

# Aula 8 – A Energia e o Meio Ambiente

Conceitos, fontes de energia, a questão energética no futuro e o caso brasileiro

## Consumo de Energia

- Para satisfazer as necessidades relativas ao consumo de energia o Homem utiliza diversas fontes;
- A combinação entre as fontes de energia utilizadas para suprir as nossas necessidades é denominada de Matriz Energética;

## Matriz Energética

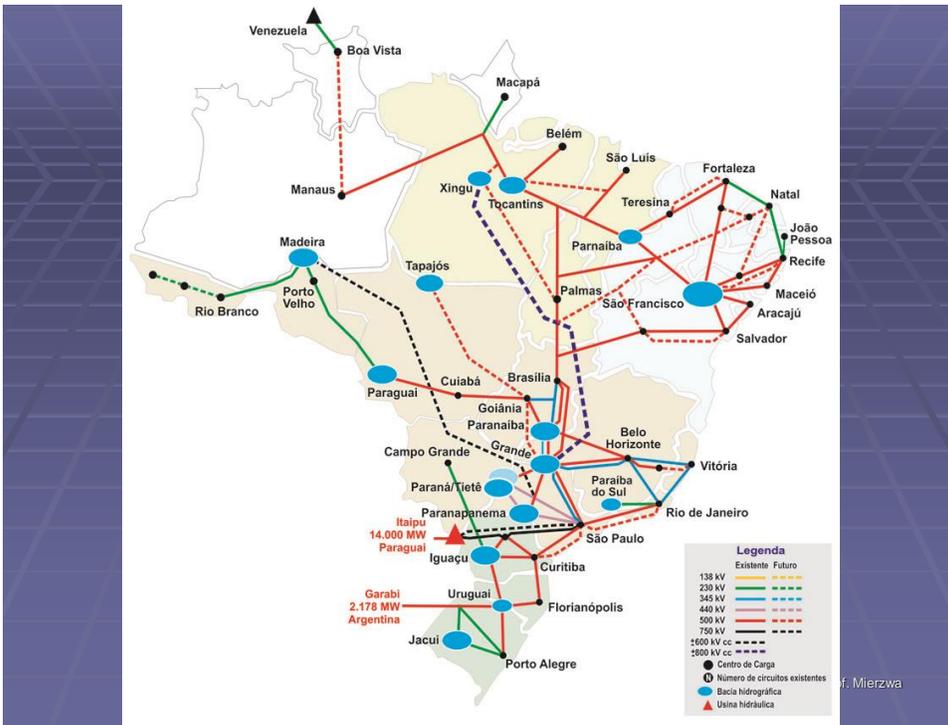
- Combinação entre as fontes de energia utilizadas para suprir as demandas
- A matriz energética mundial é constituída, principalmente, pelas seguintes fontes:
  - Térmica, hidroelétrica, geotérmica e nuclear.
- Além dos tipos mencionados existem, ainda, as fontes alternativas de energia.

Prof. Mierzwa

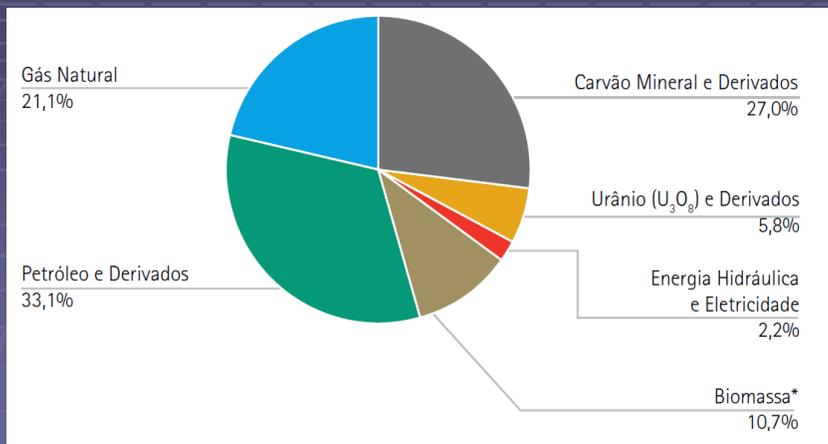
## O que é o SIN - Sistema Interligado Nacional

Com tamanho e características que permitem considerá-lo único em âmbito mundial, o **sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidrotérmico 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.

Prof. Mierzwa



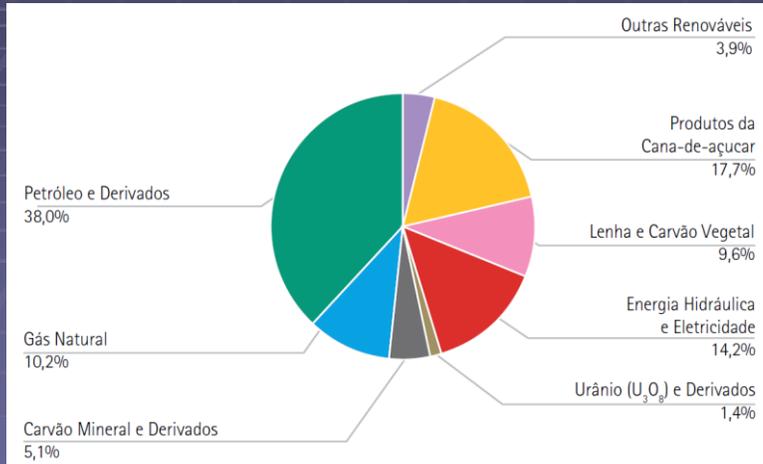
## Participação das Principais Fontes de Energia na Matriz Energética Mundial



Fonte: MME, 2011 – Balanço Energético Nacional (2011, ano base 2010)

Prof. Mierzwa Prof. Joaquin

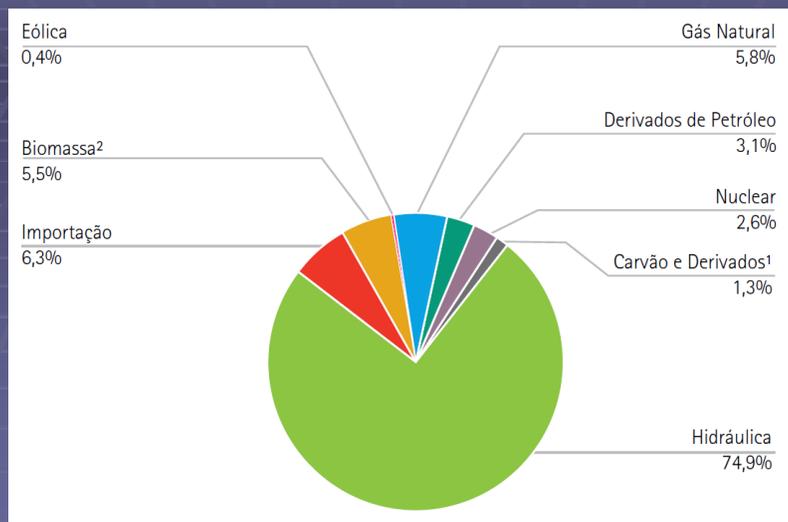
## Participação das Principais Fontes de Energia na Matriz Energética do Brasil



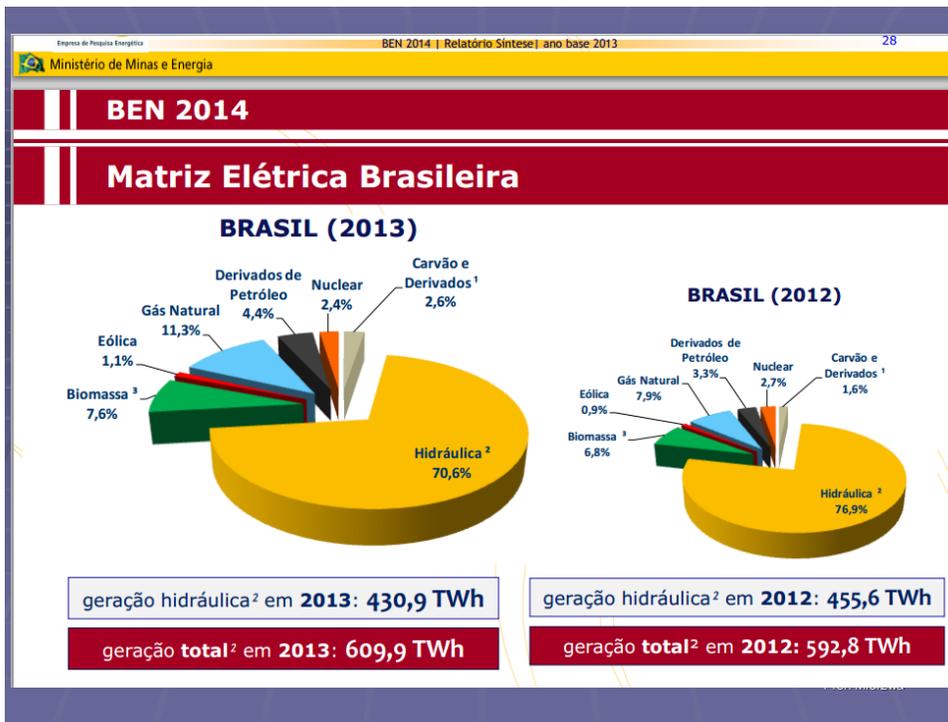
Fonte: MME, 2011 – Balanço Energético Nacional (2011, ano base 2010)

Prof. Mierzwa

## Distribuição da oferta interna de energia elétrica



Fonte: MME, 2011 – Balanço Energético Nacional (2011, ano base 2010)



## Principais Fontes de Energia

- As principais fontes de energia disponíveis são classificadas em:
  - Não renováveis:
    - Combustíveis fósseis;
    - Nuclear;
    - Geotérmica.
  - Renováveis:
    - Solar;
    - Hidráulica;
    - Eólica;
    - Biomassa.

## Considerações sobre as Fontes de Energia

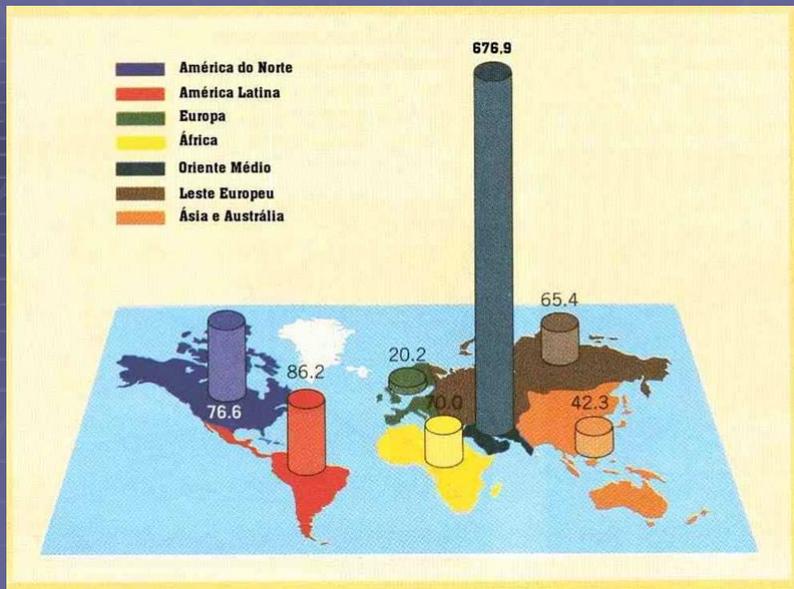
- O aproveitamento das fontes de energia resulta em impactos sobre o meio ambiente;
- O conceito de energia limpa é relativo;
- É importante considerar todo o processo de conversão de uma forma de energia em outra.

Prof. Mierzwa

## Combustíveis Fósseis

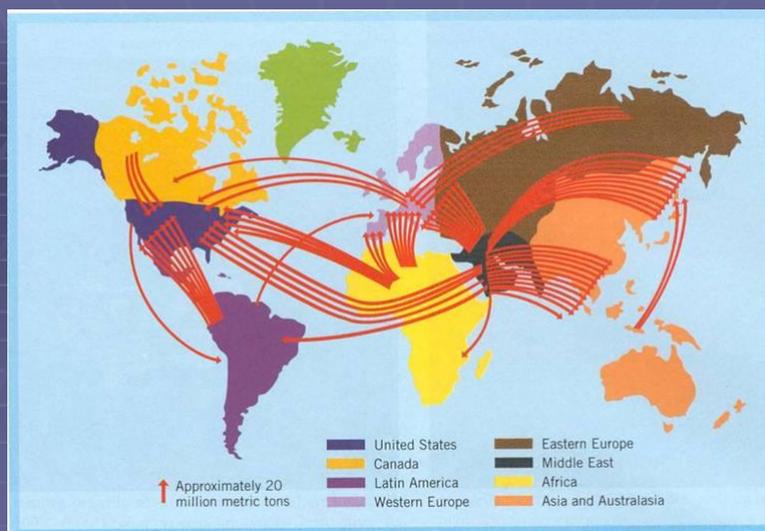
- Materiais que foram capazes de armazenar energia solar;
- Surgiram a partir da decomposição biológica incompleta de matéria orgânica morta;
- São considerados nossa fonte primária de energia, em função de sua participação na matriz energética.

Prof. Mierzwa



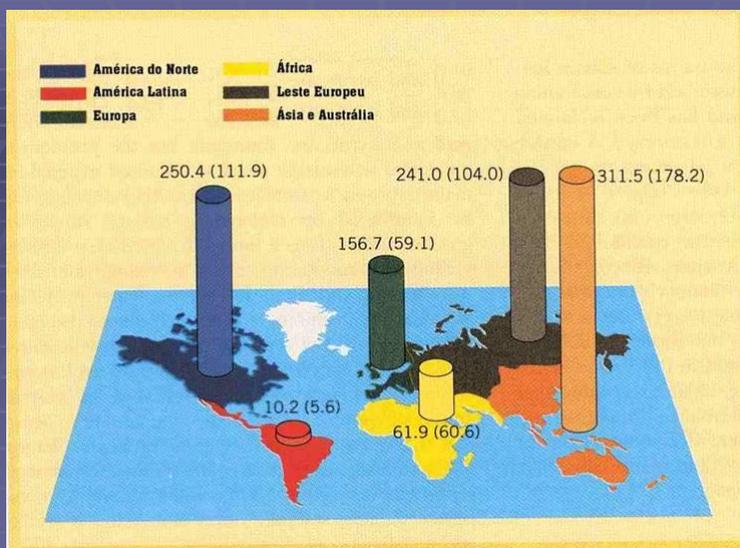
Distribuição das Reservas de Petróleo no Mundo (1997)

Prof. Mierzwa



Comércio de Petróleo no Mundo (1995)

Prof. Mierzwa



Distribuição das Reservas de Carvão no Mundo (1997)

Prof. Mierzwa

## Impactos Associados aos Combustíveis Fósseis

- Alteração nas características do solo em função da abertura de minas;
- Construção de plataformas para poços de petróleo e gás, tubulações, depósitos e tanques de armazenagem;
- Infra-estrutura para transporte e beneficiamento;
- Poluição de águas superficiais;
- Poluição atmosférica;
- Subsidência do solo.

Prof. Mierzwa

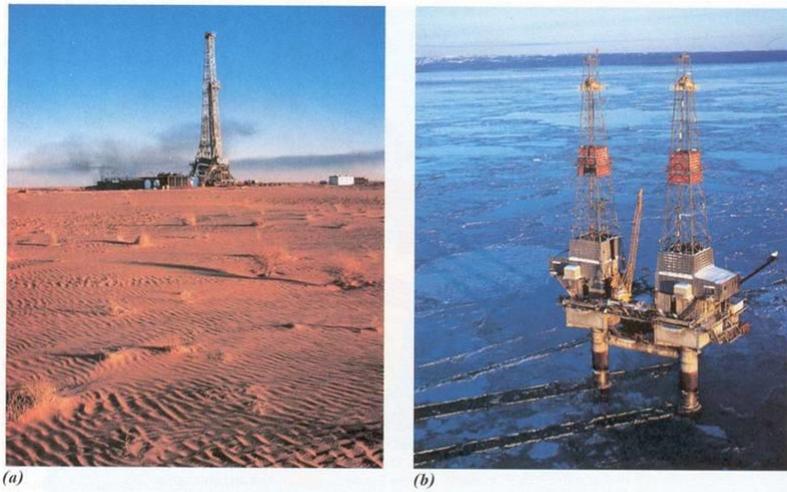


FIGURE 16.5 Drilling for oil in (a) the Sahara Desert of Algeria, and (b) the Cook Inlet of southern Alaska.

Prof. Mierzwa

FIGURE 16.9 Open-pit coal mine in Wyoming. The land in the foreground is being mined and the green land in the background has been reclaimed following mining.



Prof. Mierzwa

## Termoelétrica

As usinas termoelétricas são o tipo mais comum do mundo. Nela, é queimado um combustível – carvão e gás natural são os mais usados – para ferver água. O vapor gira uma turbina e assim gera energia.

### Pontos de Vista:

“São imprescindíveis”, acredita José Manuel Diaz Francisco, coordenador de comunicação e segurança da Eletronuclear, subsidiária da Eletrobrás. “São usinas mais baratas, com tecnologia consolidada e possuem a vantagem de garantir um suprimento de energia que não depende das condições climáticas”, completa.

O processo de queima da água, no entanto, traz um efeito indesejado. “Tem os piores impactos ambientais em termos de emissão de gases de efeito estufa e poluição do ar”, afirma Baitelo, do Greenpeace.

Prof. Mierzwa Prof. Joaquin

## Termoelétrica

As termoelétricas a carvão respondem por mais de 40% da produção mundial de energia; as movidas a gás ocupam o segundo lugar na lista, com cerca de 21%. Entre os dois, o carvão é mais barato, porém polui mais. Além de emitir mais gás carbônico – responsável pelo aquecimento global –, causa poluição local, emitindo substâncias como enxofre e óxido nitroso, que afetam a respiração. Hoje em dia, há filtros capazes de reduzir esses efeitos, mas eles encarecem a construção das usinas.

Prof. Mierzwa

## Fontes Alternativas de Energia

- Qualquer recurso energético, diferente dos combustíveis fósseis;
- As fontes alternativas são divididas nas seguintes categorias:
  - Não-renováveis:
    - Nuclear e geotérmica;
  - Renováveis:
    - Solar, hidráulica, eólica e biomassa.

Prof. Mierzwa

## Vantagens x Desvantagens

Custos, Impactos Ambientais e Viabilidade técnica

Tipo de usina	Vantagens	Desvantagens
<b>Hidroelétrica</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissão de gases causadores do efeito estufa muito baixa</li> <li>- Baixo custo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto social e ambiental do represamento do rio</li> <li>- Dependência (limitada) das condições climáticas</li> </ul>
<b>Termoelétrica a carvão</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo de construção e combustível</li> <li>- Alta produtividade</li> <li>- Independência das condições climáticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissão de gases de efeito estufa muito alta (é a que mais emite)</li> <li>- Poluição local do ar com elementos que causam chuva ácida e afetam a respiração</li> </ul>

## Vantagens x Desvantagens

### Custos, Impactos Ambientais e Viabilidade técnica

Tipo de usina	Vantagens	Desvantagens
<b>Termoelétrica a gás natural</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo de construção</li> <li>- Independência das condições climáticas</li> <li>- Baixa poluição local (comparada à termoelétrica a carvão)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissão de gases de efeito estufa alta (menor que a do carvão, porém significativa)</li> <li>- Custo de combustível muito oscilante (atrelado ao petróleo)</li> </ul>
<b>Termoelétrica a biomassa</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo de construção e combustível</li> <li>- Emissão de gases de efeito estufa praticamente se anula (o ciclo do carbono fica perto de ser fechado)</li> <li>- Independência das condições climáticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disputa do espaço do solo com a produção de alimentos</li> <li>- Caso haja desmatamentos para o cultivo, cria um novo problema ambiental</li> </ul>

## Vantagens x Desvantagens

### Custos, Impactos Ambientais e Viabilidade técnica

Tipo de usina	Vantagens	Desvantagens
<b>Nuclear</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissão de gases de efeito estufa praticamente inexistente</li> <li>- Alta produtividade</li> <li>- Independência das condições climáticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto custo (exige investimentos em segurança)</li> <li>- Produção de rejeitos radioativos</li> <li>- Risco de acidentes (a probabilidade é baixa, mas os efeitos são gravíssimos)</li> </ul>
<b>Eólica</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissão de gases de efeito estufa praticamente inexistente</li> <li>- Impacto ambiental mínimo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa produtividade</li> <li>- Dependência das condições climáticas</li> <li>- Poluição visual</li> </ul>

## Vantagens x Desvantagens

Custos, Impactos Ambientais e Viabilidade técnica

Tipo de usina	Vantagens	Desvantagens
<b>Fotovoltaica</b> 	- Baixo impacto ambiental	- Alto custo - Baixa produtividade

Prof. Mierzwa Prof. Joaquin Bonnearres

## Energia Nuclear

- O termo mais correto para denominar uma usina nuclear é “termonuclear”.
- Seu funcionamento é idêntico ao das demais usinas termoelétricas, a diferença está no combustível.
- A fissão nuclear do urânio – ou do plutônio – gera o calor e produz, por outro lado, material radioativo que tem de ser monitorado por milhares de anos, o que é apontado como o principal problema por todos os especialistas ouvidos.

Prof. Mierzwa Prof. Joaquin

# Energia Nuclear

## Pontos de vista:

“Acredito que seja o pior tipo de energia. Por mais que setor nuclear diga que todo empreendimento energético está vinculado a acidentes, a diferença é a perversidade do acidente nuclear. A radiação se estoca no organismo e pode ser transmitida por gerações”, **Baitelo, do Greenpeace.**

Prof. Mierzwa Prof. Joaquin

# Energia Nuclear

## Pontos de vista:

Embora acidentes sejam raros, o risco não pode ser considerado pequeno. “Risco é a probabilidade de ocorrer um acidente multiplicada pela magnitude do dano. A probabilidade de acidente é baixíssima, mas os efeitos são muito graves”, **Schaeffer, da UFRJ.** “É como ter medo de andar de avião: há menos acidentes que carro, mas, quando há, são mais graves”, completa.

Apesar do risco de acidentes, a energia nuclear é benéfica ao meio ambiente em um aspecto. “O combustível em um reator nuclear não é queimado, portanto não há emissão de gases poluentes”, destaca **José Manuel Diaz Francisco, da Eletronuclear.**

Prof. Mierzwa Prof. Joaquin

## Energia Nuclear

- Energia obtida do núcleo dos átomos de determinados elementos químicos;
- O aproveitamento é feito pelos processos de fissão e fusão nucleares;
- Fissão nuclear:
  - Divisão do núcleo do átomo em fragmentos menores.
- Fusão nuclear:
  - União de dois átomos para formar um mais pesado.

Prof. Mierzwa

## Energia Nuclear

- Em média, **um quilograma** de óxido de urânio ( $U_3O_8$ ), produz uma quantidade de energia **equivalente a:**
  - **11,36 m<sup>3</sup> de petróleo;**
  - **17,9 toneladas de carvão.**

Prof. Mierzwa

## Impactos Ambientais Associados à Energia Nuclear

- A principal preocupação são os rejeitos radioativos;
- Podem resultar em significativo impacto sobre a saúde da população e sobre o meio ambiente.

Prof. Mierzwa

## Energia Geotérmica

O calor da terra existe numa parte por baixo da superfície do planeta, mas em algumas partes está mais perto da superfície do que outras, o que torna mais fácil a sua utilização.

Em certos locais, fazendo furos de apenas 100 metros é possível alcançar calor útil, assim como existem zonas onde contém nascentes de água quente completamente espontâneas. Mas na maior parte do mundo é necessário fazer furos de quilómetros de profundidade para encontrar calor significativo. (Tipicamente na crosta terrestre o calor aumenta 25° a 30° célsius por cada quilómetro de profundidade em direção ao centro da terra.)

Prof. Mierzwa

## Energia Geotérmica

A energia geotérmica tem muitas aplicações práticas, pode servir para aquecer habitações, piscinas, estufas de agricultura e Centrais geotérmicas para a produção de energia elétrica. Devido à necessidade de se obter energia elétrica de uma maneira mais limpa e em quantidades cada vez maiores, existe um interesse renovado neste tipo de energia pouco poluente.

Prof. Mierzwa

## Energia Geotérmica

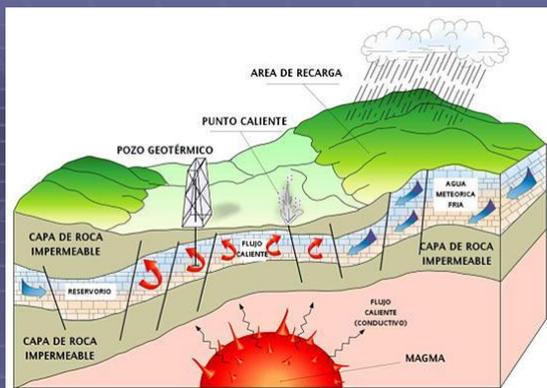
- Conversão do calor natural, proveniente do interior do planeta, em energia para aquecimento ou geração de eletricidade;
- O processo de geração de calor no interior do planeta é completamente compreendido;
  - Está associado ao movimento de placas tectônicas e decaimento radioativo de isótopos naturais.

Prof. Mierzwa

# Energia Geotérmica

- Características:
  - Aproveitamento:
    - Utilização do calor para geração de energia elétrica a partir do vapor d'água;
    - Utilização de água subterrânea, para aquecimento ou resfriamento de edifícios.
  - Impactos ambientais:
    - Menos intensos que os causados por outras fontes, mas não são desprezíveis:
      - Poluição sonora, emissão de gases, alteração do solo e poluição térmica.
  - Não depende do transporte e beneficiamento de grandes quantidades de materiais.

Prof. Mierzwa



usina geotérmica de Nesjavellir, próxima a Bingvellir, Islândia

Prof. Mierzwa Prof. Joaquin



FIGURE 17.2 Geysers Geothermal Field located north of San Francisco, California. The Geysers is the largest geothermal power operation in the world and produces the energy directly from steam.

Prof. Mierzwa

## Fontes Renováveis de Energia

- São todas aquelas direta ou indiretamente derivadas da energia solar:
  - Energia hidráulica, que só é continuamente obtida devido ao ciclo hidrológico, que depende da energia do sol;
  - Energia acumulada nas plantas pelo processo de fotossíntese, das quais se pode obter combustíveis.

Prof. Mierzwa

## Fotovoltaicas

Os painéis fotovoltaicos são feitos de materiais semicondutores à base de silício. Quando recebem radiação solar, liberam elétrons e geram energia.

### Pontos de vista:

“É uma beleza, mas é caríssimo”, resume Schaeffer, da UFRJ. Para ele, o uso só se justifica em situações pontuais, em locais de acesso muito difícil. Caso contrário, só é viável se houver subsídios. Baitelo, do Greenpeace, diz que faltam tais incentivos no país. “É a mais cara no Brasil porque não temos legislação”, reclama.

Prof. Mierzwa

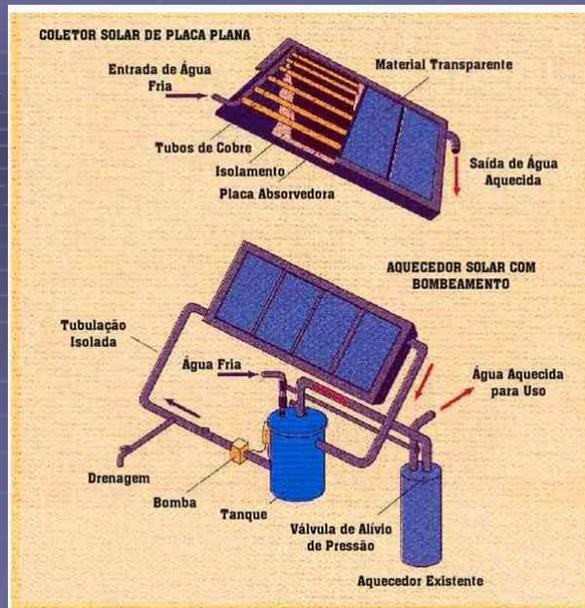
## Fotovoltaicas

### Pontos de vista:

Tolmasquim, da EPE, aponta também que a capacidade de geração de cada painel é muito pequena, de forma que uma usina teria de ocupar uma área muito maior que uma termoelétrica para produzir a mesma energia.

Para José Manuel Diaz Francisco, o investimento vale a pena. “É uma tecnologia que precisa ser incorporada ao cotidiano de prédios e residências para atender a demandas pequenas. Não nos podemos deixar de integrar este tipo de tecnologia, pois é necessário diversificar a matriz energética”, argumenta.

Prof. Mierzwa



Representação Esquemática de um Painel Solar

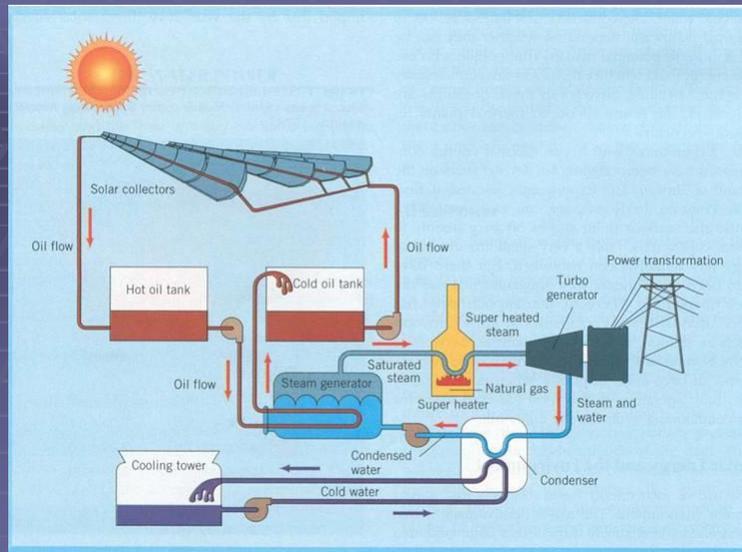
Prof. Mierzwa



Luz International Solar Farm  
(capacidade de produção para atender 540.000 pessoas – USA)

1 – Coletores solares; 2 – Caldeira a gás; 3 – Sistema turbogerador; 4 – Gerador de Vapor e superaquecedor solar; 5 – Sistema de Controle; 6 – Torre de Resfriamento; 7 – Interconexão com a rede de distribuição.

Prof. Mierzwa



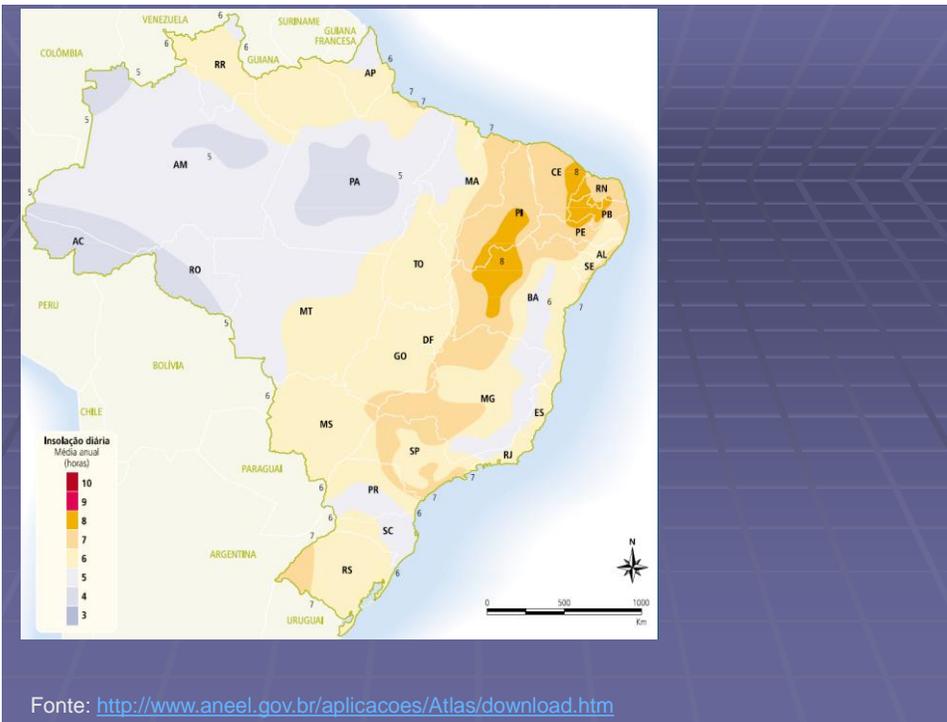
Representação Esquemática da Usina Luz Internacional  
(Deserto de Mojave, Sul da Califórnia)

Prof. Mierzwa

## Energia Solar Direta

- Células fotovoltaicas:
  - Convertem a luz do sol diretamente em energia elétrica, utilizando um material semicondutor sólido.
  - São utilizadas células solares feitas de silício, ou outro material, e componentes eletrônicos, apresentando poucas ou nenhuma parte móvel.
  - Eficiência de conversão de energia solar em energia elétrica varia de 10% a 25%;
  - Expectativa para o limite superior da eficiência de conversão da ordem de 30%.

Prof. Mierzwa



## Energia Solar Direta

- Ainda não se mostra competitiva em relação as outras fontes disponíveis;
- Alternativa para aproveitamento em pequena escala e locais remotos;
- Não ocorre a emissão de poluentes para o meio ambiente;
- Impactos ambientais resultantes da extração dos recursos naturais para a fabricação e montagem dos sistemas coletores.

Prof. Mierzwa

## Energia Hidráulica

Aproximadamente 80% da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidroelétricas. Essa energia é gerada pela correnteza dos rios, que faz girar turbinas instaladas em quedas d'água. De modo geral, a tecnologia é considerada limpa, uma vez que praticamente não emite gases de efeito estufa, que fortalecem o aquecimento global.

Prof. Mierzwa Prof. Joaquin

## Energia Hidráulica

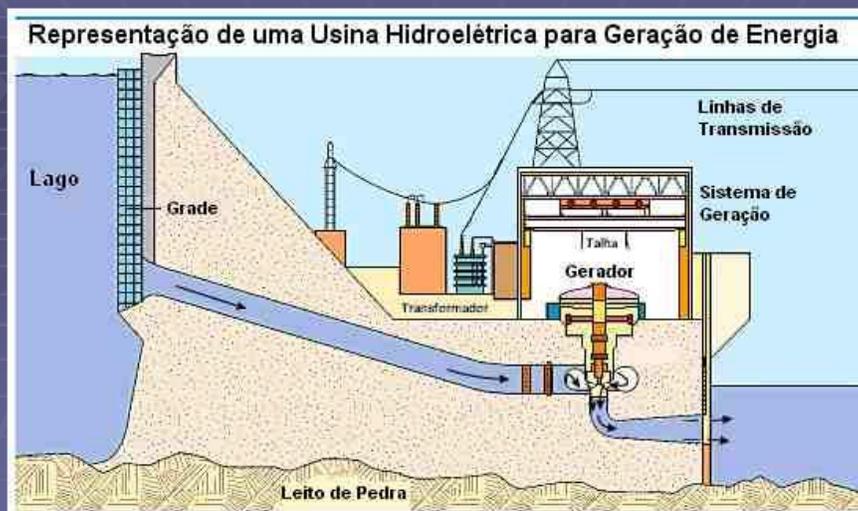
O grande problema ambiental – e também social – causado pelas hidroelétricas é a necessidade de represar os rios. Vastas regiões são alagadas, o que provoca não só a retirada das populações humanas do local, como alterações no ecossistema. Por conta disso, projetos de usinas para o Norte do Brasil – como a polêmica obra de Belo Monte – **preveem reservatórios menores**. Contudo, isso torna a geração mais dependente do volume de água e, portanto, **exige que haja outras fontes de energia** para garantir o abastecimento constante.

Prof. Mierzwa

# Energia Hidráulica

- A energia hidráulica é uma forma de energia solar armazenada, a medida que o fluxo de água no Planeta ocorre devido a ação do sol;
- Conversão:
  - Armazenagem de água em um reservatório localizado acima de um sistema de geração;
  - Passagem da água através de turbinas;
  - Acionamento de geradores.

Prof. Mierzwa



Prof. Mierzwa

## Energia Hidráulica

- Eficiência de conversão de até 96 %;
- Baixo custo de produção;
- Impactos ambientais:
  - Relacionados aos reservatórios;
  - Grandes áreas alagadas;
  - Alteração das características do fluxo e da qualidade da água.
- Além das usinas hidroelétricas tradicionais pode-se fazer o aproveitamento da energia das marés ou ondas.

Prof. Mierzwa



FIGURE 17.12 Tidal power station on the River Rance near Saint-Malo, France.

Prof. Mierzwa

## Energia Eólica

- Pequenos moinhos de vento geram 1 kW de energia;
- No Brasil o uso de energia eólica esteve associado à utilização de cata-ventos para o bombeamento de água;
- A partir das décadas de 70 e 80 foram desenvolvidas pesquisas para a geração de energia elétrica;

Prof. Mierzwa



Parque eólico no Ceará

Prof. Mierzwa

## Energia Eólica

A **grande dependência do clima** também é um problema das usinas eólicas – nas quais o vento move hélices que acionam turbinas. Esta alternativa **não pode ser usada sozinha, é preciso que haja um sistema para complementá-la**, mas faz sucesso por ser **ecologicamente correta**.  
 “É energia de mais **baixa emissão de gás de efeito estufa**”,

Prof. Mierzwa Prof. Joaquin

## Energia Eólica

### Pontos de vista:

Uma alternativa é fazer com que **eólicas e hidroelétricas se completem**. “No Nordeste, os ventos sopram mais forte justamente na época mais seca”, exemplifica Mauricio Tolmasquim, presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia.

Esse é o tipo de **usina que mais cresce no mundo**. “É a bola da vez mesmo”, diz Roberto Schaeffer, professor de planejamento energético da pós-graduação em engenharia da UFRJ. Por isso mesmo, o custo vem caindo.

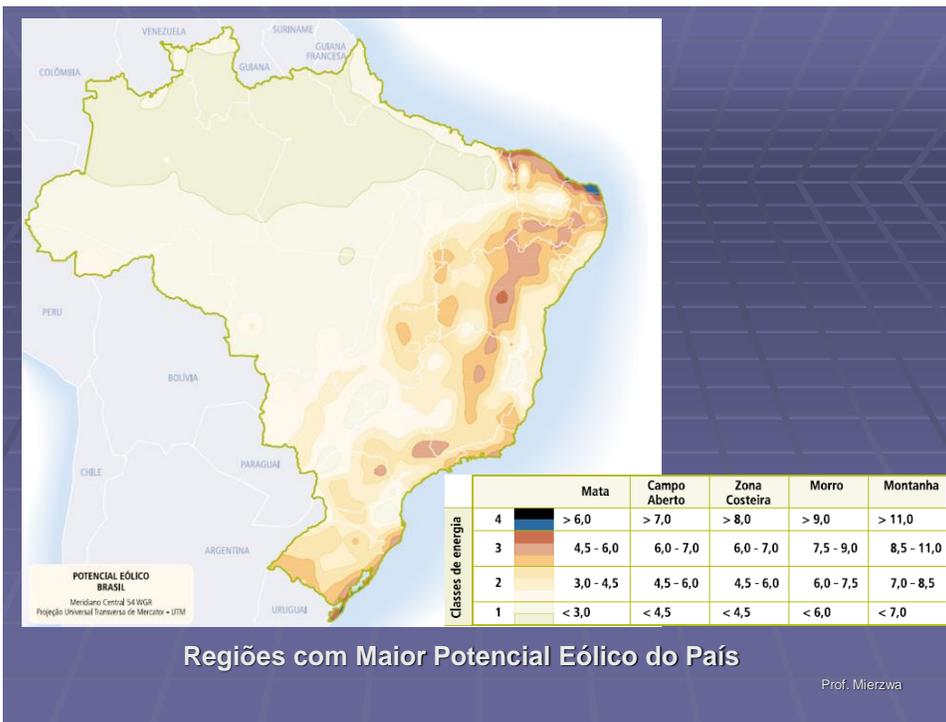
Contudo, **não é muito potente, e é preciso instalar várias usinas lado a lado para se obter bons resultados**. Na Europa, já há **comunidades que reclamam da poluição visual, que prejudica o turismo**, relatam Schaeffer e Tolmasquim.

Prof. Mierzwa Prof. Joaquin

# Energia Eólica

- Não irá solucionar todos os problemas relacionados à demanda de energia elétrica;
- Aspectos ambientais:
  - Projetos de demonstração indicam que as vibrações dos moinhos de vento podem produzir ruídos objetáveis;
  - Os moinhos de vento podem interferir nas transmissões de rádio e televisão;
  - A paisagem local é alterada;
  - Ocupação de grandes áreas para a instalação dos moinhos;
  - Morte de pássaros que colidem com as pás dos moinhos.

Prof. Mierzwa



Prof. Mierzwa



## Biomassa

- Nome moderno dado ao mais antigo combustível utilizado pelo Homem;
- Matéria orgânica pode ser queimada diretamente ou convertida para uma forma mais conveniente e depois queimada para o aproveitamento da energia.
- Até o final do século XIX a madeira foi a principal fonte de energia em todo o Mundo.

## Biomassa

- Fontes de biomassa combustível incluem os produtos florestais e agrícolas e o lixo urbano que pode ser incinerado;
- No Brasil uma grande fonte de biomassa para combustível são as culturas de cana-de-açúcar, que fornecem o etanol utilizado nos automóveis e o bagaço da cana;
- Atualmente tem sido bastante pesquisada a produção de biodiesel;
- A produção líquida de energia é baixa, sendo necessária uma considerável quantidade de energia para a sua coleta e transporte.

Prof. Mierzwa

## Biomassa

No Brasil, para a termoelétricas uma alternativa mais ecológica é o uso da biomassa. Quando se usa material orgânico – o mais comum no país é o bagaço da cana –, a combustão não emite gases de efeito estufa. Isso acontece porque o gás carbônico liberado é utilizado pelas plantas na fotossíntese, fechando o ciclo do carbono. Os custos são semelhantes aos das termoelétricas a carvão.

### **Pontos de vista:**

Para Roberto Schaeffer, da UFRJ, “é melhor até que a hidrelétrica do ponto de vista ambiental”. Já Ricardo Baitelo não se entusiasma. “Do ar diretamente relacionado a queimadas, afeta bastante populações próximas a canaviais e aumenta incidência de doenças respiratórias”, indica o especialista do Greenpeace.

Prof. Mierzwa