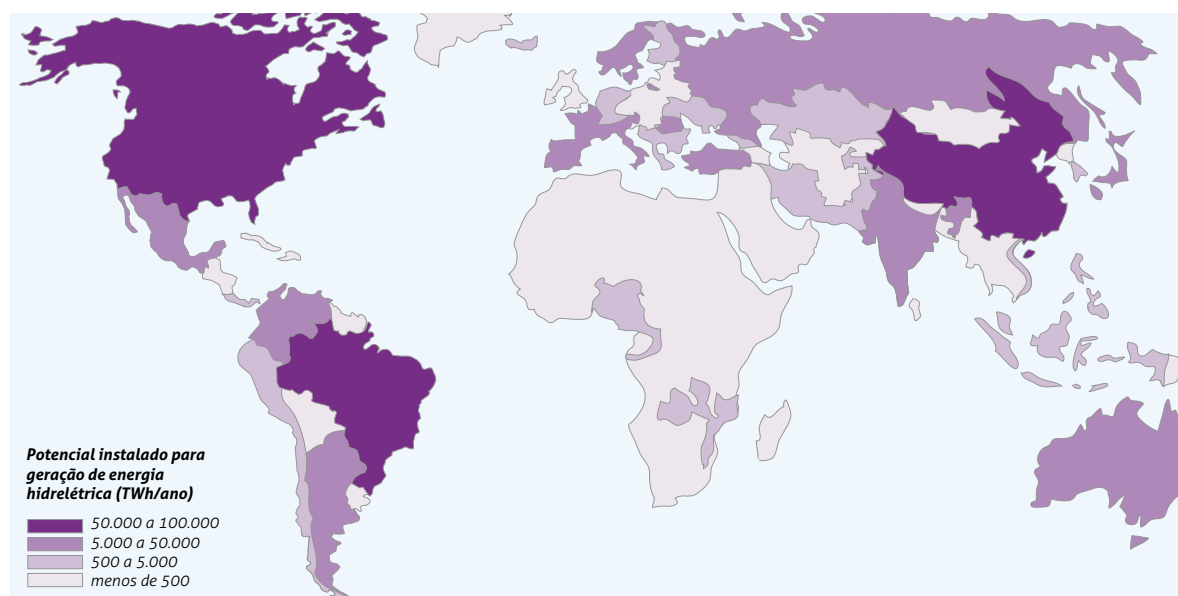
**Para saber mais:** Atlas de Energia Elétrica do Brasil/Aneel –  
[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro\\_atlas.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf)

## Potencial técnico de aproveitamento hidrelétrico no mundo - 1999



Fonte: Elaborado a partir de UHD, 2000.

## Capacidade instalada em usinas hidrelétricas no mundo



Fonte: Elaborado a partir de UHD, 2000.