

OFICINA - FORMAS ALTERNATIVAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA

MATERIAL DIDÁTICO DE APOIO

A geração de energia elétrica pode ser realizada de diversas maneiras: aproveitando processos potencialmente energéticos que já ocorrem na natureza, utilizando combustíveis fósseis ou reutilizando resíduos gerados de outros processos, naturais ou não.

A seguir são apresentados diferentes formas de geração de energia elétrica, separadas em dois grandes grupos, seguindo a divisão do Ministério do Meio Ambiente: as fontes CONVENCIONAIS de energia e as energias RENOVÁVEIS.

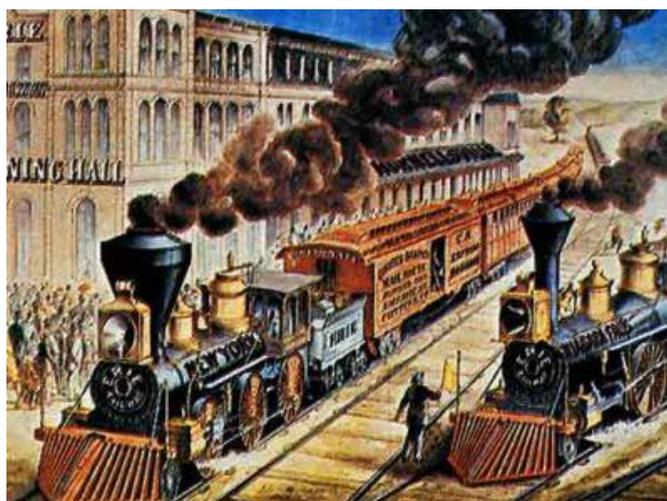
1. *Carvão Mineral*

O carvão é a parte celulósica da vegetação, transformada pelo tempo, pressão, bactérias e outros organismos em uma substância que, por processo de queima, libera energia.

Há relatos da utilização do carvão como combustível desde a antiguidade, mas foi com a Revolução Industrial e suas máquinas a vapor que o carvão começou a ser mais explorado e comercializado, sendo atualmente uma das principais fontes de energia utilizadas pelo homem: representa 39% de toda a energia elétrica gerada no mundo.

O carvão, assim como todos os derivados do carbono, libera CO₂ quando queimado, contribuindo para a poluição atmosférica.

No Brasil as maiores reservas de carvão estão localizadas na região sul, principalmente no Rio Grande do Sul e Santa Catarina.



As locomotivas a vapor eram alimentadas por carvão, o que as deu o apelido de “Maria Fumaça” aqui no Brasil

Fonte: <http://2.bp.blogspot.com/>

[uEcpdb5QTdw/T0LtZ8gDKDI/AAAAAAAAANE/6eJfADbGSBw/s1600/mostra_imagem_anonima.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_uEcpdb5QTdw/T0LtZ8gDKDI/AAAAAAAAANE/6eJfADbGSBw/s1600/mostra_imagem_anonima.jpg)

2. *Petróleo*

O petróleo é utilizado como combustível desde a antiguidade (*petra oleum*: óleo de pedra em latim), porém sua importância cresceu após a invenção dos motores a gasolina e a óleo diesel, sendo o principal responsável pela geração elétrica em diversos países do mundo.

No Brasil a geração elétrica por queima de derivados de petróleo se dá apenas em épocas de pouca produção de energia hidrelétrica ou em locais aonde esse tipo de energia não chega.



Plataforma Cidade de Niterói (FPNIT), Bacia de Campos, RJ/ES

Fonte: http://www.modec.com/fps/fpso_fso/projects/opportunity.html

3. *Gás Natural*

O gás natural é a fonte termoelétrica (energia gerada por calor) mais utilizada no Brasil. A energia é gerada pela queima do gás natural, cujo vapor movimenta as turbinas, que, ligadas a geradores, produzem energia.

Em comparação com outros combustíveis fósseis, o gás natural possui diversas vantagens, como baixos índices de emissão de poluentes, grande quantidade de energia liberada (alto poder calorífico), e, no caso de vazamentos, reduzidos danos ambientais.

O uso de gás natural como fonte de energia é uma tecnologia recente, sendo seu uso ampliado somente na década de 90.



Unidade de Produção de Gás Natural da Petrobras em Urucu, AM

Fonte: <http://fatosedados.blogspot.com.br/2011/10/24/25-anos-de-petrobras-na-amazonia-producao/>

4. Nuclear

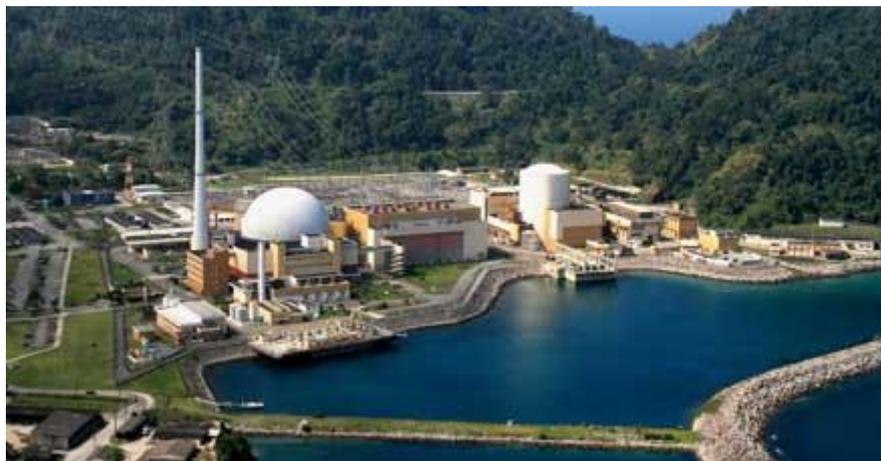
O funcionamento de uma usina nuclear segue o mesmo princípio das demais fontes termoelétricas de energia, aproveitando o vapor gerado pelo calor emitido por um combustível para acionar uma turbina e gerar eletricidade.

O combustível no caso é o urânio, e a energia gerada é resultado do processo chamado de fissão.

Pontos positivos: Baixo custo de operação; Não produz gás carbônico (CO₂)

Pontos negativos: Alto custo de instalação; Ausência de destinação permanente dos resíduos

Sendo uma tecnologia considerada estratégica, o Brasil decidiu investir na produção desse tipo de energia no final da década de 60, sendo que a Usina Nuclear de Angra I entrou em operação comercial em janeiro de 1985, e a Usina Nuclear de Angra 2 em 2001. A Usina Nuclear de Angra 3 encontra-se atualmente em construção.



Fonte: http://www.bemparana.com.br/upload/image/noticia/noticia_254802_img1_divul_cmara-municipal.jpg

5. Hidráulica

A energia hidráulica é gerada a partir da movimentação das águas de um rio, aproveitando sua força e transformando-a em eletricidade, ou seja, transformando a energia mecânica da água em energia elétrica.

Para o aproveitamento dessa energia, o curso do rio é alterado, criando um reservatório que armazenará um volume de água maior que o original. A vazão dessa grande quantidade de água irá movimentar as turbinas, que, ligadas a geradores, produzirão energia.

O lugar de aproveitamento dessa energia da água é chamado de hidrelétrica, sendo classificada em três tipos, de acordo com sua capacidade:

- Centrais Geradoras Hidrelétricas (GCH, com até 1 MW de potência instalada)



Ponte Queimada I, MG

Fonte: <http://www.ceienergetica.com.br/usinas.html>

- Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH, entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada)



Pequena Central Hidrelétrica Salto Góes, SC

Fonte: <http://revistaecoturismo.com.br/turismo-sustentabilidade/cpfl-renovaveis-reune-autoridades-para-inauguracao-das-instalacoes-da-pch-salto-goes/>

- Usina Hidrelétrica de Energia (UHE, com mais de 30 MW de potência instalada)



Usina de Itaipu Binacional, Brasil/Paraguai

Fonte: <http://medioambientales.com/organizar-a-los-recolectores-para-limpiar-el-rio-itaipu-en-brasil/>

O porte da usina também determinará o tamanho da rede de transmissão que será usada para levar a energia gerada até os centros de consumo, como cidades e indústrias.



6. Biomassa

A biomassa como fonte de energia se dá pelo aproveitamento energético de algum tipo de matéria orgânica (principalmente vegetal), sendo aqui no Brasil o bagaço e a palha de cana as matérias primas mais importantes nesse tipo de produção de energia.

A geração de energia a partir da biomassa é tradicionalmente realizada pela queima da matéria prima, embora outras técnicas vêm sendo desenvolvidas de forma a aumentar a eficiência do processo.

Uma grande vantagem desse tipo de energia é o reaproveitamento de resíduos de outros processos de produção, como o aproveitamento do bagaço e da palha de canas que, de forma outra, poderiam ser descartados.



7. Eólica

A energia eólica é gerada por meio da movimentação do ar (vento), que desloca uma hélice ligada a um gerador, produzindo energia. Esse tipo de energia é utilizado há milhares de anos no processo de moagem de grãos, embora a tecnologia para aproveitamento elétrico comercial tenha se iniciado apenas na década de 70.

No Brasil atualmente há 254 usinas eólicas instaladas, com planos de expansão da rede eólica para os próximos anos.

Pontos positivos

- matéria prima sem custo (ar)
- ausência de poluição atmosférica

Pontos negativos

- impacto sonoro e visual



UEE em Morro dos Ventos, RN

Fonte: <https://www.flickr.com/photos/pacgov/sets/72157646725669721>

8. Solar

A produção de energia solar consiste no aproveitamento da radiação solar emitida pelo sol, transformando-a em energia elétrica por meio de painéis solares.

Embora seja a fonte de energia mais abundante no planeta, a radiação solar ainda é pouco expressiva na matriz energética mundial, embora ao longo dos anos sua importância tenha aumentado.

Uma das dificuldades da utilização dessa energia é a influência que o clima (principalmente nebulosidade e umidade) possui na incidência de radiação, restringindo os locais onde é viável economicamente implantar esse tipo de captação de energia.

O Brasil, sobretudo a região Nordeste, possui alto potencial de uso deste tipo de energia.



Usina Solar em Tubarão, SC

Fonte: <http://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2014/08/29/usina-que-produz-25-da-energia-solar-do-pais-comeca-operacao-comercial.htm#fotoNav=28>

9. Geotérmica

A energia geotérmica é aquela obtida pelo calor que existe no interior da Terra, normalmente captado por meio de jatos de vapor (gêiseres).

Embora não haja aproveitamento desse tipo de energia no Brasil, diversos outros países utilizam dessa fonte de energia, como Estados Unidos, Filipinas e Indonésia.



Usina Geotermal em Salton Sea, Estados Unidos

Fonte: <http://www.businesswire.com/news/home/20120518005065/en/EnergySource%E2%80%99s-Geothermal-Plant-Imperial-Valley-Lauded-Creating>

10. Marítima

A energia marítima pode ser gerada a partir de diversos elementos, como o aproveitamento das marés, correntes marítimas, ondas, energia térmica e gradientes de salinidade.

Apesar de ser não poluente e autossustentável, por não consumir matérias primas e se utilizar de um recurso infinito, este tipo de geração de energia ainda possui pequena expressão participativa nas matrizes energéticas do mundo. Atualmente o Japão, a Inglaterra e o Havaí são os principais produtores de energia marítima.

A tecnologia empregada para captar essa fonte energética tem sido alvo de pesquisadores, que buscam um modelo mais eficiente de produção, com o objetivo de aumentar a parcela deste tipo de energia nas matrizes energéticas dos países.



Turbina de geração maremotriz em instalação na região da Bretanha, França

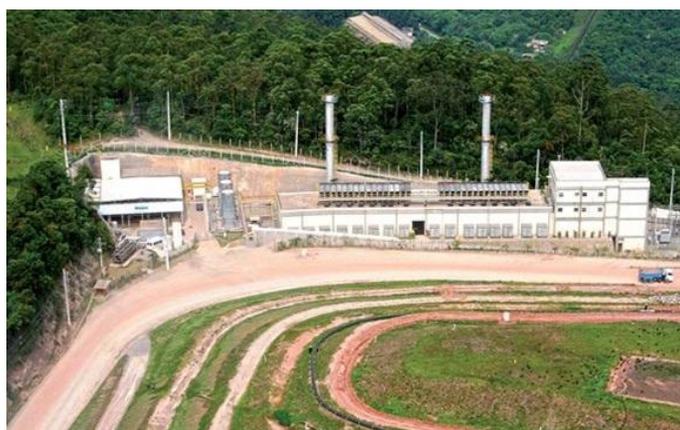
Fonte: <http://inhabitat.com/worlds-largest-tidal-energy-farm-to-power-4000-french-homes-in-2012/openhydro1/>

11. Biogás

A produção de energia elétrica por meio de biogás consiste no aproveitamento do gás emitido por microorganismos a partir da decomposição de resíduos orgânicos, como resíduos urbanos, industriais e agropecuários, e também esgotos.

Considerando que a matéria prima é feita de material descartado, a utilização desse tipo de energia alia o fornecimento de eletricidade com a destinação final de resíduos de outros processos.

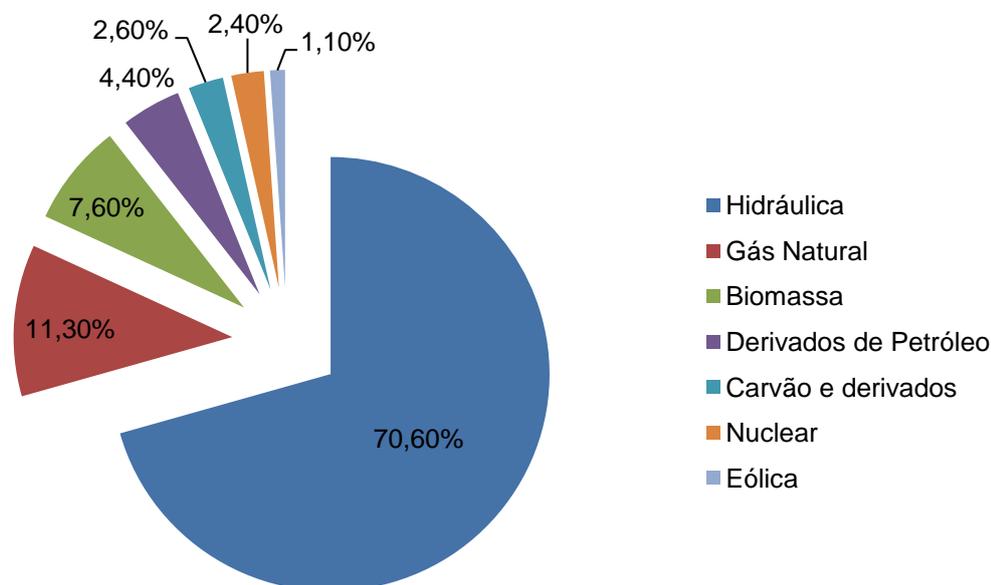
O biogás pode ser aproveitado por meio da queima dos resíduos orgânicos, e pela produção de calor por meio de reações químicas.



Usina Termoelétrica Biogás, São Paulo

Fonte: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/148/artigo300951-1.aspx>

MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA (2013):



Enquanto a média mundial de uso de energia renovável na matriz elétrica foi de 20,3% em 2011, o Brasil apresentou 84,5% em 2012.

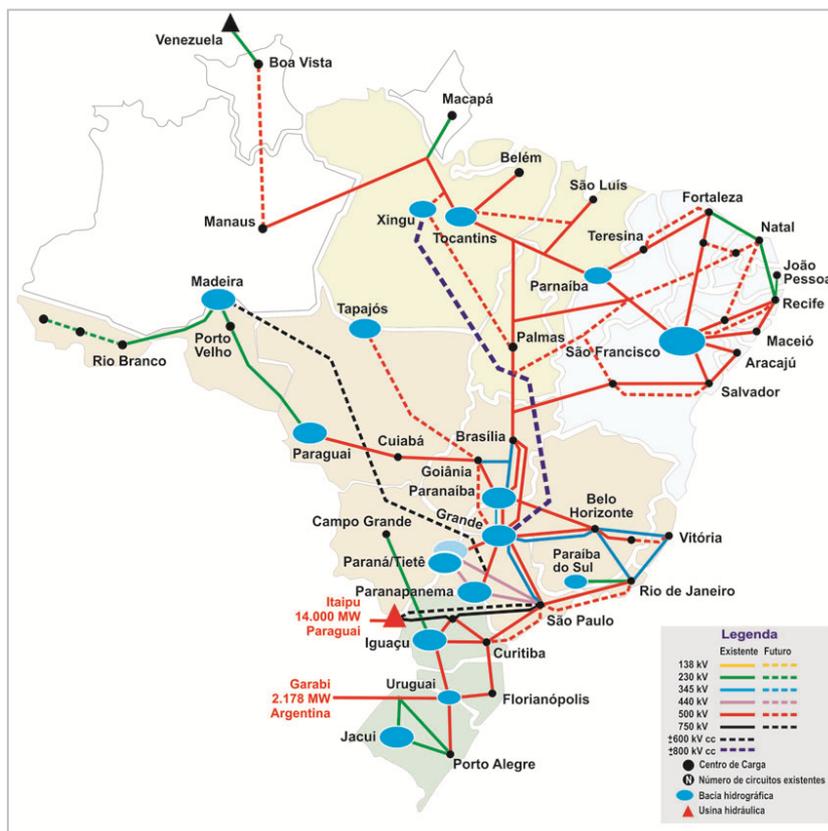
⇒ **Discussão em grupo: Quais formas de geração de energia elétrica vocês acham mais adequada para essa região? Por Quê?**

Informações que podem subsidiar a discussão:

- **O que é o SIN - Sistema Interligado Nacional?**

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidrotérmico (ou seja, com base na geração hidráulica e térmica, que se complementam) de grande porte, com forte predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários.

O Sistema Interligado Nacional é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 1,7% da energia requerida pelo país encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica.

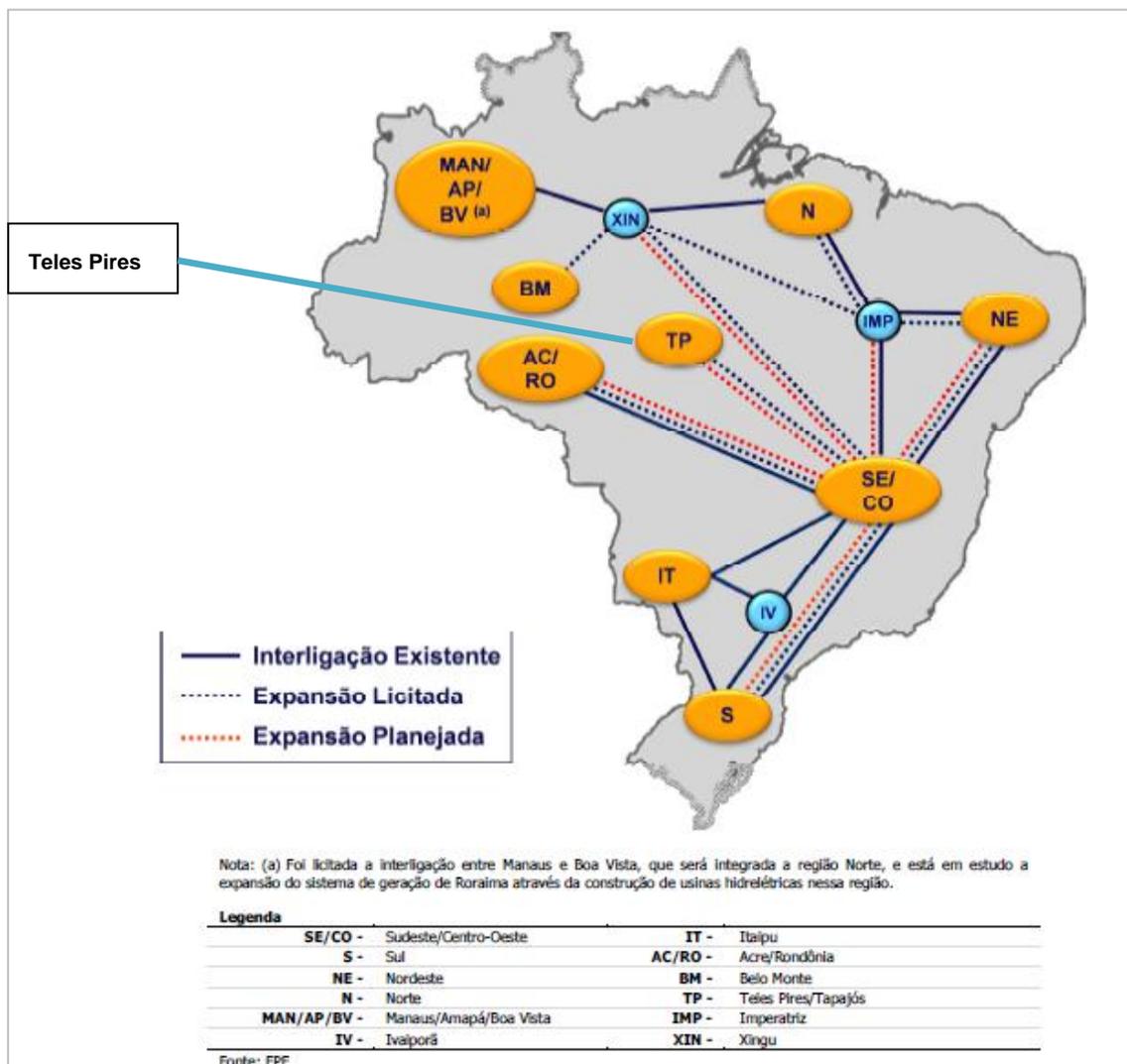


Integração Eletroenergética

Produção por Subsistema – GWh

Sistema	Hidráulica	Térmica	Eólica	Biomassa	Outras	Total
	2013	2013	2013	2013	2013	2013
SE/CO	168.571,60	53.924,36	-	3.825,85	2.789,17	229.110,98
SUL	78.865,71	12.074,22	845,43	11,34	-	91.796,70
ITAIPU	88.792,00	-	-	-	-	88.792,00
NE	34.237,19	23.280,72	2.850,72	-	-	60.368,63
N	44.703,91	11.275,25	-	-	-	55.979,16
Sistema	415.170,41	100.554,55	3.696,15	3.837,19	2.789,17	526.047,47

A interligação elétrica entre subsistemas de diferentes características sazonais, e com predominância de fonte hídrica, possibilita maior flexibilidade nos intercâmbios de energia, o que permite um melhor aproveitamento das especificidades de cada região, a partir da operação integrada. Esta operação do conjunto proporciona ganhos para todas as partes e aumenta a confiabilidade de suprimento, além de reduzir o custo total de operação do sistema. Sendo assim, as Redes de Transmissão levam a energia produzida em cada subsistema aos centros consumidores (cidades e indústria), que se concentram principalmente na região sudeste.



Representação esquemática previsão para as interligações entre os subsistemas

• **Como são planejados os investimentos em energia?**

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2023, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE referente ao ano de 2013 incorpora uma visão integrada da expansão da demanda e da oferta de diversos energéticos no período de 2014 a 2023. Cumpre ressaltar sua importância como instrumento de planejamento para o setor energético nacional, contribuindo para a definição das estratégias de desenvolvimento do país a serem traçadas pelo Governo Federal.

Utilizam como base para determinar futuras demandas:

- Cenário macroeconômico e setorial (agropecuária, indústria, residencial, transportes);
- Crescimento demográfico.

Para energia elétrica, foram traçados os seguintes cenários para 1, 5 e 10 anos.

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
	GWh				
2014	129.983	191.333	87.378	72.691	481.385
2018	154.879	222.148	108.359	83.271	568.657
2023	189.934	257.714	142.660	98.682	688.990
Período	Variação (% a.a.)				
2013-2018	4,4	3,8	5,3	3,4	4,2
2018-2023	4,2	3,0	5,7	3,5	3,9
2013-2023	4,3	3,4	5,5	3,4	4,0

Nota: Considera as interligações de Macapá a partir de julho de 2014 e de Boavista a partir de abril de 2016 ao subsistema Norte.
 Fonte: EPE

Consumo de eletricidade na rede por classe

Ano	Subsistema				SIN	Sistemas Isolados	Brasil
	Norte	Nordeste	Sudeste/CO	Sul			
GWh							
2014	38.233	71.466	286.157	83.368	479.224	2.162	481.385
2018	47.425	84.921	337.365	97.120	566.831	1.826	568.657
2023	56.859	104.213	407.815	117.802	686.688	2.302	688.990
Período	Variação (% a.a.)						
2013-2018	8,1	4,3	4,1	3,7	4,4	-20,3	4,2
2018-2023	3,7	4,2	3,9	3,9	3,9	4,7	3,9
2013-2023	5,9	4,2	4,0	3,8	4,1	-8,7	4,0

Nota: Considera as interligações de Macapá a partir de julho de 2014 e de Boavista a partir de abril de 2016 ao subsistema Norte.
 Fonte: EPE

Consumo de eletricidade na rede por subsistema

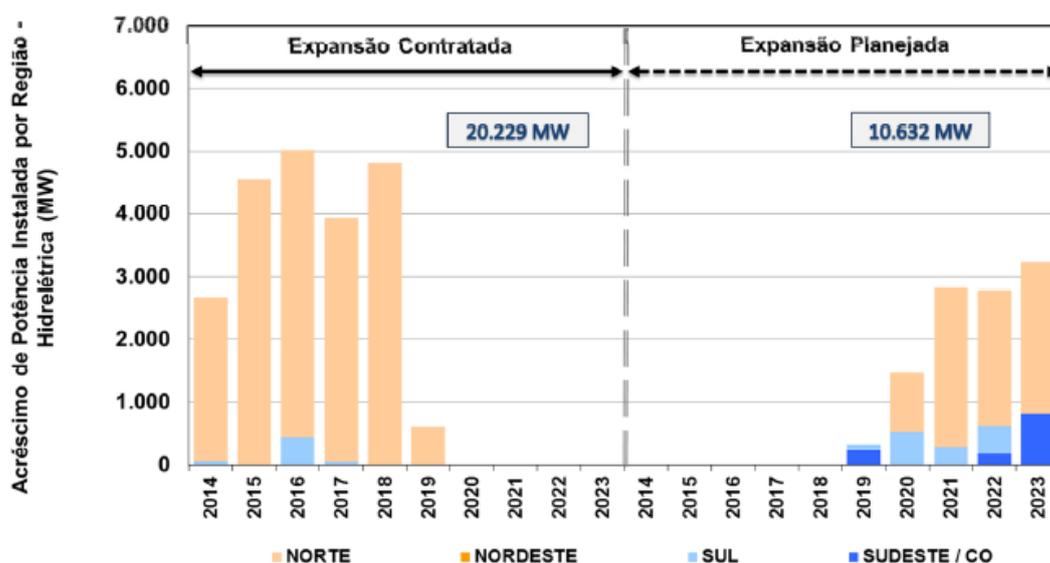
Para definir as formas de produção, por sua vez, utilizaram como base:

- Análise dos estudos anteriores;
- Resultados de leilões de energia (que é a forma pela qual o governo determina quem irá gerar a energia de que o país precisa), até o final de 2013;
- Restrições socioambientais/impactos meio ambiente: populações indígenas, áreas protegidas, biodiversidade aquática e vegetação nativa foram considerados os temas prioritários para a gestão ambiental;
- Diretrizes em relação à mudança do clima.

Quanto à expansão da geração no horizonte do PDE 2023, foi mantida a significativa participação das fontes renováveis na matriz elétrica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável das fontes de geração, diretriz esta reafirmada pelo preço competitivo destas fontes demonstrado nos últimos leilões de energia.

A hidroeletricidade, que já é a maior fonte de geração do SIN, ainda apresenta grande potencial a ser explorado e suficiente para permanecer como a fonte predominante no atendimento à crescente demanda de eletricidade do país. Especialmente nas bacias da região Norte e Centro-Oeste, os inventários hidrelétricos apontam que projetos importantes poderão ser viabilizados nos próximos anos,

a despeito da crescente complexidade socioambiental que, normalmente, impõe estágios de desenvolvimento extensos. Destaca-se que a geração hidrelétrica é uma tecnologia muito madura e seu preço médio nos últimos leilões de expansão do sistema tem sido baixo se comparado com as fontes disponíveis no país.



FORTE: EPE.

Acréscimo de Potencia Instalada por Região - Hidrelétrica

Para atender de forma adequada ao crescimento da carga de energia, optou-se por indicar a expansão do parque gerador, com termelétricas nas regiões Sudeste/Centro-Oeste e Sul. Destaca-se que a concretização desta expansão termelétrica está atrelada à disponibilidade de combustível (gás natural, carvão).



FORTE: EPE.

Acréscimo de Potência Instalada por Região – Térmica

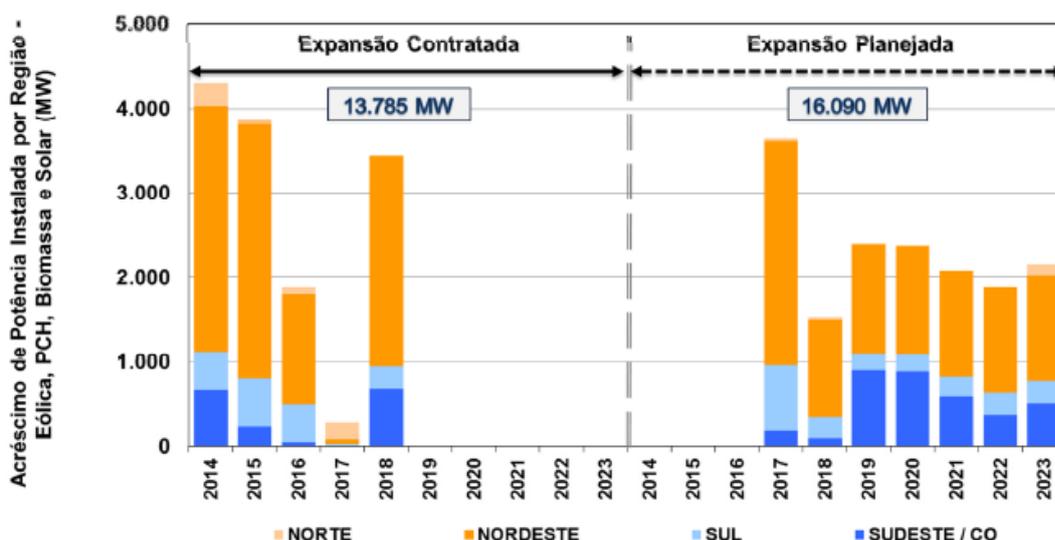
No que se refere à geração termonuclear, a expansão no período decenal se dará pela implantação da usina de Angra 3. Esta usina está prevista para entrar em operação em junho de 2018.

Em relação às outras fontes renováveis de geração (eólicas, PCH, termelétricas a biomassa e solar), nota-se uma expansão média anual de 10,7%, em capacidade instalada, com destaque para as usinas eólicas e a indicação de usinas solares neste horizonte. A Região Nordeste tem a maior participação na expansão dessas fontes ao longo do horizonte de tempo do estudo.

A geração eólica é a fonte que mais cresceu no país em participação nos leilões desde 2009. As contratações dos últimos anos demonstraram que as usinas eólicas atingiram preços bastante competitivos e impulsionaram a instalação de uma indústria nacional de equipamentos para atendimento a esse mercado.

As PCH observaram trajetória decrescente de competitividade nos leilões desde 2009. Por possuírem uma tecnologia madura, com custos unitários estáveis, as PCH não se mantiveram competitivas diante das significativas reduções de custo unitário da energia eólica. Além disso, é comum que as questões relacionadas ao processo de licenciamento ambiental, preço da construção civil e custo do terreno apresentem complicadores à viabilização dos projetos de PCH.

As usinas térmicas a biomassa constituem mais uma fonte renovável disponível para compor a expansão da oferta de geração. Nessa categoria, destacam-se os empreendimentos que utilizam resíduos do processamento industrial da cana-de-açúcar, principalmente o bagaço. O potencial desta fonte está localizado principalmente nos estados de SP, GO, MG, MS e PR, portanto próximo dos maiores centros consumidores de energia. Cabe ressaltar que os investimentos necessários para o desenvolvimento dessa fonte estão sujeitos à volatilidade do setor sucroalcooleiro, o que pode eventualmente inibir a ampliação da capacidade de geração, assim como a sua competitividade nos leilões com outras fontes, especialmente a eólica. Além do bagaço de cana, nos últimos leilões de energia nova, houve a contratação de energia proveniente de usinas termelétricas movidas a cavaco de madeira.



Fonte: EPE.

Acrescimento de Potência Instalada por Região – Eólica, PCH, Biomassa e Solar

Atividade extra - Pontos positivos e negativos

Em sala de aula, pode-se realizar uma atividade lúdica com os alunos, dividindo-os em grupos e distribuindo cartas/papéis com os pontos positivos e negativos de cada tipo de energia.

Cada carta/papel terá apenas os pontos positivos e negativos, não havendo informação de qual tipo de energia que ela se refere. Os grupos devem se articular para alinharem as opções certas com as opções expostas durante a apresentação.

A base para a produção das cartas é apresentada a seguir:

Forma de energia	Pontos positivos	Pontos negativos
Hidráulica	Não poluente	Normalmente distante dos centros consumidores
	Recurso renovável	Alteração da paisagem/impactos meio físico, biótico e social
Gás Natural	Baixo índice de emissão de poluentes	Combustível não renovável
	Reduzido dano ambiental no caso de vazamentos	Necessidade de importação desse tipo de matéria-prima
Petróleo	Produz grande quantidade de energia	Poluente atmosférico
	Facilidade de transporte e armazenamento	Alto custo
Carvão	Baixo custo	Poluente atmosférico
	Produz grande quantidade de energia	Não renovável
Nuclear	Baixo custo de operação da usina	Alto custo de instalação da usina
	Não polui a atmosfera	Ausência de destinação permanente dos resíduos
Biomassa	Aproveitamento de resíduos	Produz pouca energia
	Renovável	Dificuldade no transporte e armazenamento da matéria-prima
Eólica	Combustível gratuito e infinito	Impacto sonoro e visual
	Não poluente	Alteração na paisagem
Solar	Combustível gratuito e infinito	Produção alterada por condições climáticas
	Não poluente	Efetividade da produção relacionada à localização geográfica
Geotérmica	Não utiliza combustíveis fósseis	Produção relacionada a condições naturais muito específicas

	Reduzida área impactada	Exige tecnologia específica, de alto custo
Marítima	Não utiliza combustíveis fósseis	Baixo aproveitamento energético
	Alternativa para países sem muitos recursos naturais	Exige tecnologia específica, de alto custo

Bibliografia

Principais fontes:

Fontes de energia (Ministério do Meio Ambiente):

<http://www.mma.gov.br/clima/energia>

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica:

http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes

Consulta:

Associação Brasileira de Energia Eólica:

Disponível em: <http://www.portalabeeolica.org.br/>

Breve história do carvão (em inglês):

Disponível em: http://www.fossil.energy.gov/education/energylessons/coal/coal_history.html

Fusão e Fissão Nuclear (Mundo Estranho)

Disponível em: <http://mundoestranho.abril.com.br/materia/o-que-e-fusao-e-fissao-nuclear>

Informações Gás Natural (Petrobras):

Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/oferta-de-gas-natural/>

Informações Biogás no mundo (em inglês):

Disponível em: <http://www.biogas-renewable-energy.info/>

Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE2023

Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202023.pdf>

Produção de Energia Eólica na Dinamarca (em inglês):

Disponível em: <http://www.euractiv.com/sections/energy/denmark-sets-world-record-wind-energy-311083>

Ranking dos países com maior produção, consumo e reserva de Petróleo no mundo (em inglês):

Disponível em: <http://www.eia.gov/countries/index.cfm?view=production>

P.42 – Programa de Educação Ambiental

Ranking dos países com maior produção de Natural Gás no mundo (em inglês):

Disponível em: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2249rank.html>

Ranking dos países com maior quantidade de reservas comprovadas de Natural gás no mundo (em inglês):

Disponível em: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2253rank.html>

Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2014:

Disponível em:

https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf

Sistema Interligado Nacional – SIN:

Disponível em:

http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx

Usina Termoelétrica de Biogás:

Disponível em:

<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/148/artigo300951-1.aspx>