

# **BC-0207 Energia: origens, conversão e uso**

---

## **Aula 03 – Solar, marés, geotérmica e fontes fósseis**

Prof. João Moreira

CECS - Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas  
Universidade Federal do ABC – UFABC

# Principais tópicos

---

## ☐ Potencial de energia primária

- Solar
  - Marés
  - Geotérmica
  - Petróleo
  - Gás natural
  - Carvão
-

# Energia solar

---



Geração  
centralizada  
(usina)

## Painéis fotovoltaicos



Geração distribuída

# O Sol provê energia

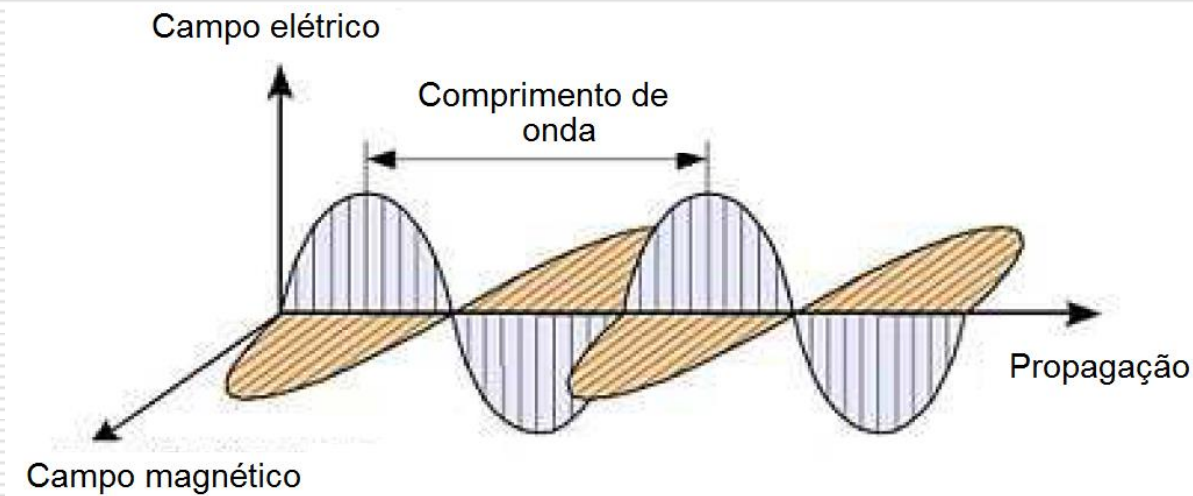
---

- ❑ O sol movimenta a cadeia hidrológica que abastece os rios das hidrelétricas
  - ❑ O calor solar alimenta as usinas solares e movimenta os ventos das usinas eólicas
  - ❑ Provê energia por meio da fotossíntese para dar origem à biomassa
  - ❑ Proveu no passado longínquo a energia para a formação das diversas fontes fósseis (a partir da matéria orgânica)
-

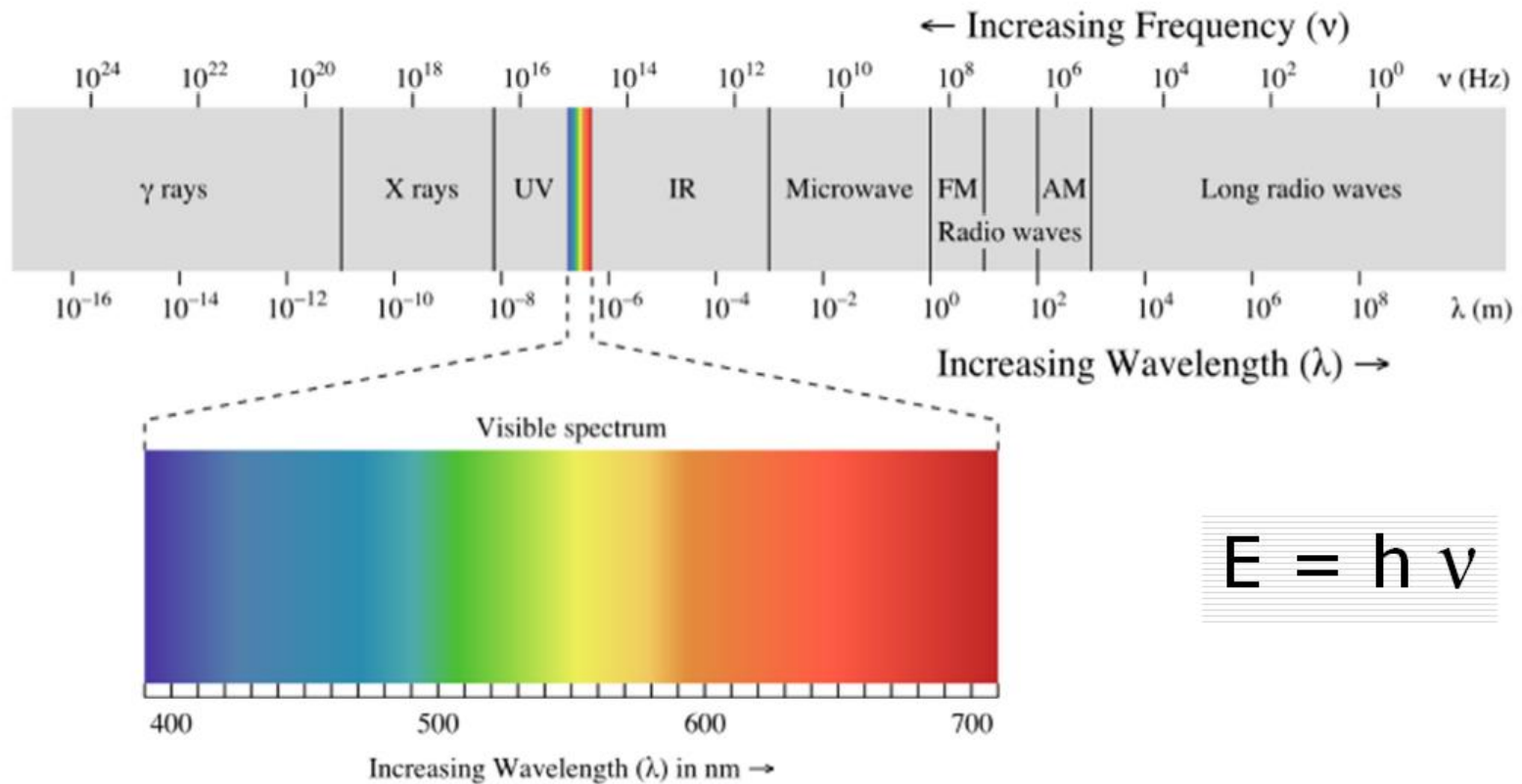
# A luz é uma onda ou uma partícula?

---

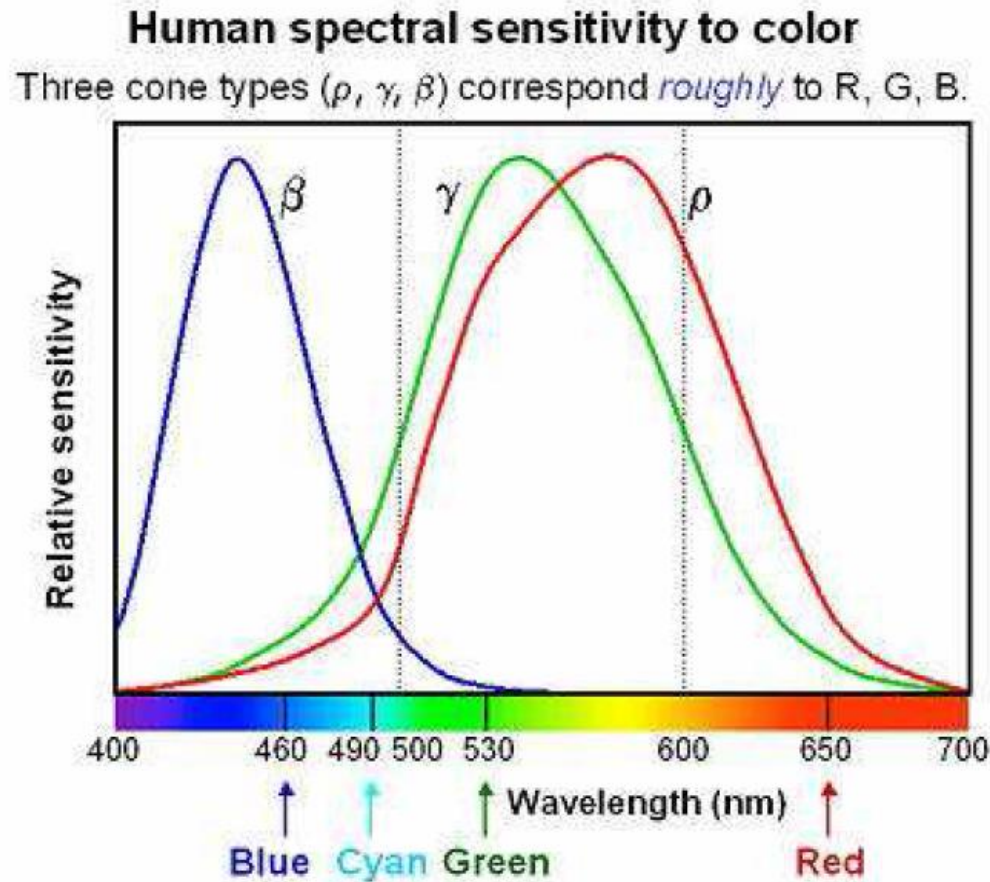
- ❑ Resposta atual: depende do fenômeno estudado ela se comporta como partícula ou onda  $E = h \nu$



# Fóton – partícula ou quanta de luz



# Sensitivade humana para a percepção da cor



# Formação do sistema solar

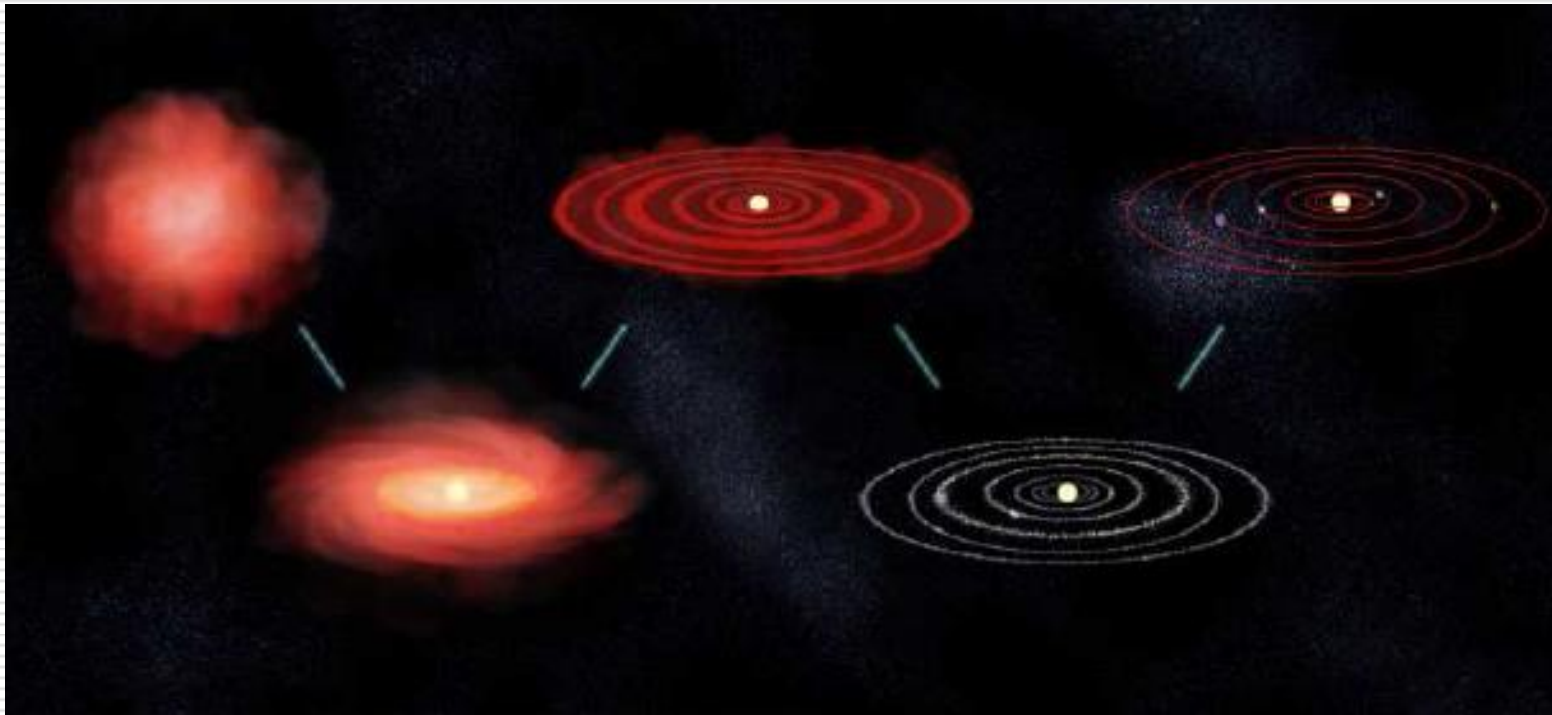
---

- ❑ O sistema solar possui cerca de 4,6 bilhões de anos
  - ❑ Originou-se do colapso de uma nuvem de gás
  - ❑ O Sol tem 99,86 da massa total do sistema solar
  - ❑ O raio do Sol é 109 vezes maior que o da Terra
  - ❑ A massa do Sol é 330.000 vezes maior que a da Terra
  - ❑ Temperatura do Sol é muito elevada
-



# Formação do sistema solar

---

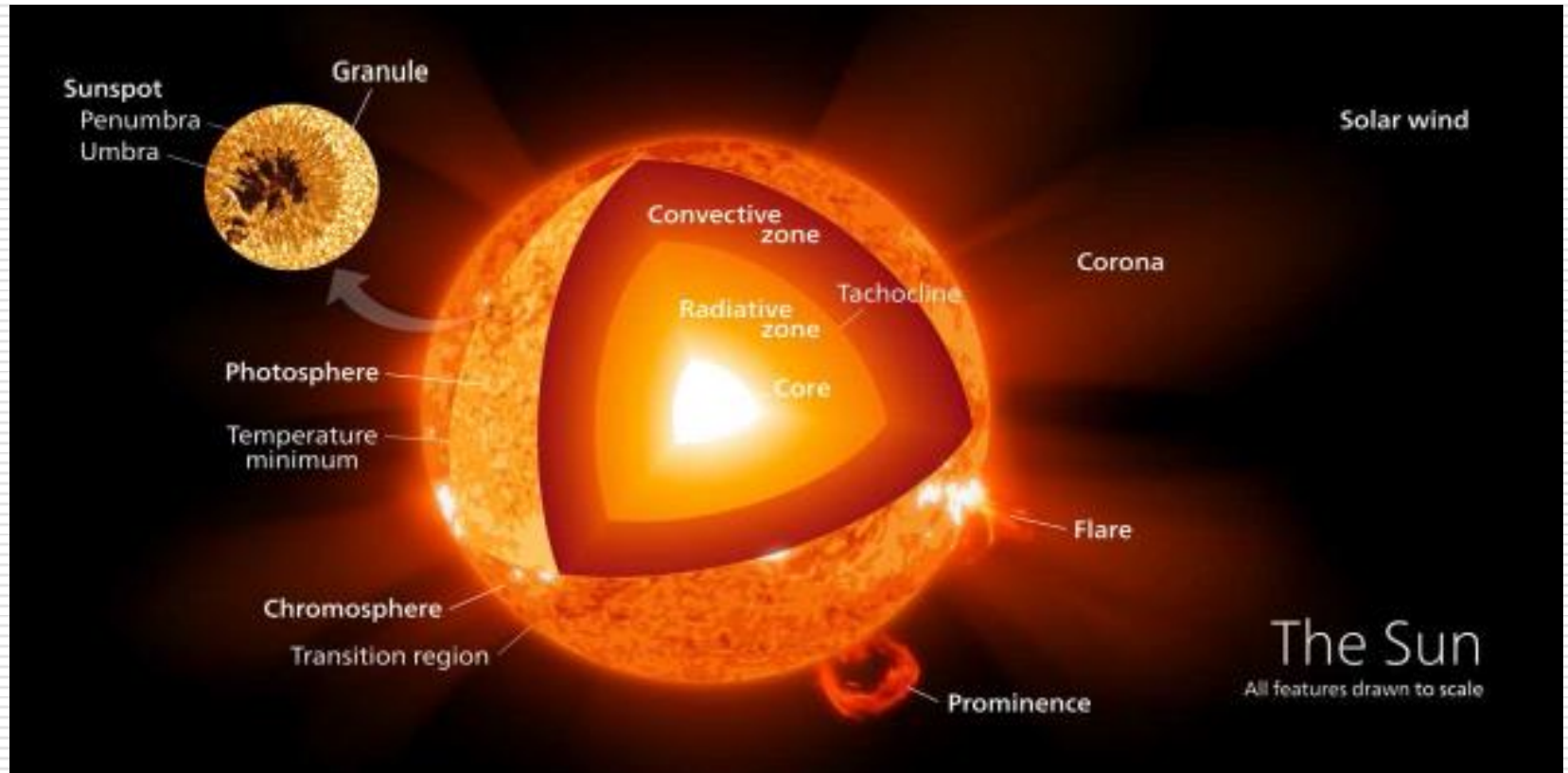


Reações Nucleares

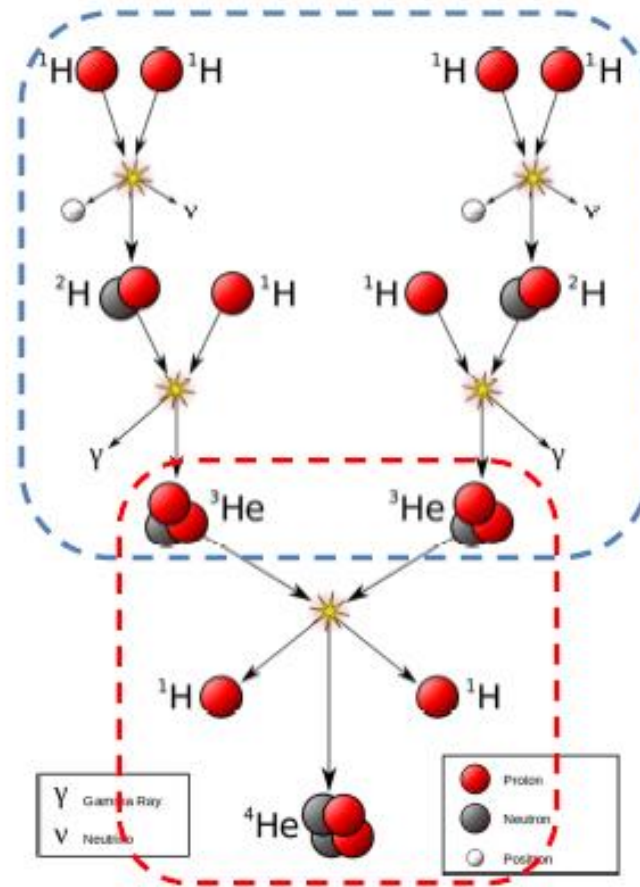
---

# $E = mc^2$ – reações de fusão

---



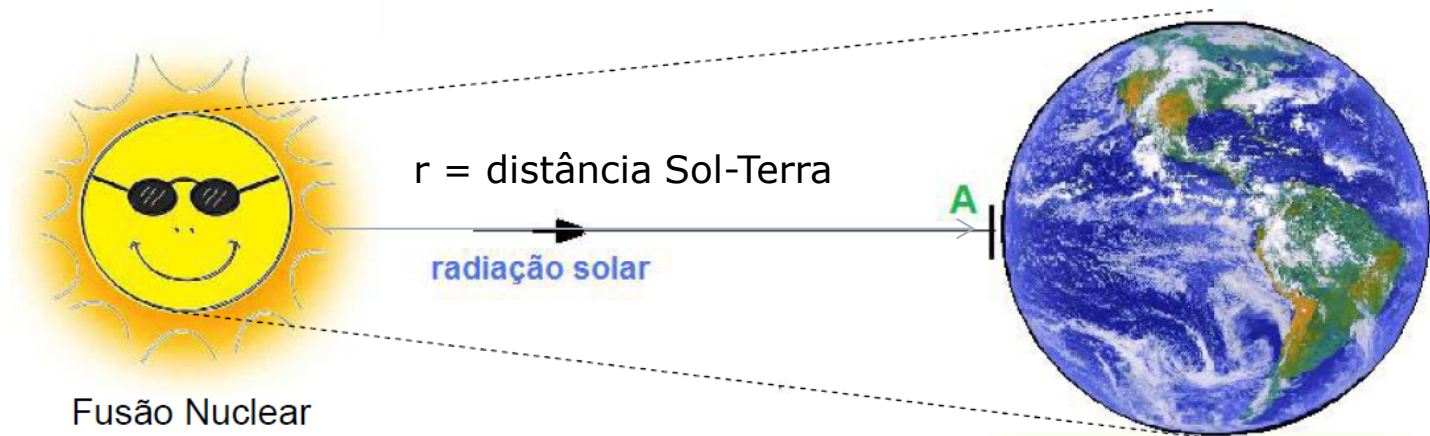
# Reações de fusão



# Radiação solar sobre a Terra

- Intensidade de radiação solar no topo da atmosfera incidindo sobre área normal à direção da radiação:  $I(S) = 1395 \text{ W/m}^2$

$$I(r) = \frac{I_0}{4\pi r^2}$$

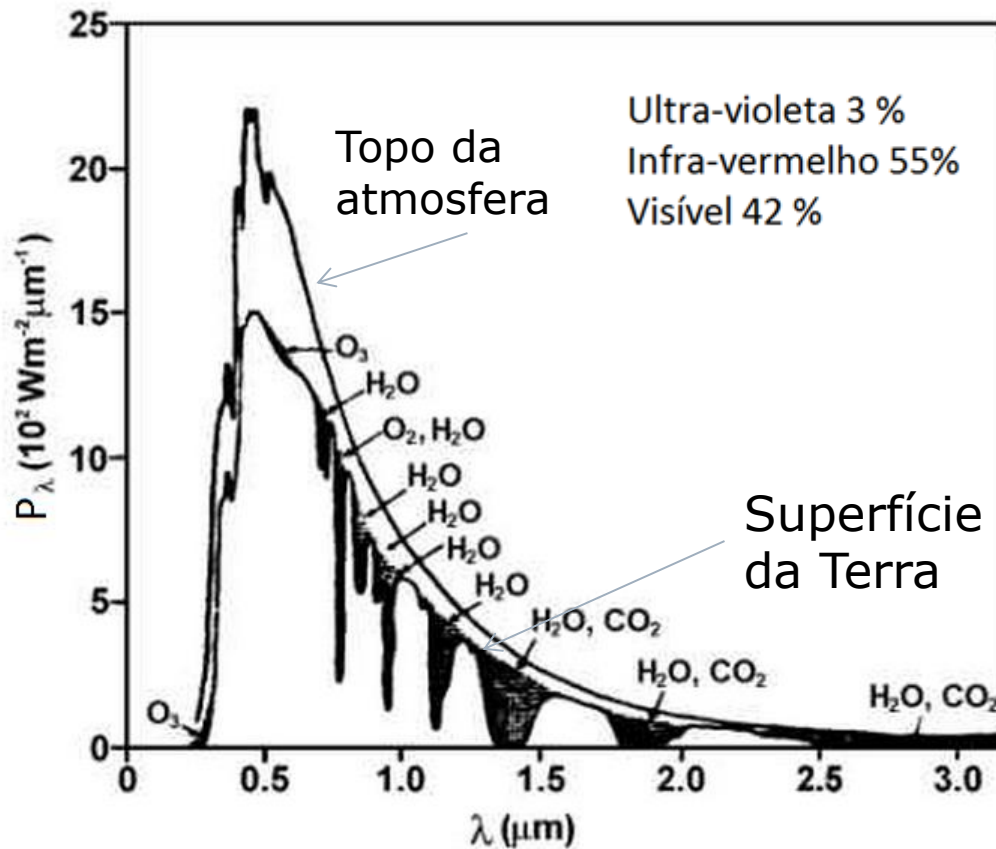


Fusão Nuclear

Nota: Esta intensidade é a que se espera se a temperatura do sol é 6000 K ( $I_0 = \sigma T^4$ )

A = área normal à direção da radiação solar

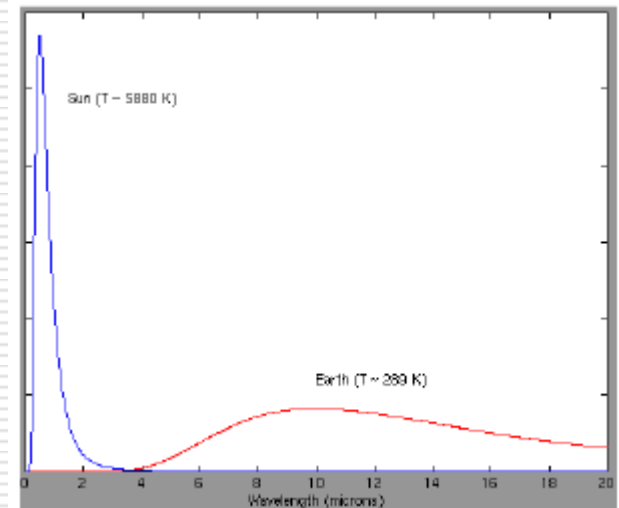
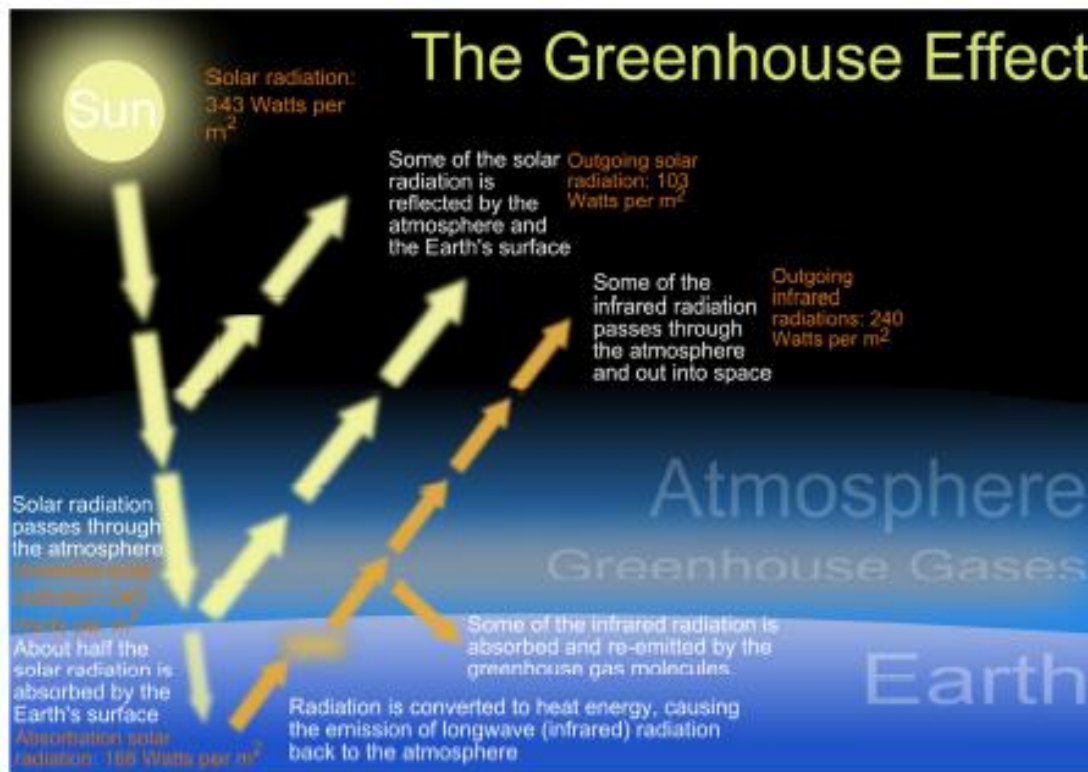
# Espectro solar



$$1395 \text{ W/m}^2 = \int_0^{\infty} P_{\lambda} d\lambda$$

A integral sob a curva maior fornece a constante solar = 1395 W/m<sup>2</sup>

# Efeito estufa



Espectro da radiação  
térmica emitida pelo  
Sol e pela Terra  
Modelo do corpo  
negro



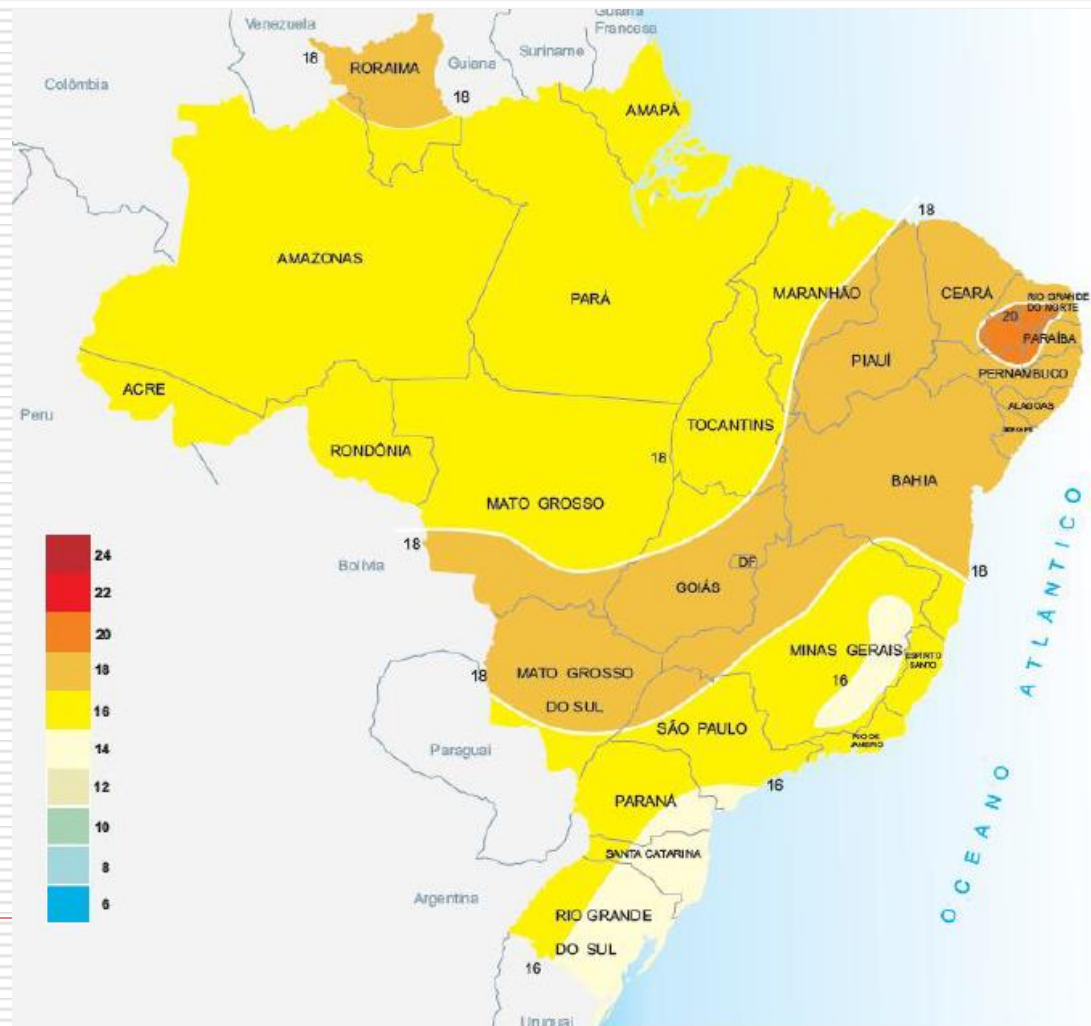
# Energia de certos fótons utilizados pela sociedade

---

Elemento ou processo	Energia
Fóton no infravermelho com $\lambda = 10000$ nm – o representante mais comum na radiação térmica da Terra.	0,124 eV
Fótons na faixa do visível ( $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ ) – representantes mais comuns na emissão do Sol	1,6 a 3,4 eV
Energia necessária para arrancar o elétron do átomo de hidrogênio (ionização do H)	13,6 eV
Fóton na faixa do Raio-X (depende do tipo de raio-X)	100 a 100 000 eV
Um pernilongo voando <sup>3</sup>	1 TeV ou $10^{12}$ TeV
As colisões geradas no LHC (Large Hadron Collider) – o centro de pesquisa que detectou o Bóson de Higgs	13 TeV

---

# Fluxo de energia solar sobre o Brasil (MJ/m<sup>2</sup>dia)

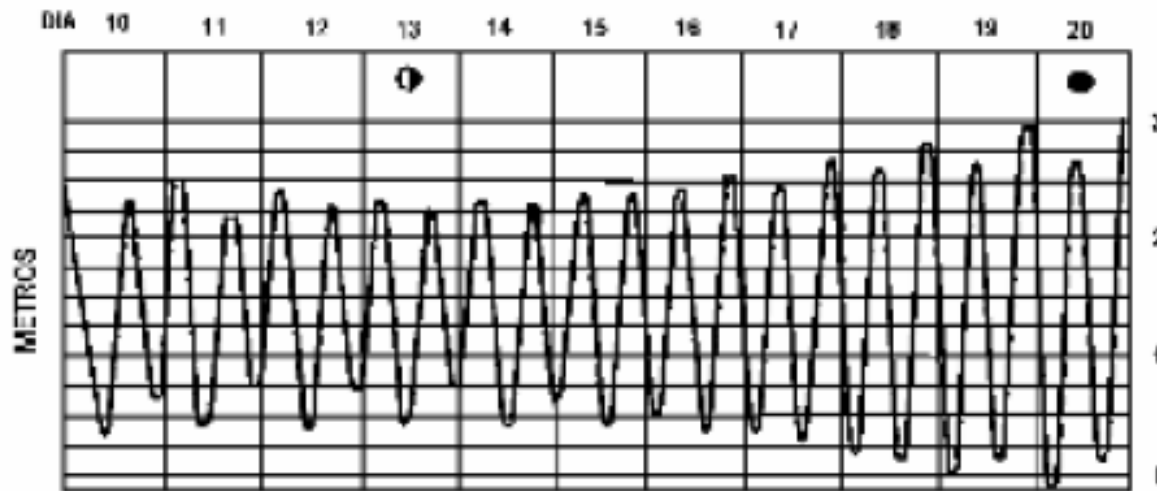




# Energia das marés

---

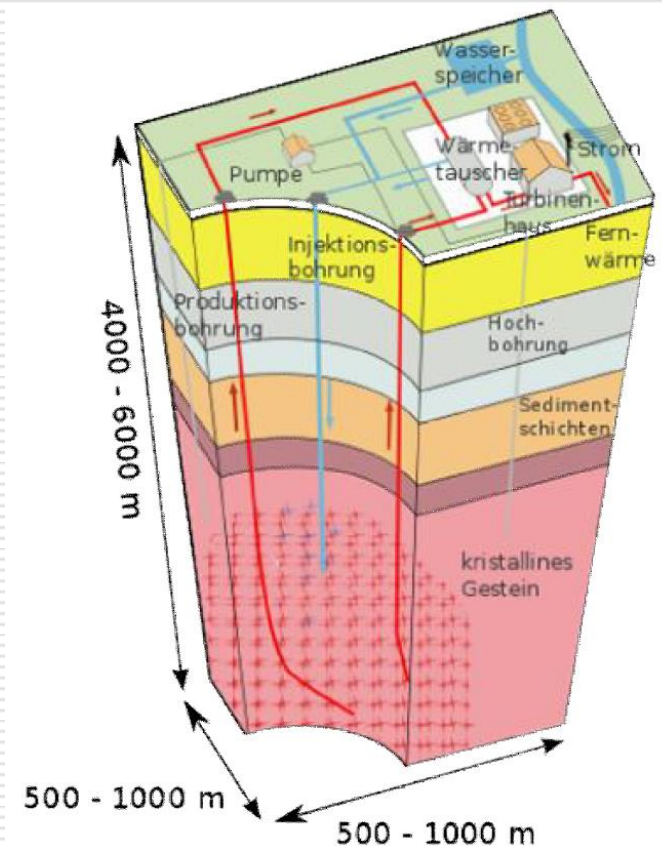
- ❑ Tábua de marés
- ❑ O vai e vem das ondas pode ser utilizado para gerar energia



# Energia geotérmica

- ❑ Em certos locais com 100 m de profundidade há nascentes de água quente completamente espontâneas.
- ❑ Na maior parte do mundo é necessário fazer furos de centenas de quilômetros para encontrar calor significativo.
- ❑ A temperatura aumenta para dentro da Terra na taxa de:

$$\frac{dT}{dz} = 28^{\circ}\text{C}/\text{km}$$



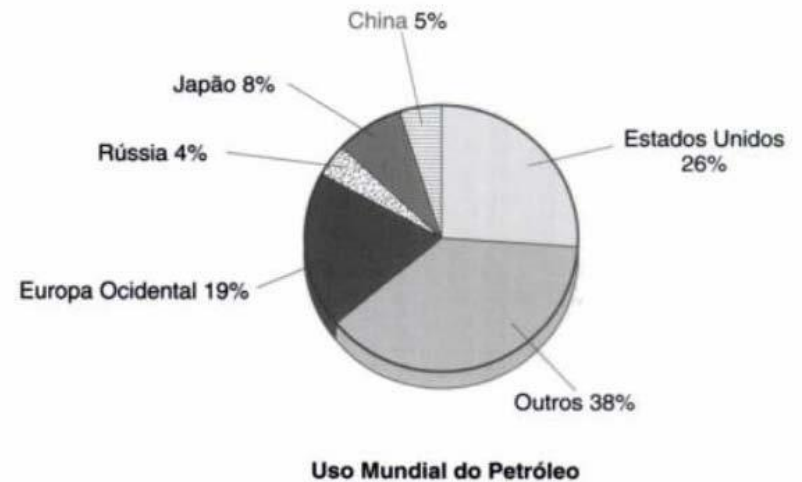
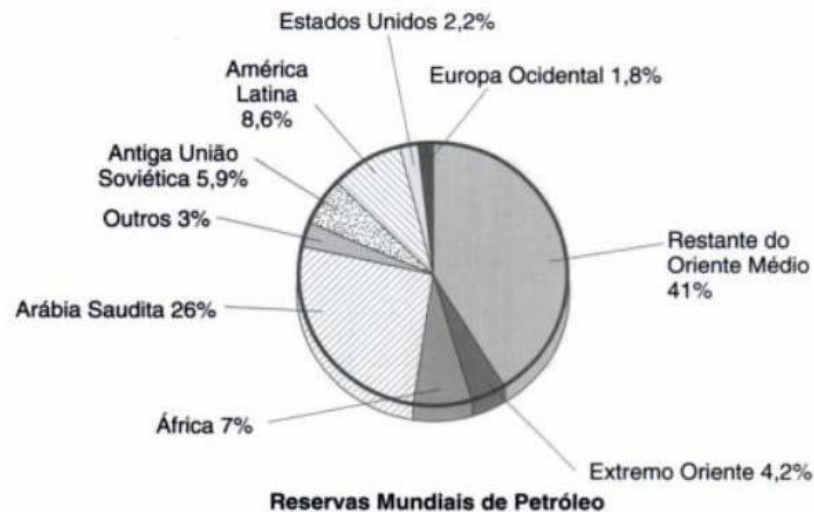
# Reservas e recursos fósseis

---

- Recursos são quantidades de energéticos (podem ser minérios ou outras substâncias da natureza) que podem ser utilizadas para algum fim útil.
  - Reservas são recursos bem conhecidos por meio de prospecção e que podem ser recuperados a preços atuais com tecnologias atuais.
  - Classificação de reservas
    - Reservas comprovadas –(definição acima)
    - Reservas indicadas –são recursos recuperáveis de jazidas conhecidas a partir do melhoramento das técnicas de recuperação.
    - Reservas inferidas –são os depósitos esperados em jazidas identificadas, porém ainda não quantificadas.
-

# Reservas mundiais e consumo mundial de petróleo de vários países

---



# Petróleo

---

- ❑ Decomposição de matéria orgânica e conversão final a alta temperatura e pressão ao longo de milhões de anos.
  - ❑ Aterrado vários metros abaixo do solo
  - ❑ É uma mistura de óleo cru, gás natural em solução e semi-sólidos asfálticos espessos e pesados.
  - ❑ É uma mistura complexa de hidrocarbonetos com:
    - 7g de C para cada 1 g de H
    - Há compostos com um átomo de carbono ( $\text{CH}_4$ )
    - Há alguns com mais de 100 átomos de C
-

# Petróleo

---

- ❑ Nome genérico dado a um líquido oleoso inflamável formado de hidrocarbonetos,  $C_nH_m$ .
  - ❑ Formado pela transformação de matéria orgânica, depositada na Terra, fundo dos oceanos e mares, durante milhões de anos, sob pressão de camadas de sedimentos, formando as rochas sedimentares (rochas reservatórios).
  - ❑ A densidade do óleo varia de 0,8-0,95 g/cm<sup>3</sup> sendo usualmente de cor preta.
    - hidrocarbonetos – 95 a 98 %
    - matéria orgânica contendo oxigênio, nitrogênio ou enxofre e traços de compostos organometálicos
-

# Petróleo

---

- ❑ Poços antigos rasos petróleo de má qualidade (devido à presença de oxigênio na sua formação).
  - ❑ Poços atuais:
    - Em terra (onshore)- poços de 23 m até 6000 m de profundidade
    - No mar (offshore) - profundidades até 7000 m
-

# Classificação do petróleo

---

## ■ **DENSIDADE: Grau API (American Petroleum Institute)**

- **Expressa a densidade relativa do óleo: A escala API, medida em graus, varia inversamente à densidade relativa, isto é, quanto maior a densidade relativa, menor o grau API.**
  - **Leve** → grau API acima de 30°
  - **Médio** → grau API entre 22° e 30°
  - **Pesado** → grau API abaixo de 22°
  - **Extrapesado** → grau API abaixo de 10°
- **Quanto maior o grau API, mais valioso será o petróleo**

## ■ **COMERCIAL: Petróleos negociados em bolsas de mercadorias**








- **WTI (West Texas Intermediate): Negociado no NYMEX (NY)**
  - **Grau API entre 38° e 40°**
  - **Teor de enxofre de 0,30%**
- **BRENT (Nome de antiga plataforma da SHELL, MAR DO NORTE): Negociado em Londres**
  - **Grau API de 39,4°**
  - **Teor de enxofre de 0,34%**



# Países produtores e consumidores de petróleo

(em milhões de barris/dia)

## PRODUTORES

1.		Rússia	9,934
2.		Arábia Saudita (OPEP)	9,76
3.		Estados Unidos	9,141
4.		Irã (OPEP)	4,177
5.		República Popular da China	3,996
6.		Canadá	3,294
7.		México	3,001
8.		Emirados Árabes Unidos (OPEP)	2,795
9.		Brasil	2,577
10.		Kuwait (OPEP)	2,496
11.		Venezuela (OPEP)	2,471
12.		Iraque (OPEP)	2,4
13.		Noruega	2,35
14.		Nigéria (OPEP)	2,211
15.		Argélia (OPEP)	2,086

## CONSUMIDORES

1.		Estados Unidos	19,771
2.		República Popular da China	8,324
3.		Japão	4,367
4.		Índia	3,11
5.		Rússia	2,74
6.		Brasil	2,522
7.		Alemanha	2,456
8.		Arábia Saudita (OPEP)	2,438
9.		Coreia do Sul	2,185
10.		Canadá	2,147
11.		México	2,084
12.		França	1,828
13.		Irã (OPEP)	1,691
14.		Reino Unido	1,667
15.		Itália	1,528

Fonte: Dep. de Energia - EUA

# Países importadores e exportadores de petróleo

(em milhões de barris/dia)

## IMPORTADORES

1.		Estados Unidos	9,631
2.		República Popular da China	4,328
3.		Japão	4,235
4.		Alemanha	2,323
5.		Índia	2,233
6.		Coreia do Sul	2,139
7.		França	1,749
8.		Reino Unido	1,588
9.		Espanha	1,439
10.		Itália	1,381
11.		Países Baixos	0,973
12.		Taiwan	0,944
13.		Singapura	0,916
14.		Turquia	0,65
15.		Bélgica	0,597

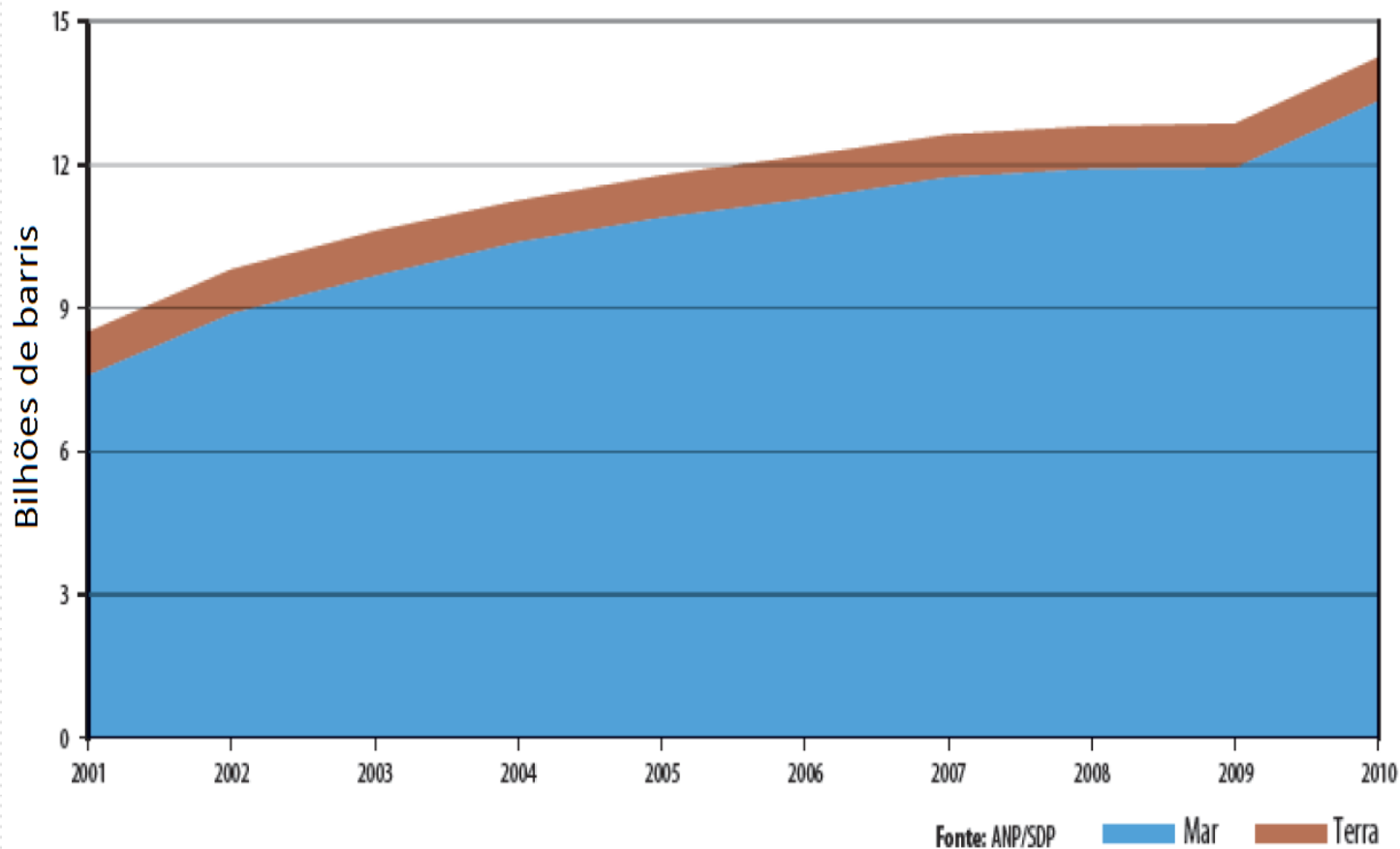
## EXPORTADORES

1.		Arábia Saudita (OPEP)	7,322
2.		Rússia	7,194
3.		Irã (OPEP)	2,486
4.		Emirados Árabes Unidos (OPEP)	2,303
5.		Noruega <sup>1</sup>	2,132
6.		Kuwait (OPEP)	2,124
7.		Nigéria (OPEP)	1,939
8.		Angola (OPEP)	1,878
9.		Argélia (OPEP)	1,767
10.		Iraque (OPEP)	1,764
11.		Venezuela (OPEP)	1,748
12.		Líbia <sup>1</sup> (OPEP)	1,525
13.		Cazaquistão	1,299
14.		Canadá	1,147
15.		Qatar (OPEP)	1,066

Fonte: Departamento de Estatística dos E.U.A.

# Evolução das reservas do Brasil

---



# Torres de extração de petróleo

---

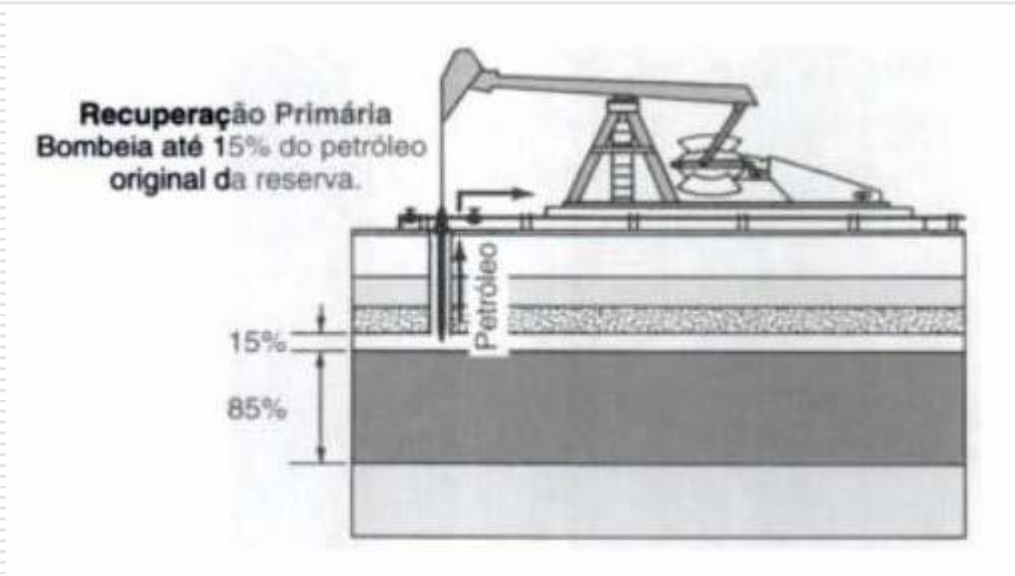




# Recuperação do petróleo

---

- ❑ Como bombear mais petróleo do subsolo?
- ❑ Cerca de 30 % do petróleo é extraído – o resto fica no poço



# Plataformas de petróleo

---

- ❑ Grande desenvolvimento no Rio de Janeiro, Espírito Santo, Santos e Nordeste



# Refino do petróleo

---

- ❑ O processamento do petróleo é chamado de refino
  - ❑ Destilação
  - ❑ Torre de fracionamento ( $\sim 40$  m de altura)
  - ❑ Os vários derivados são condensados em diferentes temperaturas na torre
  - ❑ Os mais pesados na parte de baixo e os mais leves em cima.
  - ❑ Alguns gases são coletados no topo
-

# Produtos do refino

---

- Do mais leve ao mais pesado
    - Gasolina bruta –automotiva e de aviões
    - Querosene bruto
    - Gasóleo –óleo combustível e gases de hidrocarbonetos
    - Óleo lubrificante –parafinas e lubrificantes
    - Fração pesada –coque, asfalto
-



# Gás natural

---

- ❑ É uma mistura de gases com predominância de  $\text{CH}_4$  – metano
  - ❑ Formado de forma semelhante ao petróleo
  - ❑ Ocorre associado ao petróleo ou em poços de somente gás
  - ❑ Pode também ser originado das profundezas da terra (origem não biológica)
  - ❑ Reservas mundiais de gás natural – 130 trilhões de  $\text{m}^3$
-

# Carvão

---

- ❑ Existe em grande abundância em vários países: EUA, Índia, China, Rússia, etc.
  - ❑ Carvão é formado a partir de material vegetal acumulado em pântanos há milhões de anos.
  - ❑ A turfa formada é compacta por ao longo dos anos e forma os veios de carvão.
  - ❑ Necessita-se de cerca de 20 m de vegetal para se formar 1 m de carvão.
  - ❑ O poder calorífico aumenta com o teor de carbono presente.
  - ❑ Utilizado primariamente para a geração de eletricidade
  - ❑ Emissão de gases do efeito estufa
-

# Tipos de carvão

---

- Os tipos de carvão são formados de acordo com as pressão e temperatura que são submetidos.

Classificação	Carbono (%)	Conteúdo energético (Btu/lb)
Lignito	30	5.000–7.000
Sub-betuminoso	40	8.000–10.000
Betuminoso	50–70	11.000–15.000
Antracito	90	14.000

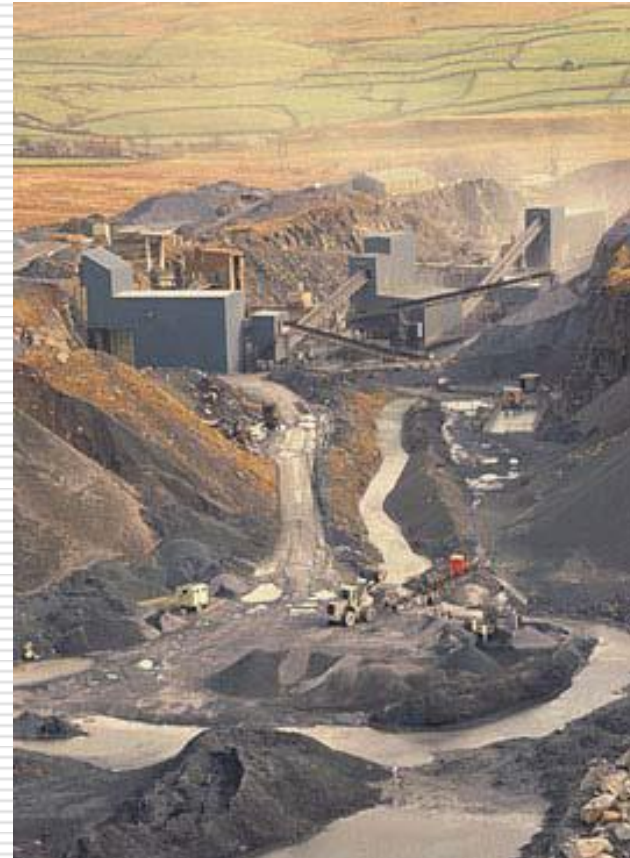
\*(P. Averitt, U.S. Geological Survey Bulletin 1.412, 1975)

- Antracito – raro
  - Betuminoso – mais comum
-

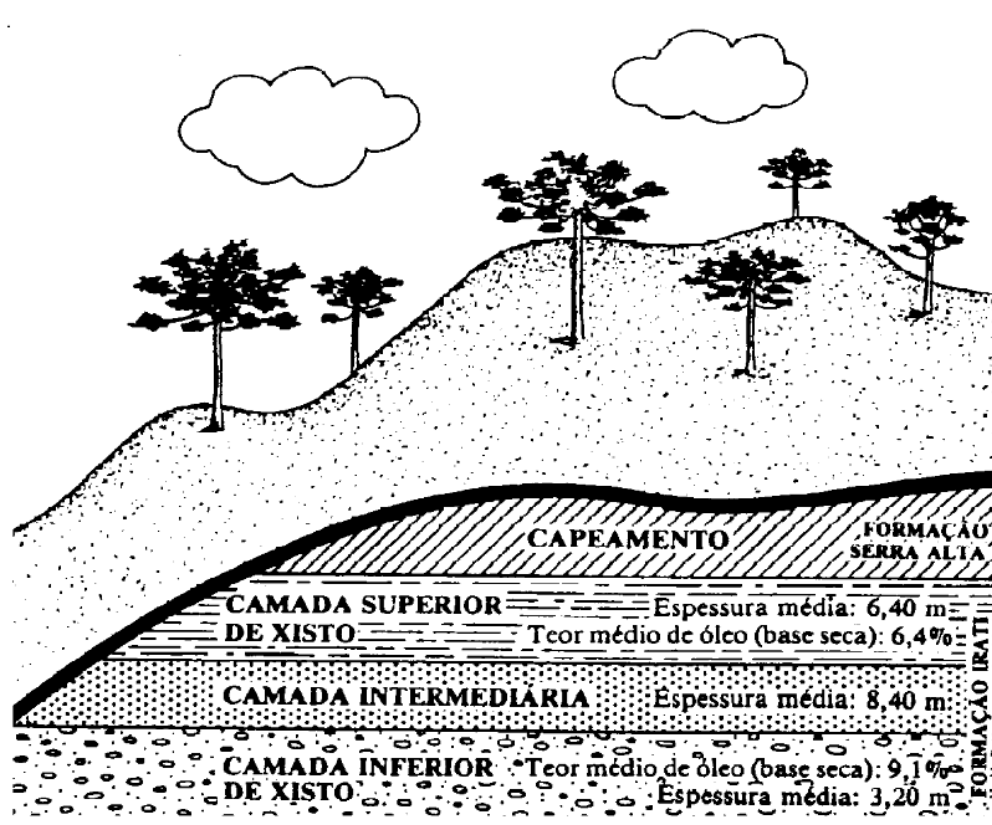
# Mineração do carvão

---

- ❑ Mineração de superfície (céu aberto) apresenta problemas ambientais.
- ❑ Atualmente, após a exploração a área afetada deve ser retornada a condição anterior.
- ❑ Problemas com a suprimimento de água local.
- ❑ Formação de ácido sulfúrico devido a reação do carvão, oxigênio e vapor de água.



# Xisto



- ❑ Xisto é uma rocha sedimentar com óleo na sua constituição. Quando essa rocha é aquecida, o óleo (betume) se separa, adquire características semelhantes às do
- ❑ Petróleo.
- ❑ Atualmente extrai-se petróleo e gás do xisto pela técnica de fratura hidráulica
- ❑ Grandes reservas nos EUA, Argentina e Brasil

# Energia liberada por compostos de origem fóssil e nuclear

Energia liberada pela combustão de vários compostos e pela fissão nuclear

Composto	Composto	Energia (eV)
Carbono (carvão) - sólido	C	4,08
Metano (gás natural) – gasoso	CH <sub>4</sub>	8,31
Propano (componente do gás de cozinha) – gasoso	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	23,01
Butano (componente do gás de cozinha) – gasoso	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	29,83
Octano (componente da gasolina) – líquido	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	56,70
Etino (acetileno, usado em maçarico) – gasoso	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	13,47
Etanol (álcool) – líquido	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	14,18
Hidrogênio – gasoso	H <sub>2</sub>	2,96
Urânio	<sup>235</sup> U	193x10 <sup>6</sup>
Plutônio	<sup>239</sup> Pu	199,5x10 <sup>6</sup>

\* Combustão completa a 298 K e 1 atm.



Fim

