

BC0207

Energia: Origem, conversão e uso

Profa. Denise Criado

E-mail: denise.criado@ufabc.edu.br

Sala: 614-3, Torre 3 Bloco A

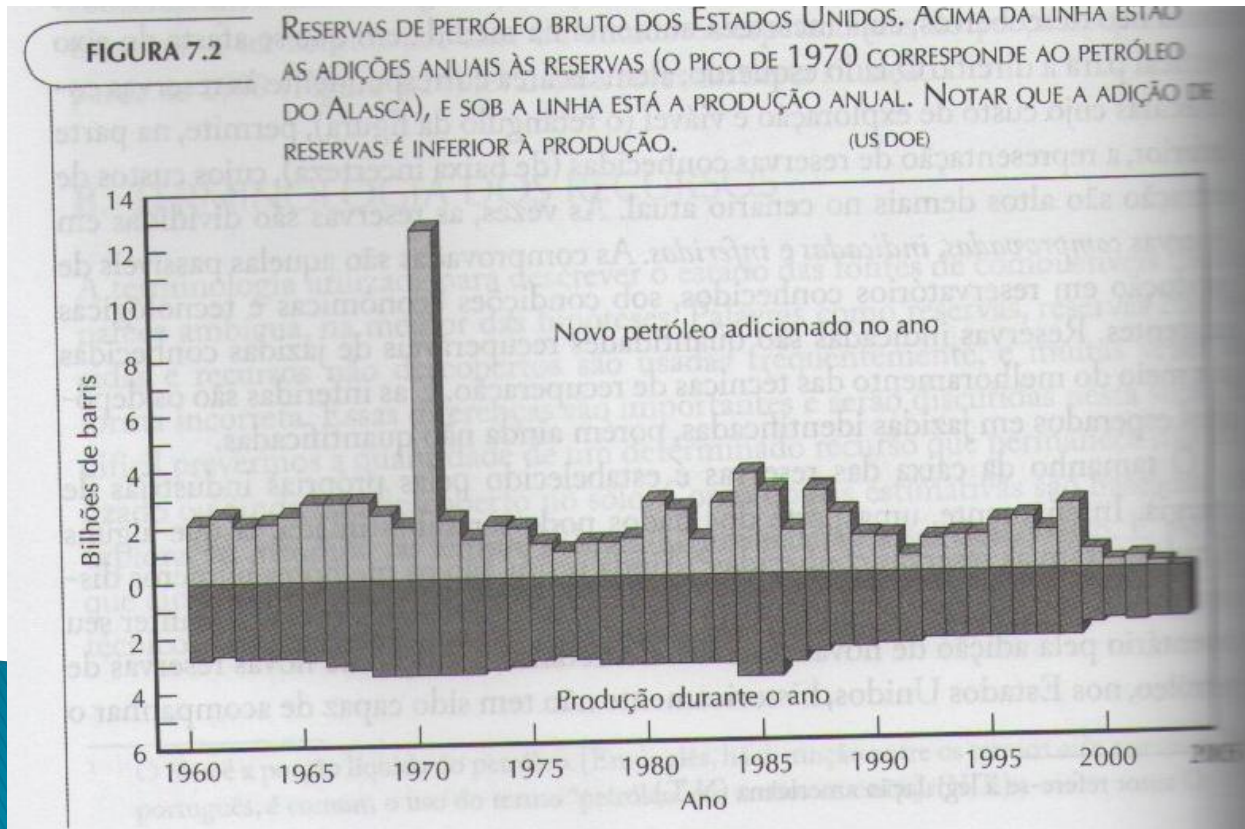
Aula 4

Cap. 7 – Energia de combustíveis fósseis – A, B, C, D, E, F

Cap. 8 – Poluição do ar e uso de energia – A, B, C, D, F

Energia de Combustíveis Fósseis

Carvão – petróleo e gás natural: 65–85% da energia consumida no mundo.



Consumo principalmente em automóveis.

Reservas comprovadas mundiais e americanas: 2003

TABELA 7.1 RESERVAS COMPROVADAS MUNDIAIS E AMERICANAS: 2003.

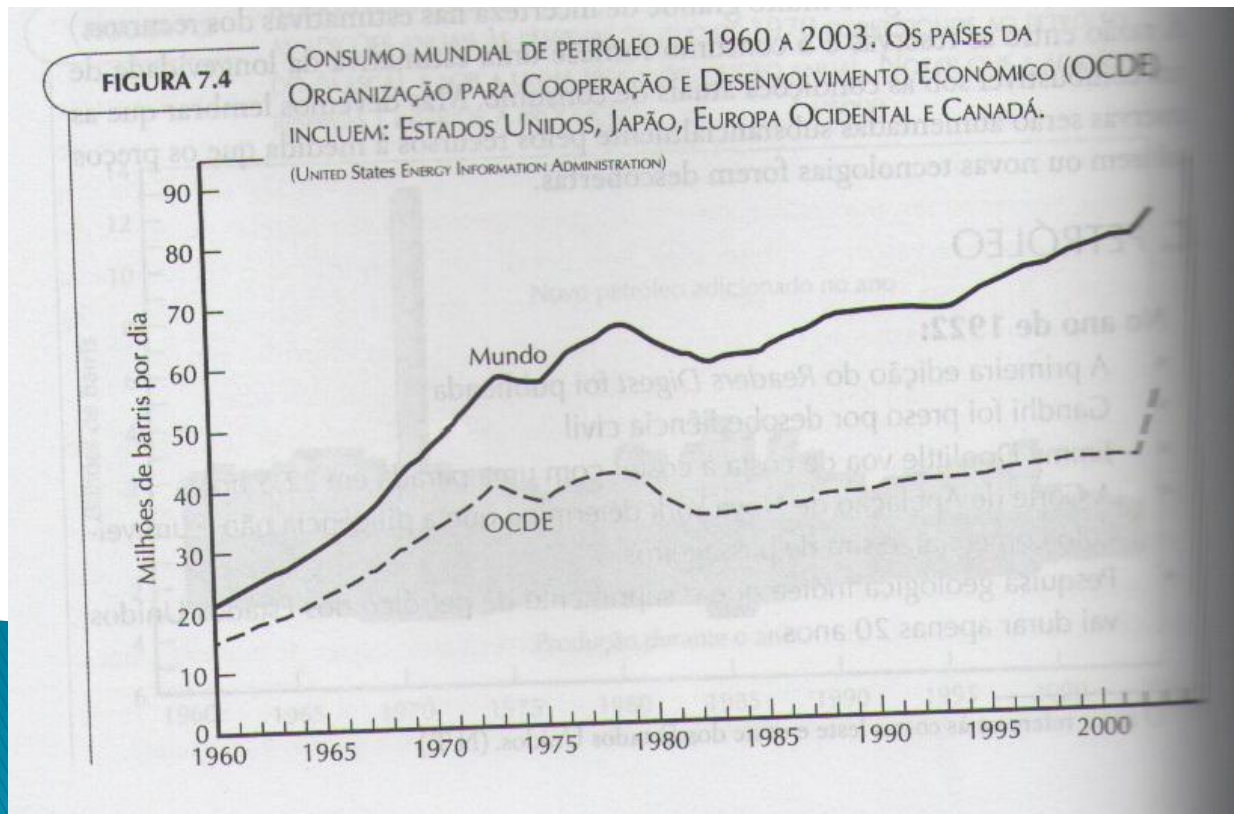
	Mundial	Estados Unidos	Tempo de vida*
Petróleo	1.213×10^9 bbl $7,00 \times 10^{18}$ Btu	23×10^9 bbl $0,12 \times 10^{18}$ Btu	10 anos
Gás natural	5.505×10^{12} ft ³ $5,4 \times 10^{18}$ Btu	187×10^{12} ft ³ $0,19 \times 10^{18}$ Btu	9 anos
Carvão	$1,08 \times 10^{12}$ tons 27×10^{18} Btu	$0,27 \times 10^{12}$ tons $6,5 \times 10^{18}$ Btu	250 anos
Areia betuminosa	272×10^9 bbl $1,5 \times 10^{18}$ Btu	22×10^9 bbl $0,12 \times 10^{18}$ Btu	8 anos
Óleo de xisto	2.570×10^9 bbl 15×10^{18} Btu	20×10^9 bbl $0,11 \times 10^{18}$ Btu	8 anos

* Razão entre as reservas e a taxa de produção americanas em 2003.

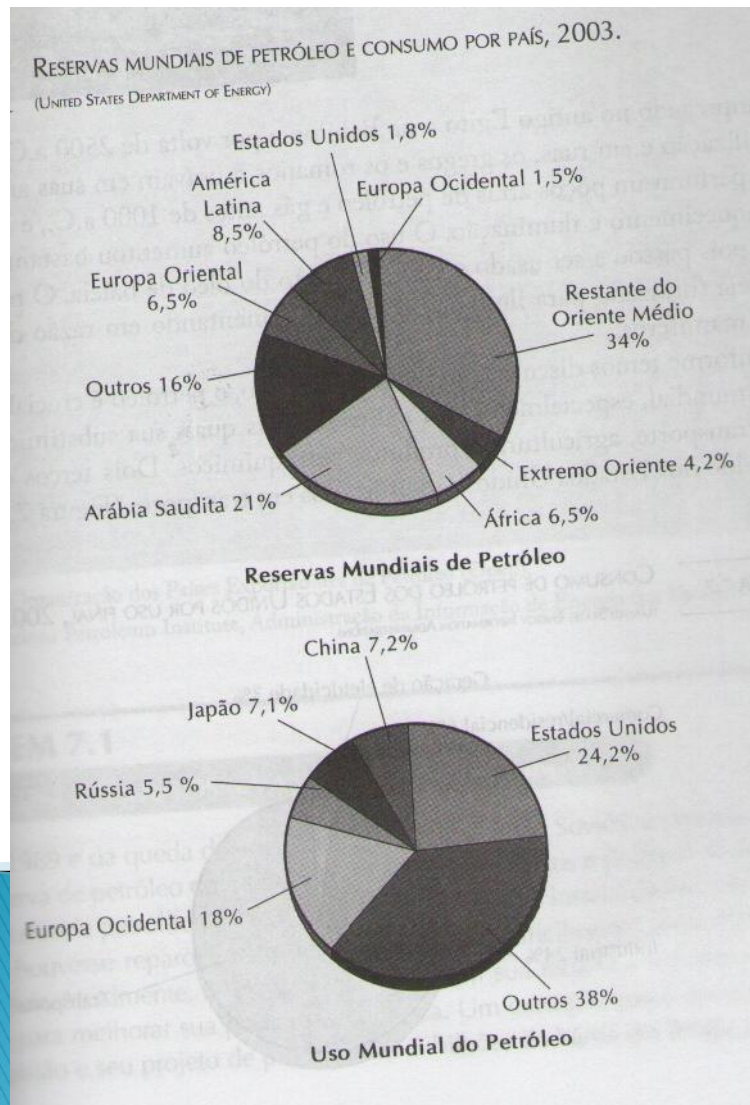
(U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION)

Consumo mundial de petróleo

Em 2003 cerca de 25% do consumo mundial de petróleo foram consumidos nos Estados Unidos. Aproximadamente 56% desse petróleo foi importado.



Reservas mundiais de petróleo e consumo no país, 2003



Reservas mundiais de petróleo e consumo no país, 2003

O piche de asfalto era empregado no Egito antigo e na Babilônia por volta de 2500 a. C..

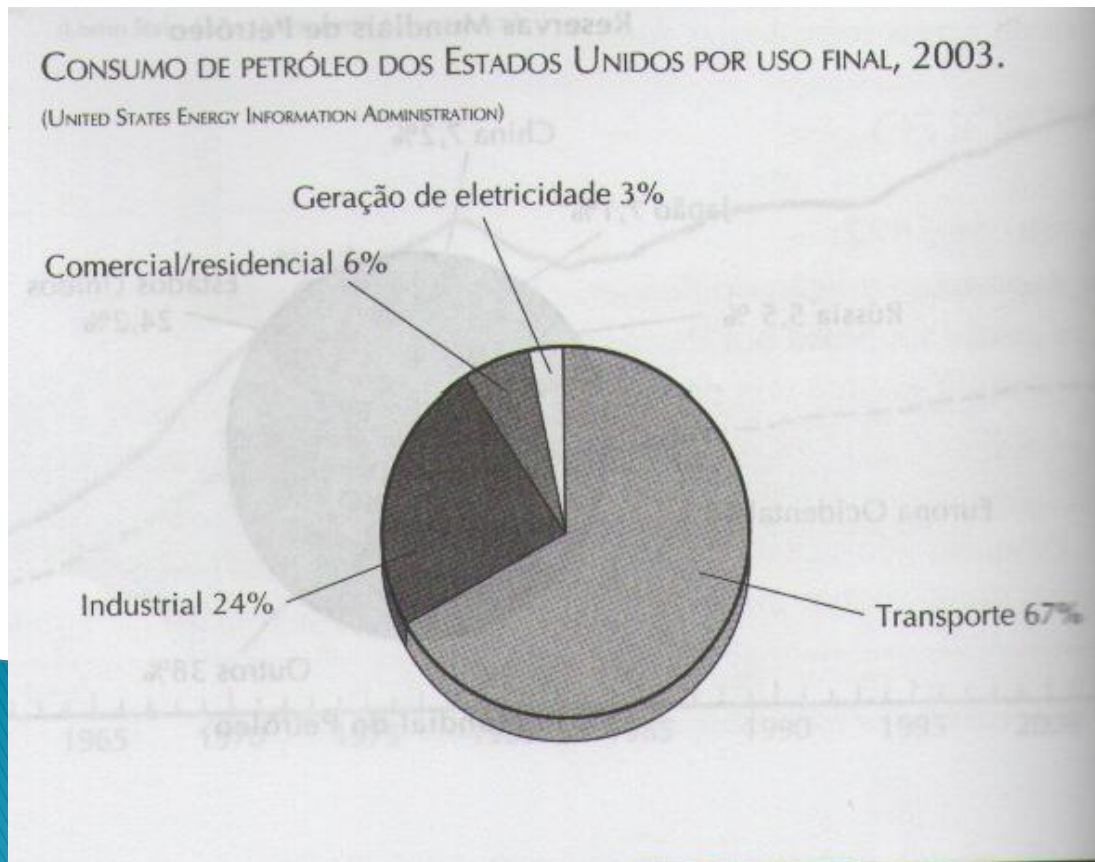
Os chineses usavam para aquecimento e iluminação antes de 1000 a. C..

FIGURA 7.6

O PRIMEIRO POÇO COMERCIAL DE PETRÓLEO, TITUSVILLE, PENSILVÂNIA, 1859. O CORONEL EDWIN DRAKE, À DIREITA, CONCEBEU A IDEIA DE PERFURÁ-LO PARA RETIRADA DE ÓLEO E UTILIZOU O EQUIPAMENTO PRIMITIVO APRESENTADO AO FUNDO. (MUSEU POÇO DE DRAKE)



2/3 do petróleo consumido nos Estados Unidos são utilizados em transporte



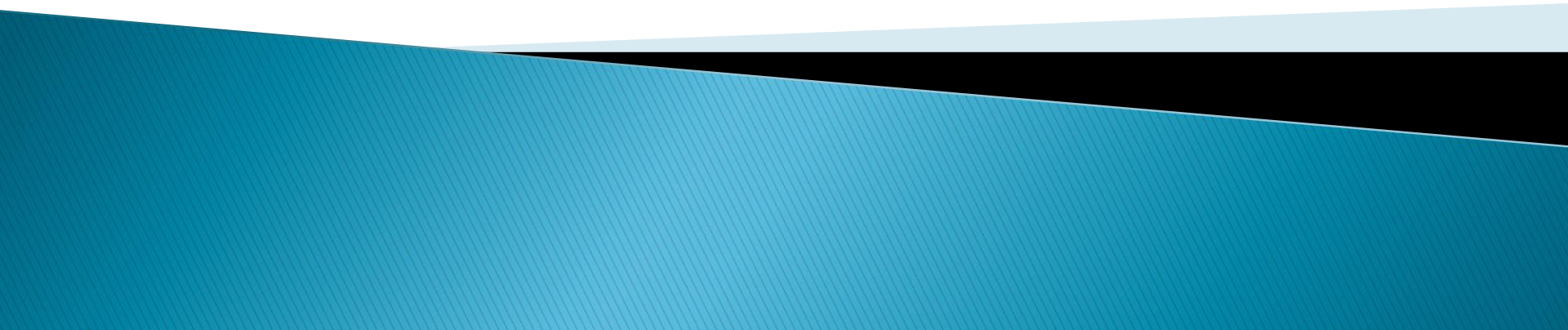
Política de oleodutos na antiga União Soviética

Antes de 1989 e da queda do comunismo, a antiga União Soviética possuía a 3º maior reserva de petróleo do mundo.



O Casaquistão possui o maior campo descoberto nos últimos 25 anos.

Petróleo

- ❑ Mistura de óleo cru, gás natural em solução e semissólidos asfálticos espessos e pesados.
 - ❑ Todos os depósitos de óleo tem gás natural.
 - ❑ O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos (compostos de hidrogênio e carbono).
 - ❑ Não se encontrou 2 amostras de petróleo com a mesma mistura de componentes.
- 

Refinação do Petróleo

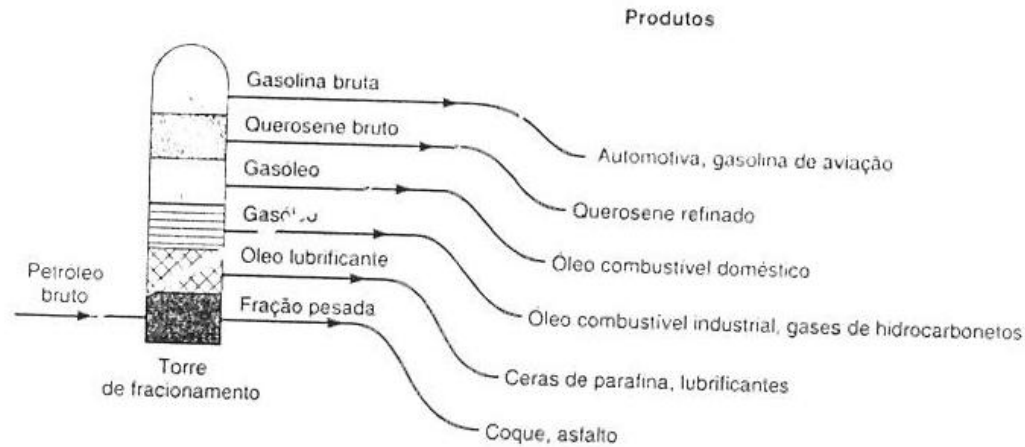


FIGURA 6.7

Numa refinaria, as frações do petróleo são separadas termicamente na torre de fracionamento; depois são tratadas individualmente para fornecer os produtos listados.

Destilação: separação em função dos diferentes pontos de ebulição.

Métodos Aperfeiçoados de Recuperação

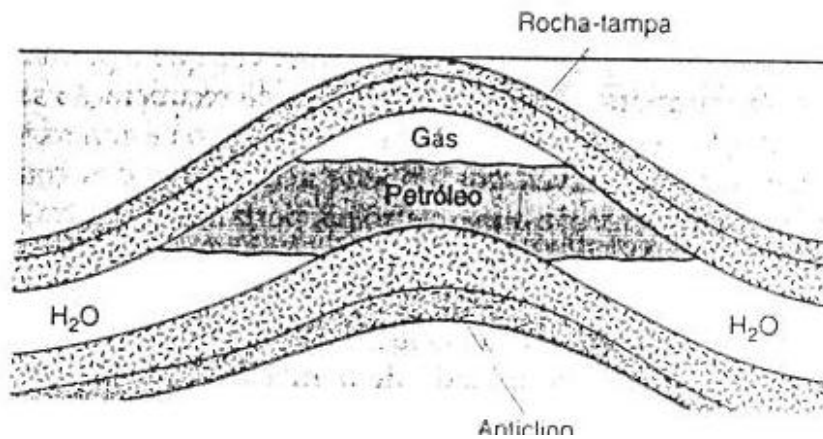


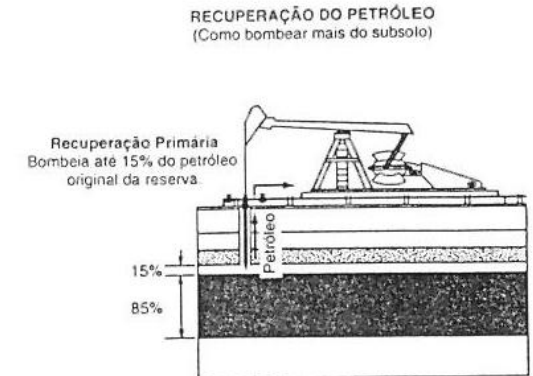
FIGURA 6.8

Típica barreira de petróleo. O limite superior da barreira é uma camada impermeável de rocha, chamada de teto ou rocha-tampa.

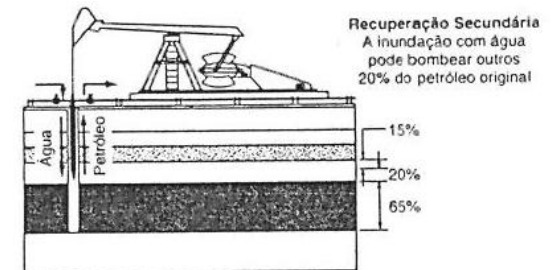
Xisto ou sal

Métodos Aperfeiçoados de Recuperação

Escoamento natural e bombeamento diminuindo a pressão no topo do poço



Injeção de água no reservatório



Injeção de vapor no solo, facilitando o escoamento. Ou injeção de N₂ ou CO₂ no petróleo.

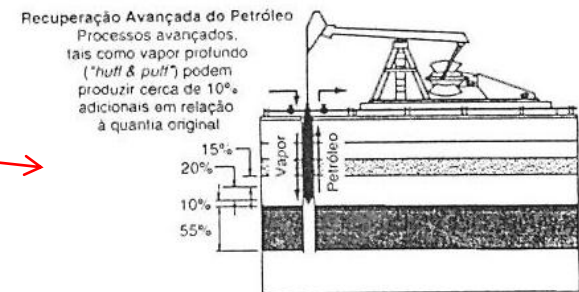


FIGURA 6.9
Métodos aperfeiçoados de recuperação. (UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY)

[Quem Somos](#)

[Energia e Tecnologia](#)

[Meio Ambiente e Sociedade](#)

[Produtos](#)

[Centro de Negócios](#)

[Investidores](#)

[Imprensa](#)

→ Energia e Tecnologia

A- A+ texto

Fontes de Energia

>> **Petróleo**

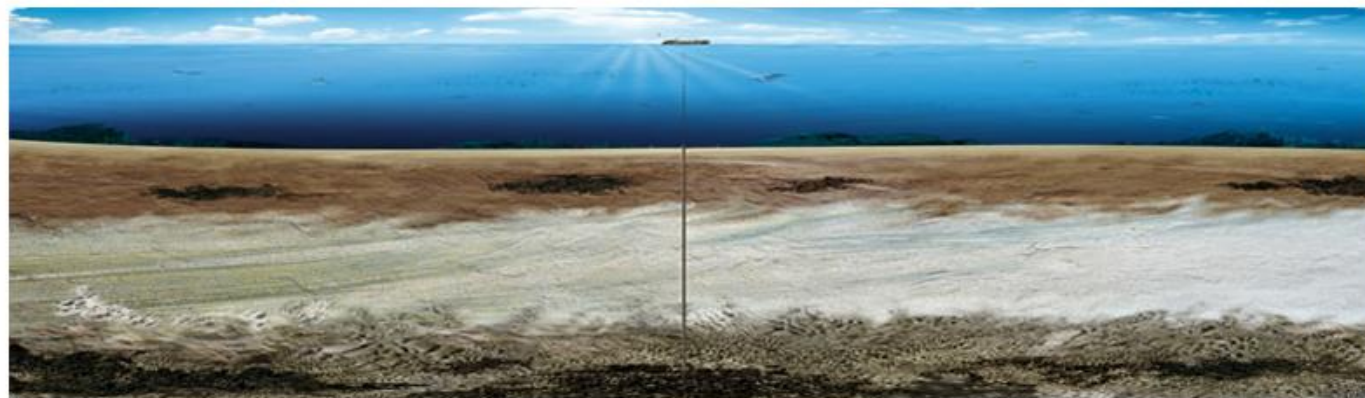
Pré-sal

>> Gás Natural

>> Biocombustível

>> Outras Fontes de Energia

Tecnologia e Pesquisa



Atuação no pré-sal

O pré-sal já é uma realidade.
Diariamente produzimos 300 mil barris de petróleo.
Até 2017, chegaremos a mais de 1 milhão por dia.

Produzir petróleo a 7 mil metros de profundidade é resultado de muita pesquisa e de nossa experiência em águas profundas. Hoje o pré-sal é uma realidade, que nos levou a uma posição estratégica frente à grande demanda de energia mundial das próximas décadas.

No pré-sal, desde que começamos a produzir, em 2008, superamos 100 milhões de barris de petróleo. Diariamente são mais de 300 mil barris, nas bacias de Santos e de Campos. Em 2017, estimamos alcançar 1 milhão de barris por dia.

Para conseguirmos descobrir essas reservas e operar com eficiência em águas ultraprofundas, desenvolvemos tecnologia própria e atuamos em parceria com universidades e centros de pesquisa. Contratamos sondas de perfuração, plataformas de produção, navios, submarinos, em recursos que movimentam toda a cadeia da indústria de energia. Por isso, nossos investimentos na área do pré-sal se ampliam cada vez mais e chegarão a US\$ 52,2 bilhões até 2017, de acordo com nosso Plano de Negócios.

Derramamento de petróleo

Em abril de 2010, uma explosão num equipamento de perfuração causou o maior derramamento de petróleo dos Estados Unidos no Golfo do México, matando 11 trabalhadores.

O segundo maior derramamento de petróleo dos Estados Unidos ocorreu em 1989 no Alasca. ~11 milhões de galões foram derramados. Foram gastos 45 milhões de dólares, mais de 10 mil trabalhadores e 3 anos para limpar.

O maior derramamento da história ocorreu em 1991 no durante a guerra do Golfo Pérsico. Foram derramados 250 milhões de galões. Levou-se mais de 1 ano para apagar os poços incendiados no Kuwait.



Região do Alasca em 1989.

<http://sanitariaeambiental.blogspot.com.br/2010/05/o-antigo-maior-desastre-ambiental.html>

Plataforma marinha

É muito cara, aprox. 10 x mais cara que a terrestre. O petróleo cru e o gás natural são geralmente levados a terra por oleodutos.

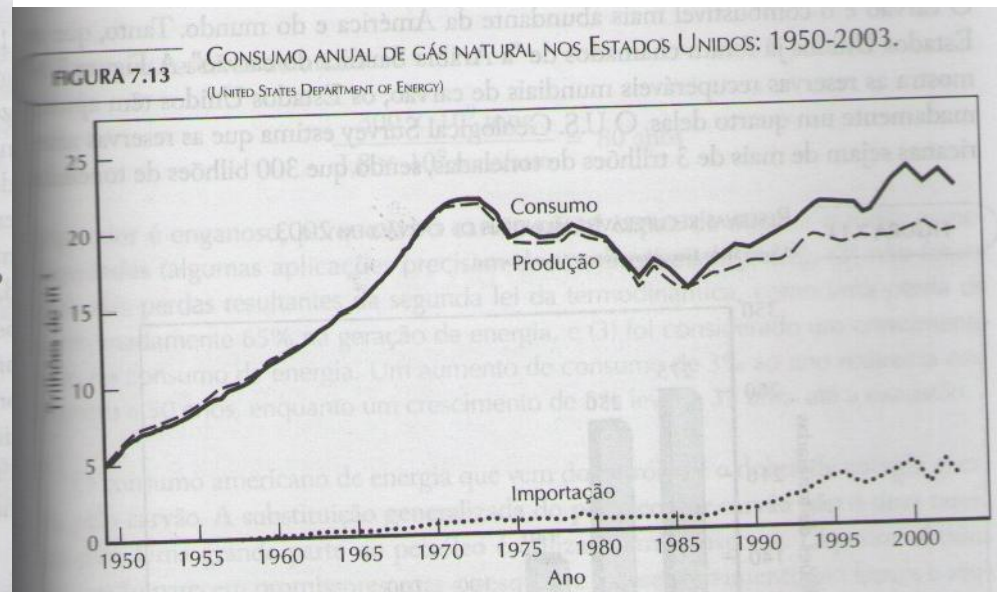
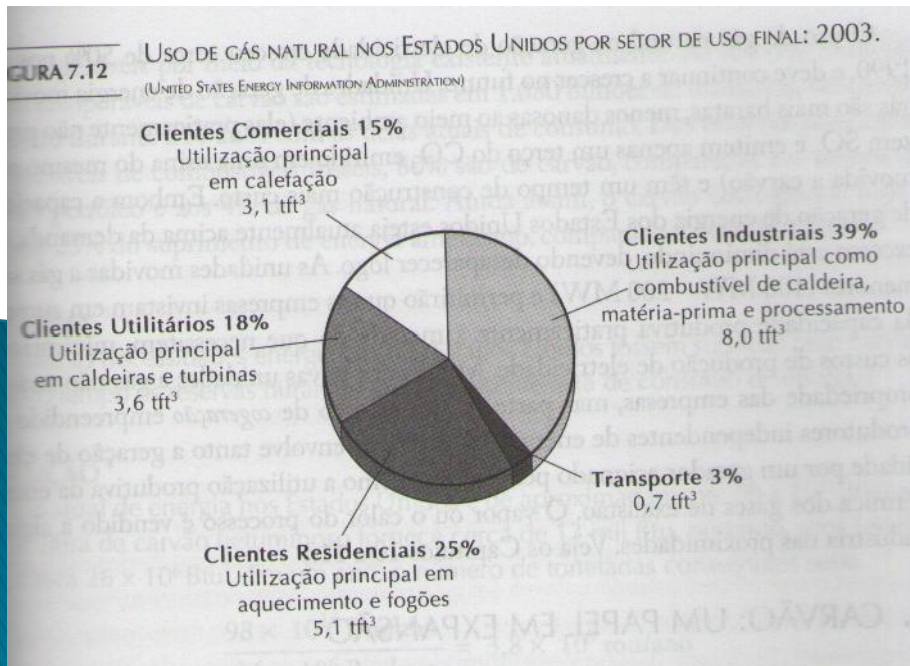


<http://www.infoescola.com/geografia/petrobras-e-o-petroleo-no-brasil/>

Plataforma de petróleo da
Petrobrás

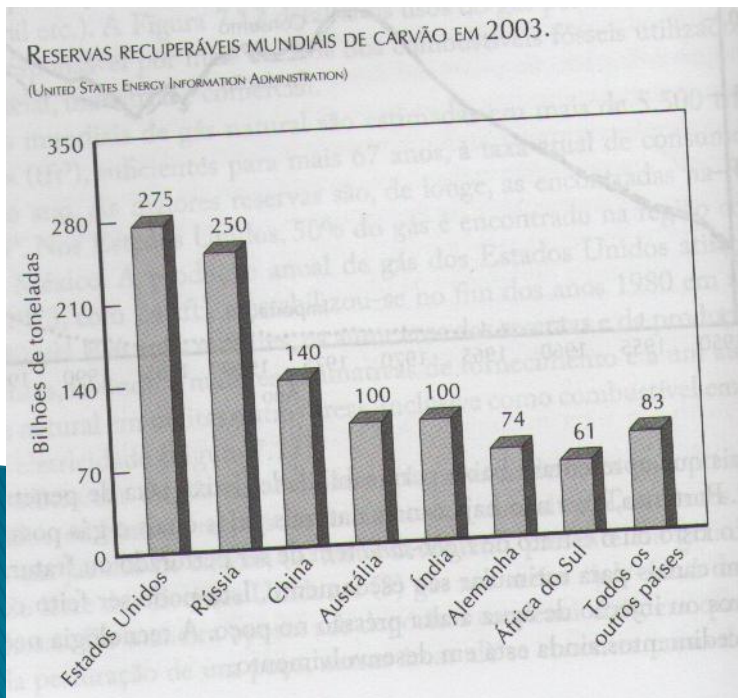
Gás natural

- Mistura de hidrocarbonetos leves, principalmente metano (CH_4).
- O gás natural é de baixo custo, tem queima limpa, praticamente não produz SO_2 e emite apenas 2/3 do CO_2 emitido em uma usina de mesmo porte de carvão mineral e 60% do petróleo e ainda possui alta disponibilidade.
- As reservas estão estimadas para suprir mais 67 anos de consumo à taxa atual. As maiores reservas estão na Rússia.



Carvão

- Combustível mais abundante do mundo. As maiores reservas estão na América.
- As reservas totais mundiais recuperáveis são suficientes para mais 210 anos com a taxa atual de consumo.



<http://a-ciencia-nao-e-neutra.blogspot.com.br/2009/10/competicao-pelo-carvao-limpo.html>

Tipos de Carvão

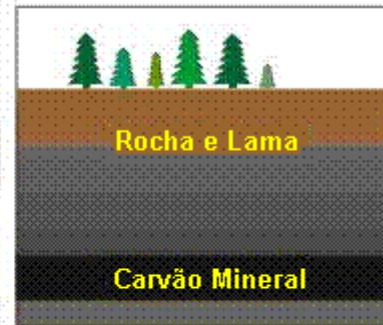


Há cerca de 300 milhões de anos, plantas com energia solar armazenada morriam e caíam nos pântanos. A lama dos pântanos por sua vez impedia o apodrecimento e o desaparecimento dessas plantas, mortas.

http://www.profpc.com.br/Carv%C3%A3o_mineral.htm



Ao longo do tempo o acúmulo de lama comprimiu as plantas mortas. Depois de milhões de anos essa lama tornou-se rocha e os restos das plantas sobre forte pressão virou carvão mineral.



Para o carvão mineral ser retirado poços e túneis têm que ser cavados. Muitas vezes fragmentos de plantas fossilizadas são encontrados em pedaços de carvão vegetal.



<http://geoninho.blogspot.com.br/2011/07/formacao-do-carvao-mineral.html>

Tipos de Carvão

Tabela 6.3 CLASSIFICAÇÃO DO CARVÃO*

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)

Lignito – mais jovens

Sub-betuminosos – pouco enxofre

Betuminoso – mais abundante – maior teor de enxofre

Antracito – não apresenta poeira nem fuligem

Mineração de superfície

Problemas: 1 – reflorestamento. 2 – o carvão se combina com o oxigênio e o vapor de água para formar o H_2SO_4 .



<http://pt.dreamstime.com/fotografia-de-stock-royalty-free-mina-de-carv%C3%A3o-05-image12990897>

Mina de diamante em Sakha,
Rússia.

<http://topazio1950.blogspot.pt/235351.html>

Fontes Futuras de Petróleo

Petróleo Sintético e Gás a partir do carvão Combustíveis Sintéticos

Gaseificação: aquecimento do carvão em vácuo, na presença de hidrogênio. A capacidade de aquecimento é quase a metade comparado ao gás natural.

Liquefação: Aquecimento do carvão na presença de hidrogênio, com a separação posterior dos gases e líquidos produzidos. Alto custo da produção.

Fontes Futuras de Petróleo

Petróleo de Xisto e Areia Betuminosa

Xisto: rocha que contém uma quantidade substancial de petróleo. O óleo de xisto é geralmente produzido pela trituração e pelo aquecimento da rocha.

Areia Betuminosa: as areias contem uma substância altamente viscosa, parecida com o asfalto, chamado de betume. O óleo é extraído da areia a partir da mistura com água quente ou vapor para se extrair o betume.



Areia Betuminosa

Brasil

Setor de transportes: predominância dos derivados de petróleo, basicamente gasolina e óleo diesel.

Geração termoelétrica

Petróleo e seus derivados: Os principais derivados do petróleo são: o óleo diesel e a gasolina. O óleo é usado como geração básica de energia elétrica em locais distantes e de difícil acesso.

Gás natural: uso limitado a pequena rede de distribuição existente. Apresenta grandes perspectivas para o futuro no Brasil devido a sua grande oferta e aos preços competitivos.

Carvão mineral: participação bastante reduzida na geração de energia elétrica em virtude a pouca ocorrência, das características pobres, com alto teor de enxofre.

Combustíveis nucleares. Limitada a Agra dos Reis I e II (III havia sido aprovado o prosseguimento da construção).

Poluição do ar e uso de energia

Propriedades e Movimento da Atmosfera

Composição do ar

- 78% nitrogênio, 21% oxigênio, 1% dos demais gases.



<http://www.brasilecola.com/biologia/composicao-do-ar.htm>

Tabela 7.1 CONCENTRAÇÃO DOS GASES NO AR SECO NORMAL

Gás	Concentração (ppM)*
Nitrogênio	780.900
Oxigênio	209.400
Argônio	9.300
Dióxido de carbono	315
Neônio	18
Hélio	5,2
Metano	1,0-1,2
Criptônio	1
Óxido nitroso	0,5
Hidrogênio	0,5
Xenônio	0,08
Dióxido de nitrogênio	0,02
Ozônio	0,01-0,04

*ppM = partes por milhão de gás por volume, que se refere ao número de moléculas por milhão de moléculas de ar.

Poluição do ar e uso de energia

Pressão

A atmosfera tem 33 km de espessura.



$$Press\tilde{a}o = \frac{for\tilde{c}a}{\acute{a}rea}$$

http://www.google.com.br/imgres?hl=pt-PT&sa=X&rlz=1C1PREA_enBB43188431&biw=1440&bih=763&tbn=isch&prmd=imvns&tbnid=JaTPSBFI0BDCIM&imgrefurl=http://www.meted.ucar.edu/broadcastmat/brazil_hr/print.htm&docid=6U17HCY6ka7mEM&imgurl=http://www.meted.ucar.edu/broadcastmat/brazil_hr/media/graphics/PIA11066_fig1.jpg&w=556&h=370&ei=vgA1DE_wKCTD0AG74ICICQ&zoom=1&iact=hc&vps=304&vpy=153&dur=8436&hovh=183&hovw=275&tx=130&ty=121&size=103480961775224438713&page=1&thbh=131&thbw=175&start=0&ndsp=29&ved=1c429p1s0j74

Poluição do ar e uso de energia

Pressão

Força exercida por unidade de área. No sistema inglês: libra por polegada quadrado (psi) e no SI newtons por metro quadrado ou pascal (Pa).

$$\text{Pressão} = \frac{\text{força}}{\text{área}}$$

Pressão atmosférica

No nível do mar: 14,7 psi ou 101.325 Pa. Equivalente a uma coluna de 10,33 m de água.

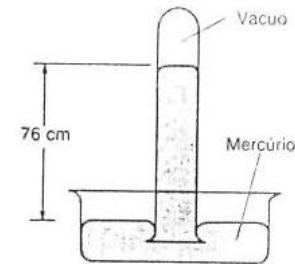


FIGURA 7.2

Um barômetro. A pressão atmosférica que age sobre o mercúrio força-o a subir cerca de 76 cm no tubo. (Se o fluido fosse a água, esta altura seria de 1.000 cm.)

Poluição do ar e uso de energia

Empuxo

É a força para cima exercida sobre um corpo pelo fluido no qual esta imerso.

Força de empuxo é o resultado das diferentes pressões nas partes inferior e superior do corpo em um fluido.

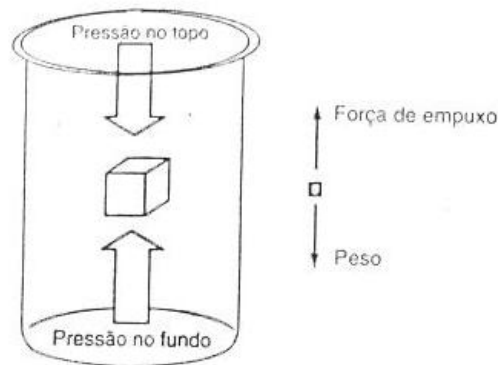


FIGURA 7.3

A força de empuxo em um objeto submerso é igual à massa do fluido deslocado. Isto é resultado da diferença de pressão entre o topo e o fundo do objeto. Um objeto flutuará se a força de empuxo for igual ou maior do que o peso do objeto.

Poluição do ar e uso de energia

Princípio de Arquimedes

A força de empuxo sobre um corpo é igual à massa deslocada por ele.
Como:

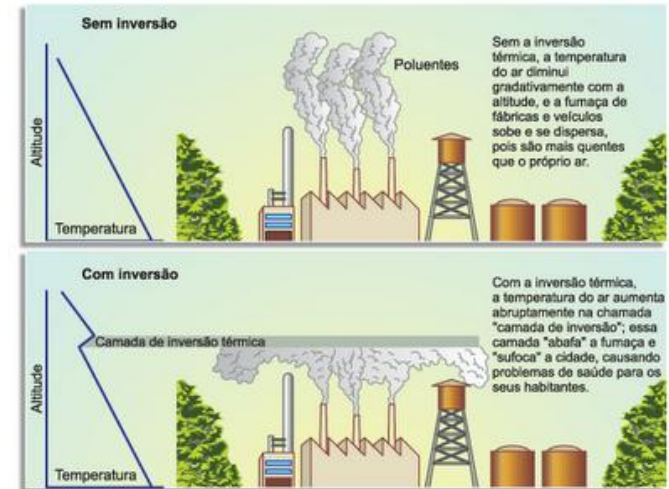
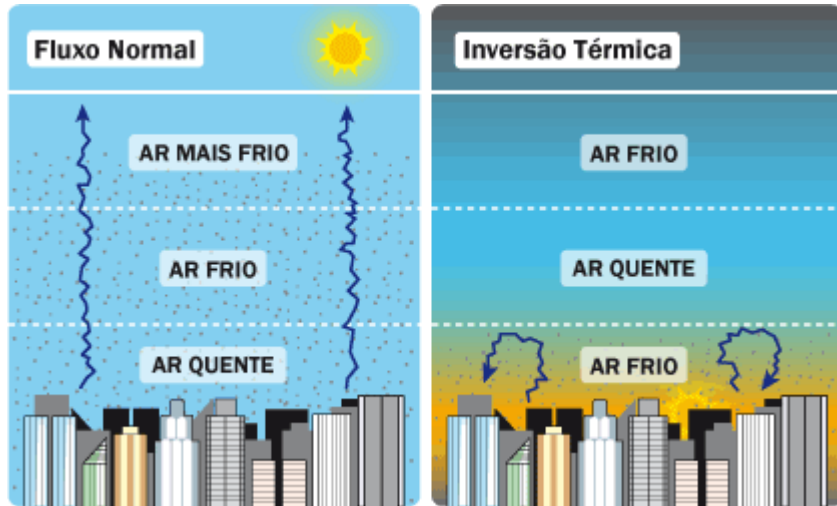
$$\textit{densidade} = \frac{\textit{massa}}{\textit{volume_do_objeto}}$$

Podemos afirmar que:

Um objeto sólido flutuará se sua densidade for igual ou menor a densidade do meio em que se encontra.

Poluição do ar e uso de energia

Dispersão natural dos poluentes do ar; inversão térmica

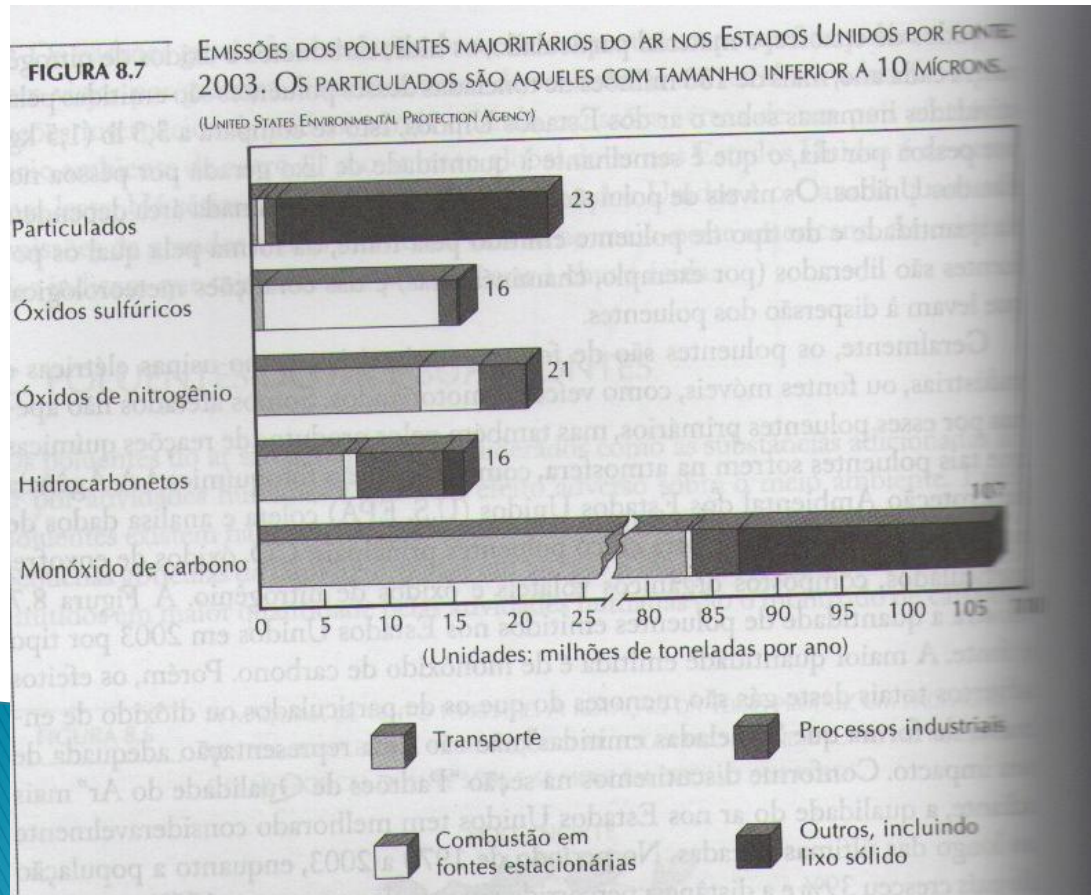


(FELTRE, Ricardo. Fundamentos da química. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1996. p. 111. Adaptado)



Poluentes do ar e suas fontes

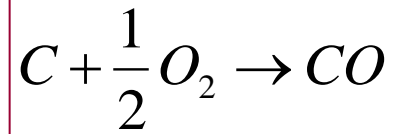
Dispersão natural dos poluentes do ar; inversão térmica



Poluentes do ar e suas fontes

Monóxido de carbono (CO)

É incolor, inodoro e venenoso. Produzido nos motores de automóveis pela combustão incompleta do carbono no combustível.

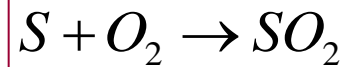


É tóxico pois passa através dos pulmões para a corrente sanguínea e se liga a hemoglobina, impedindo-o de carregar o O₂ dos pulmões até as células do corpo.

Os sintomas são falta de oxigênio, como tontura, dor de cabeça e distúrbios visuais.

Poluentes do ar e suas fontes

Óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3): é incolor com um odor sufocante. Aparecem sobretudo como consequência da queima de combustíveis fósseis e da oxidação do enxofre:



O carvão contém 6% de enxofre por peso.

Fontes naturais de emissão: emissão de sulfeto de hidrogênio (H_2S) matéria orgânica em decomposição e liberação de sulfatos (SO_4) pela maresia adicionam aproximadamente 2x mais enxofre ao meio ambiente que as fontes humanas de poluição. Porém existe um ciclo natural contínuo: precipitação pelas chuvas, uma menor quantidade é absorvida pelas plantas. A quantidade de enxofre que permanece na biosfera é minúscula comparada as que tem sido reportadas em alertas de poluição.

Poluentes do ar e suas fontes

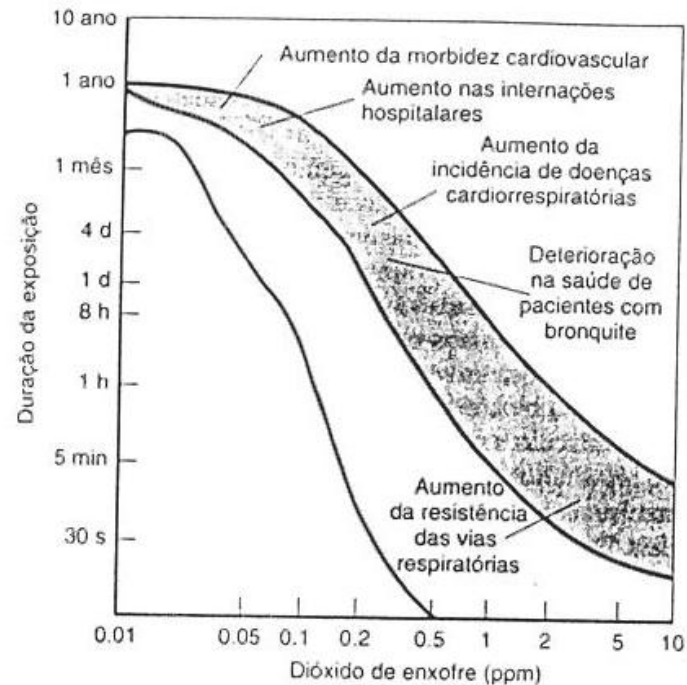


FIGURA 7.8

Efeitos da poluição por dióxido de enxofre na saúde. A figura mostra os intervalos de concentração e tempos de exposição em que (a) o número de mortes relatadas foi maior do que o esperado (marcador cinza-claro), (b) ocorreram danos significativos à saúde (marcador cinza-escuro), e (c) suspeita-se de danos à saúde (marcador cinza-médio)

(NATIONAL CENTER FOR AIR POLLUTION CONTROL, U.S. PUBLIC HEALTH SERVICE, 1967)

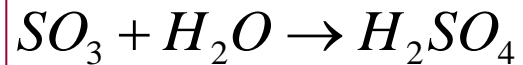
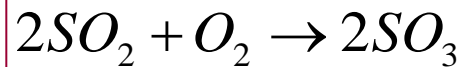
Poluentes do ar e suas fontes

Catástrofes ocorridas por grandes concentrações de poluentes no ar:

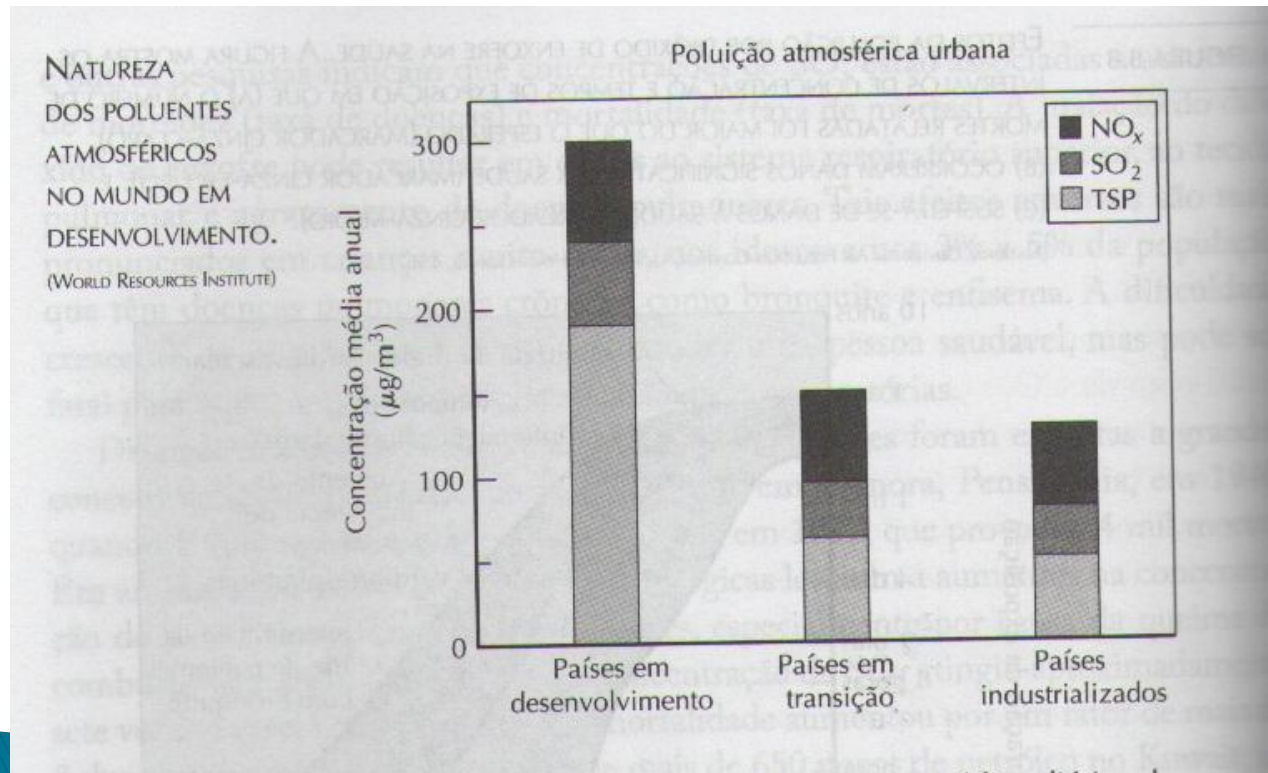
Na Pensilvânia, em 1948 e em Londres, em 1952, 4 mil mortes.

Condições meteorológicas levaram a aumentos na concentração de SO_2 e fumaça, principalmente pela queima de combustíveis fósseis.

Chuva ácida:



Poluentes do ar e o terceiro mundo



TSP = partículas totais em suspensão.

Poluentes do ar e suas fontes

Particulados: 0,01–50 microns.

Tabela 7.2 ELEMENTOS-TRAÇO NO CARVÃO

Elemento	Concentração (ppM em massa)
Ferro	8.700
Titânio	800
Manganês	40
Zinco	37
Vanádio	35
Chumbo	30
Cromo	20
Cobre	18
Níquel	15
Cobalto	6
Arsênico	6
Selênio	3
Silício	3
Tório	3
Berílio	1,5
Urânio	1
Tálio	0,6
Cádmio	0,2
Mercúrio	0,1
Prata	<0,1
Telúrio	<0,1

(National Bureau of Standards, Standard Reference Material)

Poluentes do ar e suas fontes

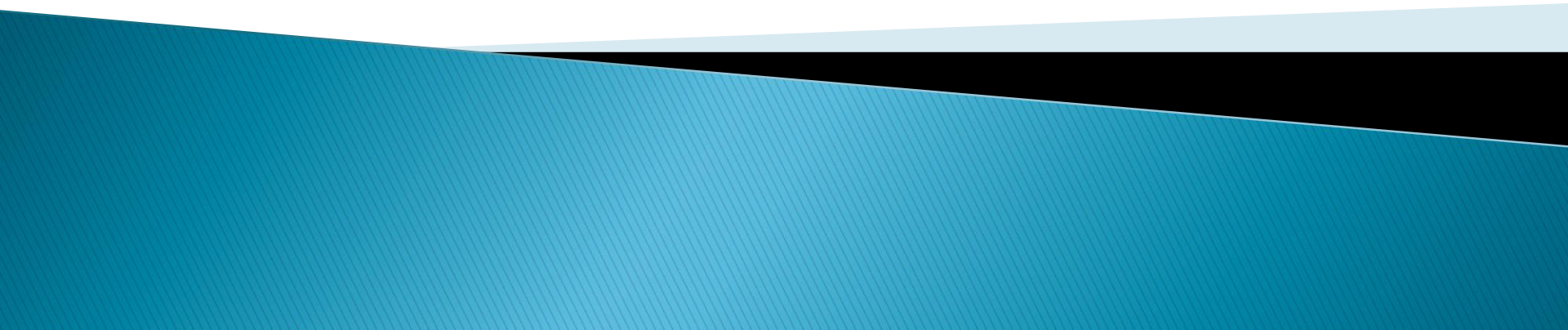
Ex.1: Um particulado com diâmetro de 1 micron tem uma velocidade de assentamento de aproximadamente 0,05 cm/s, de forma que desce muito lentamente até o solo. Se for emitido de uma chaminé de 200 m de altura, quanto tempo levará para chegar ao solo?

Poluentes do ar e suas fontes

Hidrocarbonetos:

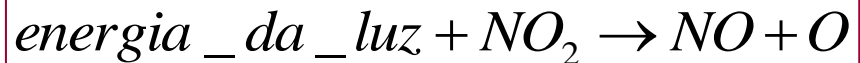
Compostos que consistem de carbono e hidrogênio. Produzidos tanto naturalmente como por atividades humanas, como o uso do petróleo, incineração de lixo e evaporação de solventes.

Importante papel na formação do smog e de ozônio.

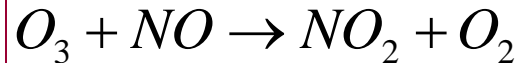
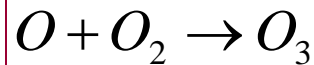


Poluentes do ar e suas fontes

Smog fotoquímico



Que reage com o O_2 presente no ar

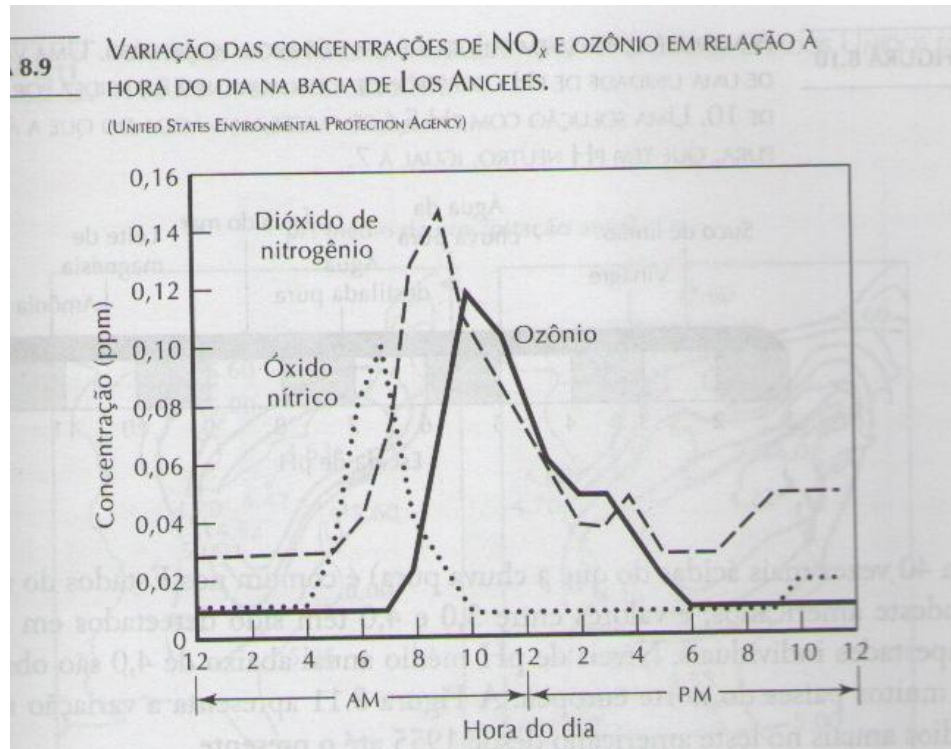


Na ausência de hidrocarbonetos, O_3 , NO_2 , NO e O_2 estão em equilíbrio.

Na presença de hidrocarbonetos, reagem com o O_2 , NO e NO_2 para formar radicais orgânicos, alterando o ciclo.

Excesso de radicais orgânicos podem levar a irritação nos olhos. NO_2 absorve a luz solar, dando aparência de marrom. Excesso de O_3 no nível do solo podem causar odor, danos a plantas e irritação dos pulmões.

Poluentes do ar e suas fontes



Poluentes do ar e suas fontes

Poluição do ar em interiores

Tabela 7.3 POLUENTES DO AR EM INTERIORES

Poluente	Fonte	Efeito
Gás radônio	Urânio no solo	Pode causar câncer de pulmão
Fumaça de tabaco	Fumantes	Doenças respiratórias
Asbesto	Isolamento de tubulações, lajotas e telhas	Doença pulmonar, câncer
Fungos, bactérias	Umidificadores, condicionadores de ar	Alergias, asma, doença do legionário
Monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio	Fornos e sistemas de aquecimento	Dores de cabeça, tonturas, náusea; em concentrações elevadas, o monóxido de carbono é fatal
Formaldeído	Madeira compensada, madeira prensada, espuma de isolamento	Irrita a pele, os olhos e os pulmões; causa câncer em animais
Benzeno	Solventes, removedores	Suspeito de causar leucemia
Estireno	Tapetes, produtos plásticos	Danos aos rins e fígado

(Newsweek, 7 de janeiro de 1985, p. 58)

Sistemas de controle de poluição

Os poluentes principais originados por usinas alimentadas por combustíveis fósseis são o dióxido de enxofre e particulados.

Algumas metodologias para reduzir a emissão são:

1. Utilização de combustíveis com baixo teor de enxofre e/ou de cinzas,
2. Remoção do enxofre do combustível antes da queima,
3. Remoção dos particulados e óxidos de enxofre dos gases de combustão após a combustão,
4. Mudança dos combustíveis ou potências de saída em resposta às exigências de qualidade do ar, e
5. Diluição dos gases efluentes por meio do uso de chaminés altas e dos processos atmosféricos naturais de dispersão.

Sistemas de controle de poluição

Câmaras de decantação para particulados ou coletores gravitacionais: o gás de combustão passa tempo suficiente dentro do dispositivo para que partículas maiores (> 50 microns) assentem no fundo pela ação da gravidade.

Coletor inercial ou ciclônico: os gases são forçados a executar movimento circular. Remove mais de 99% de partículas maiores que 50 micros, pouco eficiente para partículas menores que 5 micros.

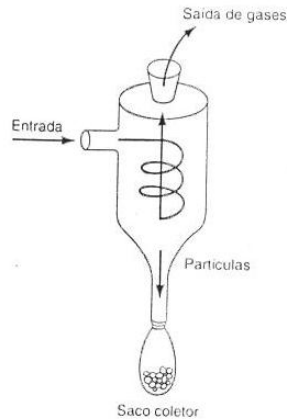


FIGURA 7.15

Um coletor inercial ou ciclônico. Enquanto o gás executa um movimento circular, as partículas mais pesadas colidem com as paredes do coletor e caem ao fundo, onde são coletadas para descarte.

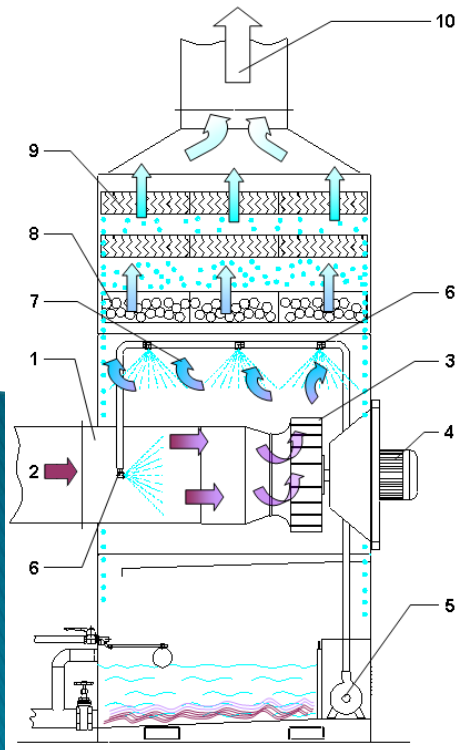
Sistemas de controle de poluição

Precipitador eletrostático: aplica um potencial eletrostático na chaminé antes da exaustão, que ioniza uma molécula do gás ou das cinzas, sendo coletadas em uma placa positiva. Esse material pode ser vendido pelos metais que podem estar contidos. Remove 99% da massa dos particulados, mas tem pouca eficiência para partículas menores que 1 micrão.

Filtro de pano: sacos de tecidos de algodão ou fibra de vidro, interceptam as partículas que ficam presas no seu interior. Apresentam 99,9% de eficiência, com partículas de até 0,1 micrão.

Sistemas de controle de poluição

Scrubber: aplica-se para remoção de SO_2 . Os gases passam por um spray de solução aquosa. São usados em conjunto com pasta de cal ou pedra calcária (carbonato de cálcio) ou dolomita (carbonato de magnésio) e reagem com o SO_2 para formar os sólidos sulfato de cálcio ou sulfato de magnésio, que podem depois serem removidos com outros materiais. Eficiência de 98% de remoção de SO_2 .



Sistemas de controle de poluição

Chaminé alta

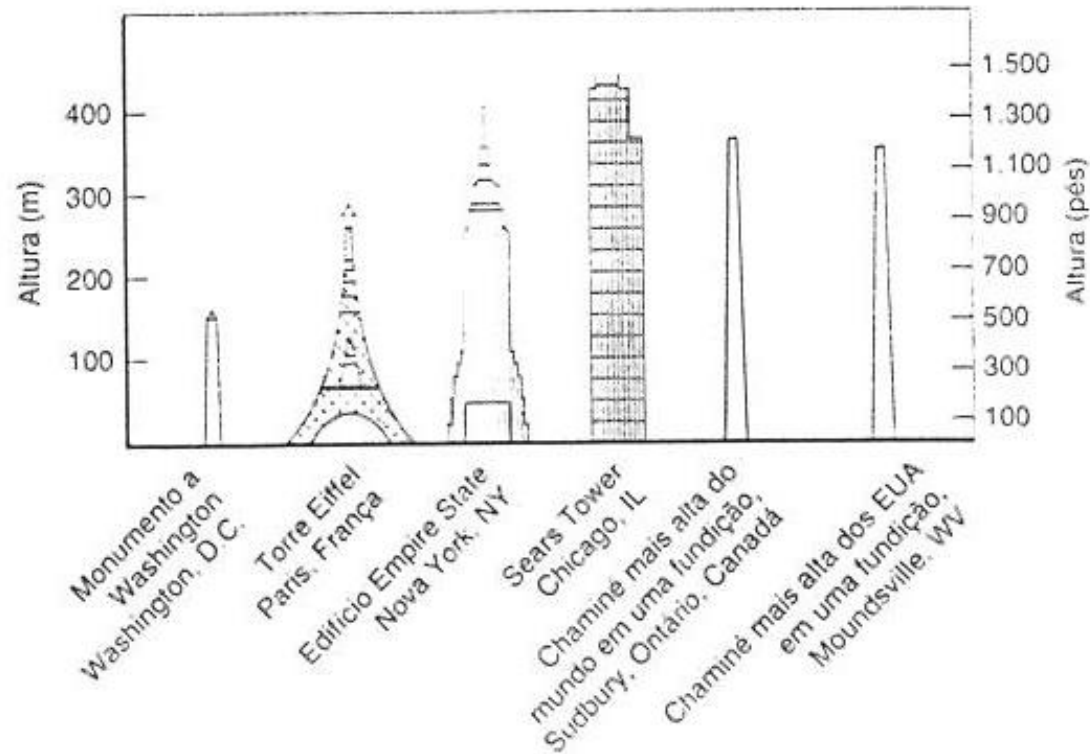


FIGURA 7.18

As chaminés são algumas das estruturas mais altas construídas pelo homem.

Sistemas de controle de poluição

Típica usina movida a combustível fóssil, mostrando o equipamento utilizado na remoção dos poluentes.

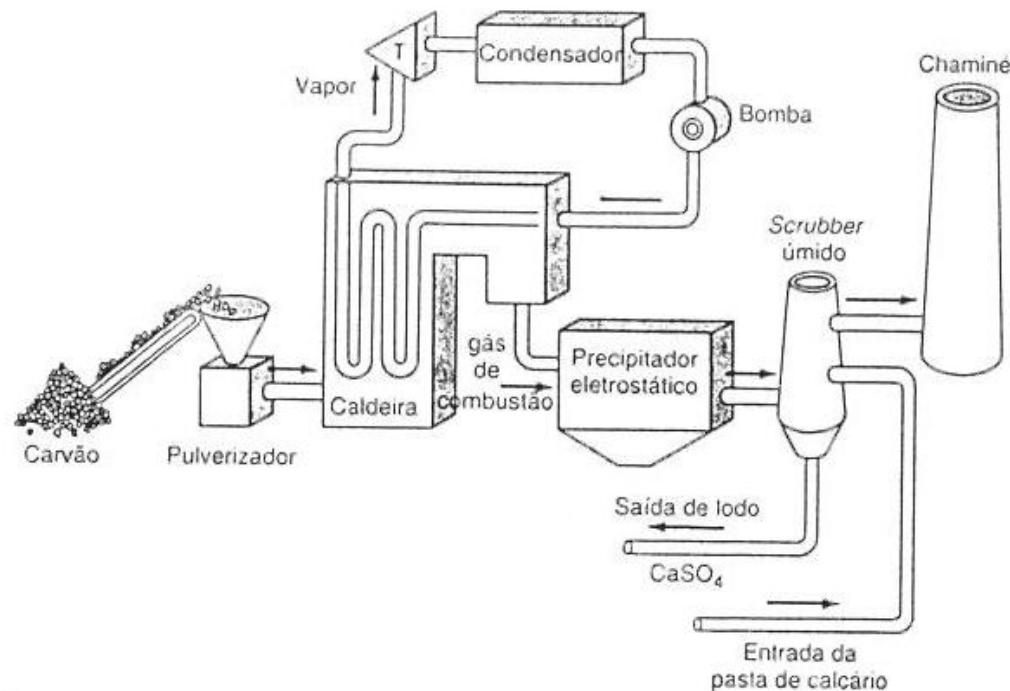


FIGURA 7.19

Vista esquemática de uma típica usina movida a combustível fóssil, mostrando o equipamento utilizado na remoção de poluentes dos gases de combustão, ou escapamento da caldeira.