Sistemas Energéticos

3º ano 6º semestre

Aula 1

Aula 1-Recursos energéticos, situação actual e futura.

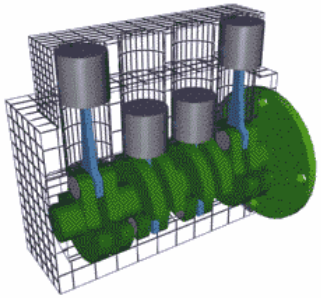
Tópicos

- ***Energia Térmica na Indústria***
- ***Leis Básicas***
- ***Energia Primária e Secundária***
- ***Energia Nuclear***
- ***Energia Eléctrica***
- ***Energia Química***
- ***Energia Térmica***
- ***Biomassa***
- ***Petróleo***
- ***Carvão Mineral***
- ***Gás Natural***
- ***Energia Hídrica***
- ***Energia Solar***
- ***Energia Eólica***
- ***eMergia***

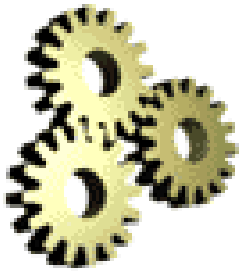
1 – Energia Térmica na Indústria

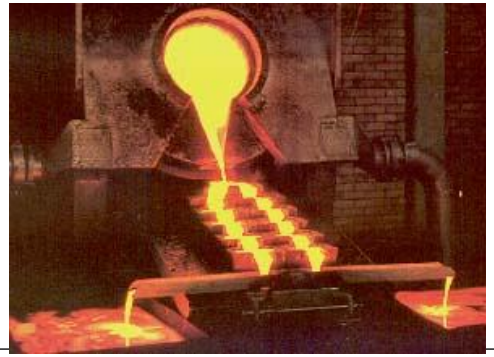
Energia – Capacidade de um corpo realizar trabalho.

Potência – fluxo de energia (taxa de transferência/conversão de energia.



A energia esta envolvida em todas as acções que ocorrem no Universo.

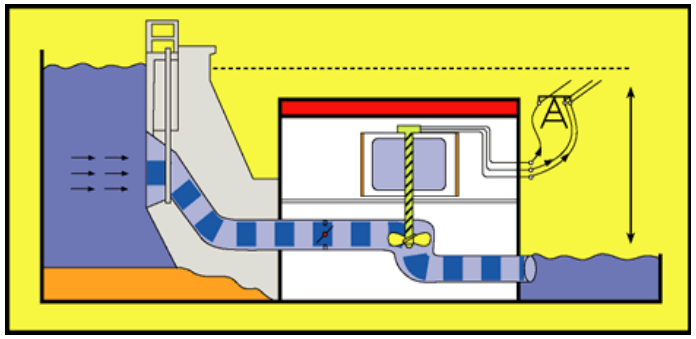




1 – Energia Térmica na Industria

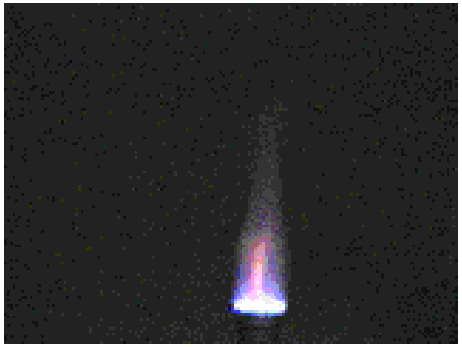
A Energia pode se tornar presente sob diversas formas

Energia Mecânica
- **Potencial Gravitacional**
- **Cinética**

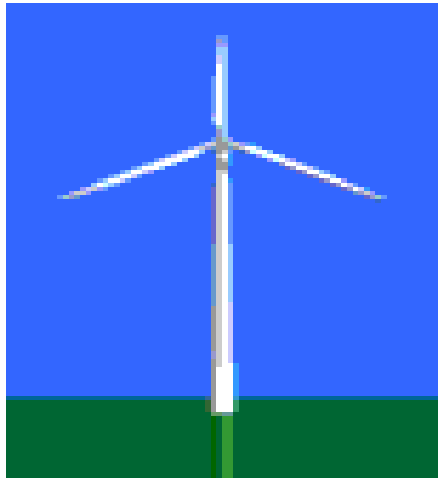


Energia Elétrica

Energia Interna



Energia Química



Energia Eólica

A Fission Animation
Created by ThinkQuest Team 20331

Energia Nuclear

1.1 – Unidades de Medida

- No sistema internacional a energia é medida em Joule e a potência em Watt
- 1 Watt = 1 Joule/segundo
- Uma alternativa útil à medição de energia em **Joule** é o uso do Watt-hora (Wh). O kWh é uma unidade de medição de energia particularmente útil e é geralmente usada na compra ou venda de electricidade e gás.
- 1 Wh = 1J/1s **x** 3600 s = 3600 J = 3,6 kJ
- 1kWh=3,6 MJ

1.1.2. Tep: tonelada equivalente de petróleo

- Para efeitos de contabilidade energética é necessário converter para a mesma unidade os consumos e/ou produções de todas as formas de energia.
- A unidade usualmente utilizada para o efeito é a tonelada equivalente de petróleo que, como o nome indica, é o conteúdo energético de uma tonelada de petróleo indiferenciado.
- A unidade de energia no Sistema Internacional de Unidades é o Joule (J).
- A relação entre as duas unidades é: **1 tep = 41.86 x10^9 J**
- No caso da **energia eléctrica**, usualmente contabilizada em "kilowatt hora" (kWh), a relação entre as duas unidades é a seguinte:

- **1 tep = 11 628 kWh**

1.1.2. Tep: tonelada equivalente de petróleo (cont...)

De \ Para	1 barril de petróleo equivalente	1 m^3 petróleo equivalente	1 tEP	1 000 m^3 gás natural	10^6 kcal	10^6 Btu	1 MWh	1 000 $pé^3$ gás natural
1 barril de petróleo equivalente	1	0,159	0,137	0,151	1,484	5,888	1,725	5,317
1 m^3 de petróleo equivalente	6,290	1	0,864	0,947	9,332	37,03	10,85	33,45
1 tEP	7,279	1,157	1	1,097	10,80	42,86	12,56	38,73
1 000 m^3 gás natural	6,641	1,056	0,912	1	9,849	39,08	11,45	35,31
10^6 kcal	0,674	0,107	0,093	0,102	1	3,968	1,163	3,586
10^6 Btu	0,170	0,027	0,023	0,026	0,252	1	0,293	0,904
1 MWh	0,580	0,092	0,080	0,087	0,860	3,412	1	3,083
1 000 $pé^3$ de gás natural	0,188	0,030	0,026	0,028	0,279	1,107	0,324	1

Nota: valores médios - a temperatura de 20º C, para os derivados de petróleo e de gás natural

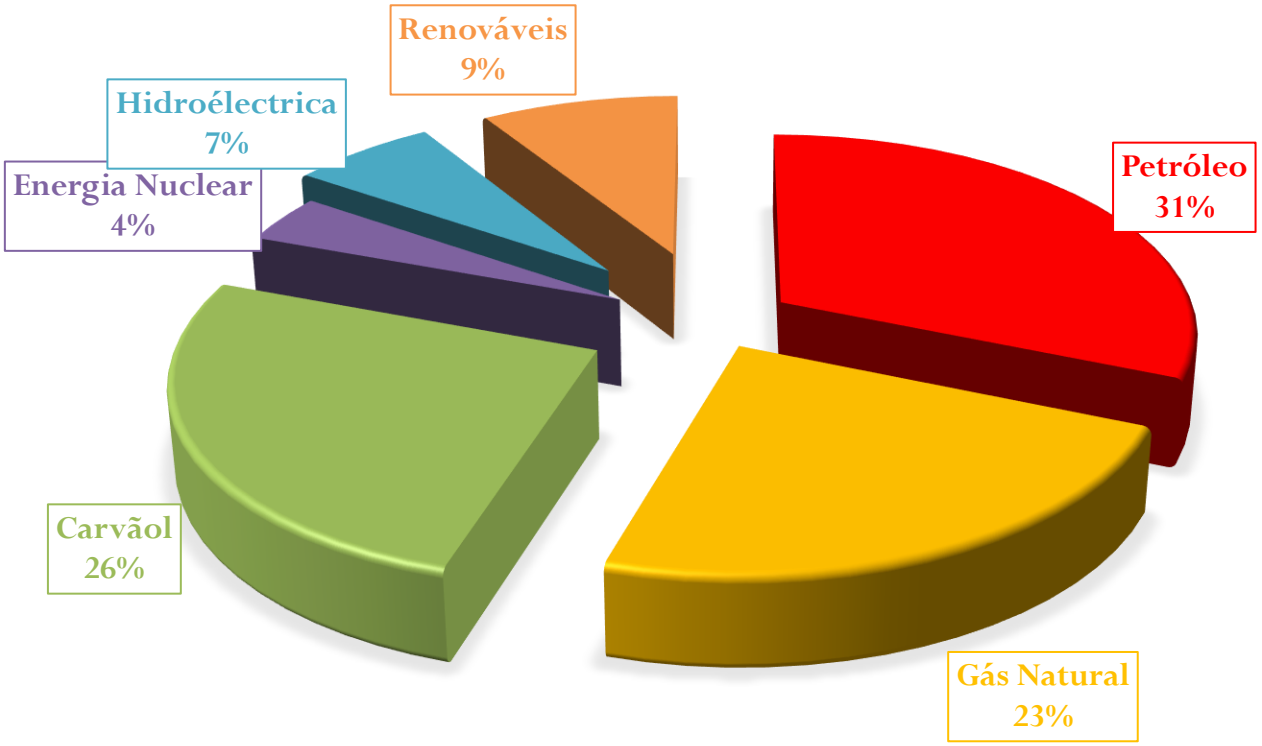
2 – Leis

- Existem duas leis básicas da termodinâmica que podem ser expressas de várias maneiras. Os aspectos mais importantes para recordar são:
  - A energia não pode ser criada ou destruída; ela é automaticamente conservada (i,e. A primeira lei "lei de conservação de energia") Pode-se usar, mas não se pode consumi-la;
  - A medida que se vai usando a energia a sua qualidade vai se degradar. Nenhuma conversão de energia de uma forma para outra é 100% eficiente (i.e. a segunda lei) Usa-se energia através do consumo de combustível.

2 – Leis

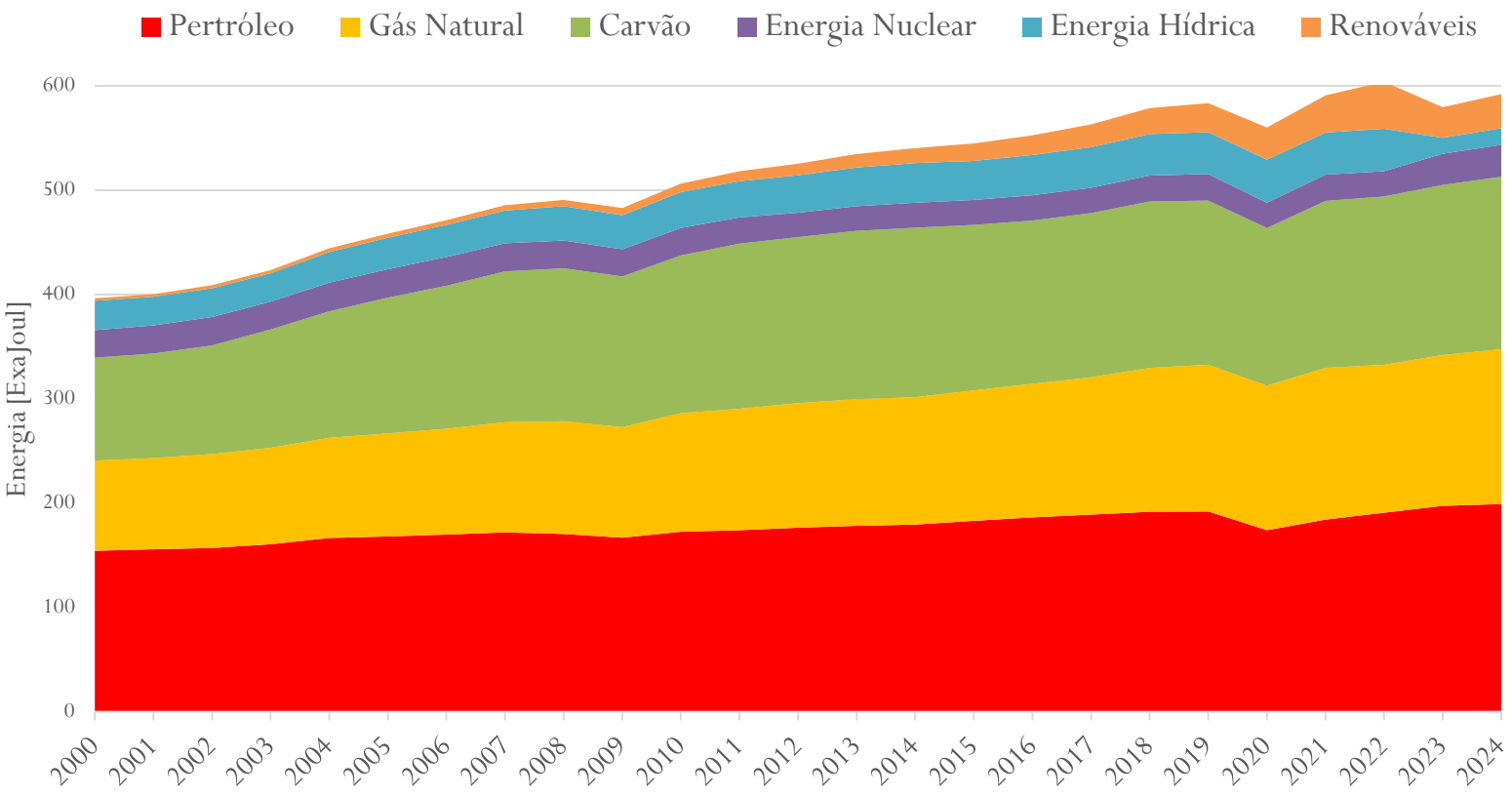
Estas duas leis, em conjunto. Introduzem a energia como um conceito que é definido em termos de quantidade e qualidade. O aspecto quantitativo é designado por "energia", mas o aspecto qualitativo é designado por uma variedade de termos dependendo do tema ou disciplina: "energia útil" ou "energia disponível" ou "energia livre" ou "exergia" ou "entropia negativa". Esta variedade de termos causa uma certa confusão e o aspecto qualitativo é em geral mal entendido.

3.1 Consumo Mundial de Energia por tipo (2024)



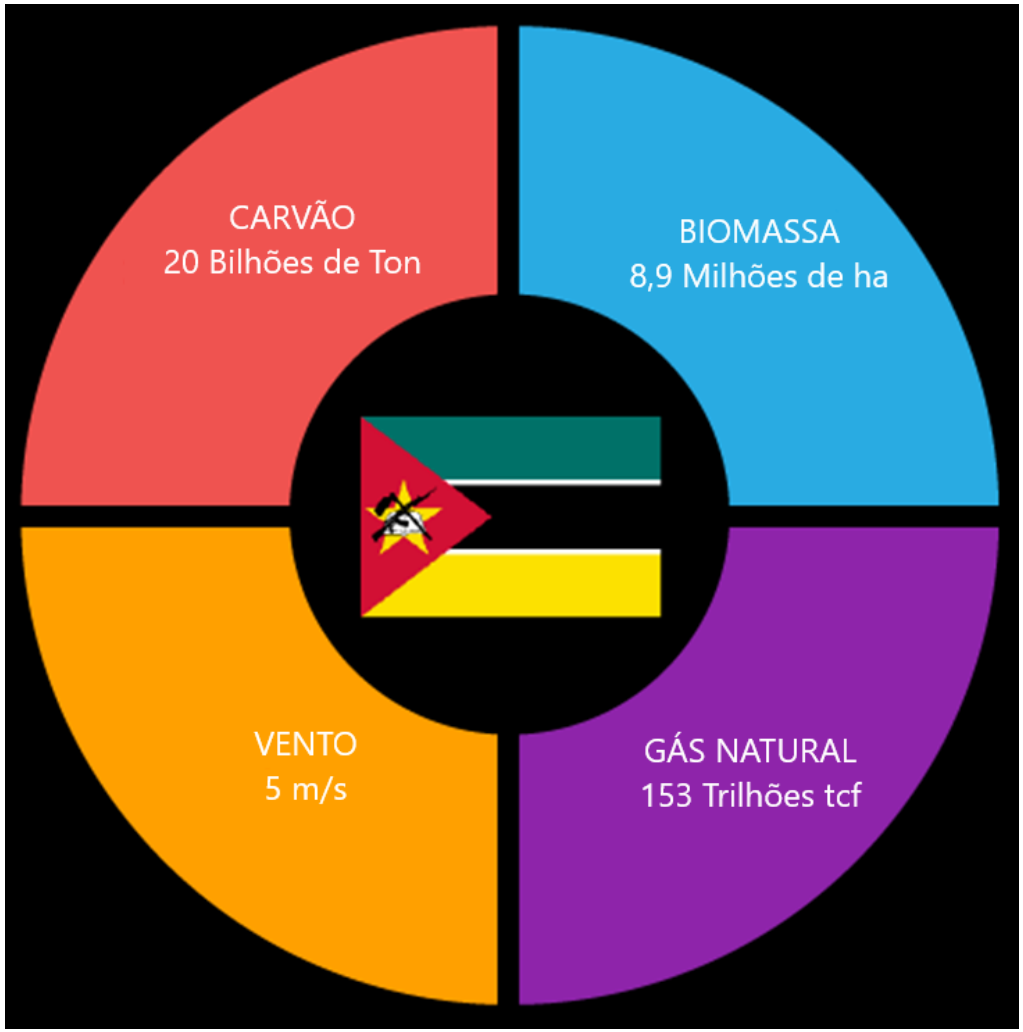
Fonte © Energy Institute 2025

3.2 Evolução do Consumo Mundial de Energia por tipo



Fonte: BP Statistical Review of World Energy – June 2025

3.3. Recursos Energéticos de Moçambique



4. Fontes de energia

- Fonte de energia é um recurso natural que pode fornecer ao Homem determinado tipo de energia e sua substância transformadora. A natureza, em certas circunstâncias, pode fornecer recursos naturais que dão origem a um determinado tipo de energia, nomeadamente energia mecânica, eléctrica, térmica ou química.
- As fontes de energia são um dos elementos importantes e indispensáveis à nossa vida quotidiana e ao desenvolvimento económico, para além de serem extremamente importantes para a melhoria da qualidade de vida.

4.1 Fontes de energia: primária secundária e final (I)

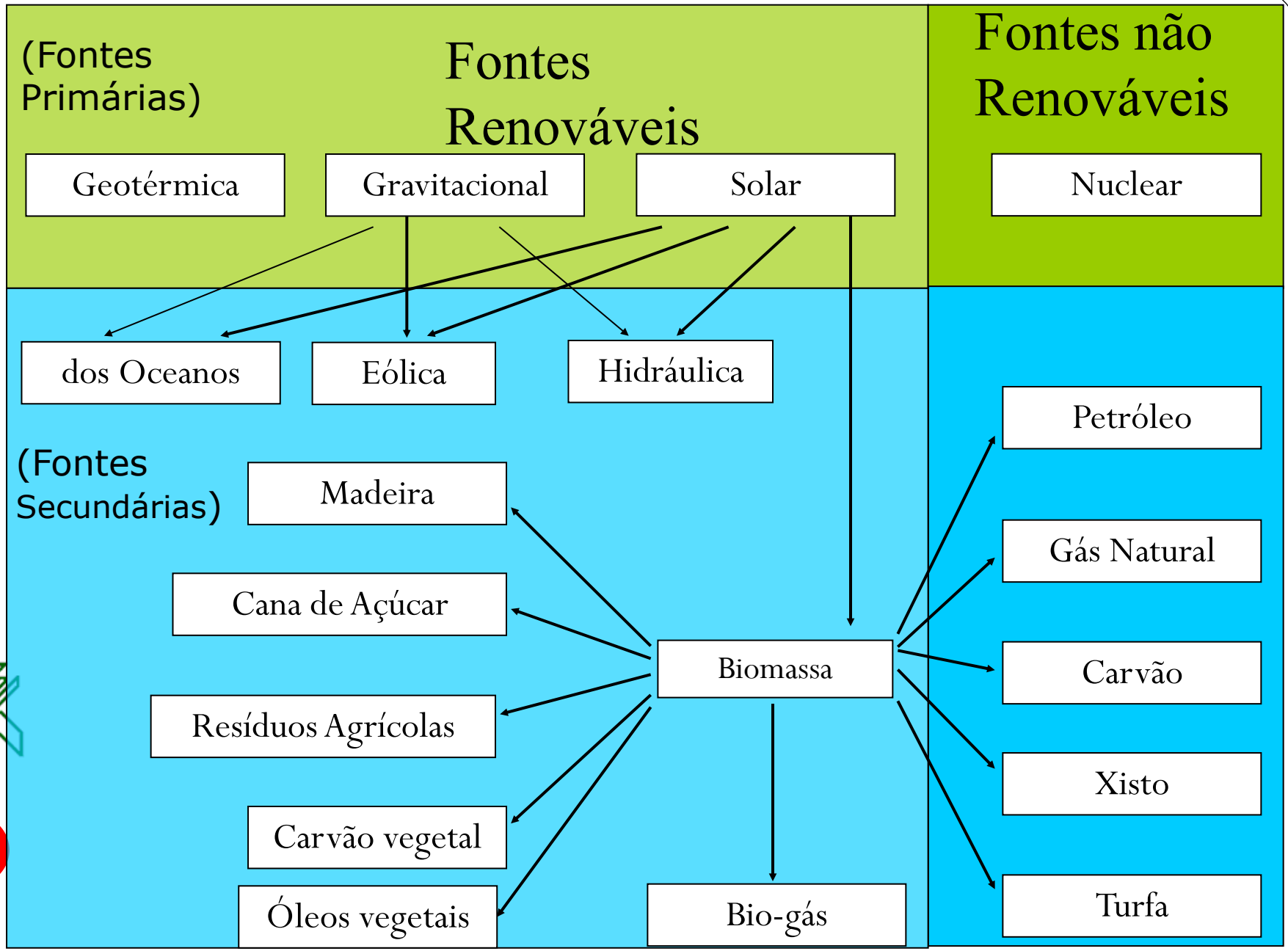
- A fonte de **energia primária**, também conhecida por fonte de energia natural, é uma fonte de energia que existe em forma nata na natureza e pode gerar energia de forma directa, destas destacam-se o carvão mineral, o petróleo e o gás natural, a energia hídrica, solar e eólica, de biomassa, oceânica e geotérmica.
- As fontes de energia também se podem classificar-se em função da sua reposição ser maior ou menor que o seu consumo em:
  - Renováveis; e
  - Não Renováveis.

4.1 Fontes de energia: primária secundária e final (II)

- As fontes de **energia renováveis** são uma infinita fonte geradora mesmo que sejam utilizadas pelo Homem, possuindo a capacidade de se regenerar naturalmente. Por exemplo a energia solar, hídrica e eólica, de biomassa, oceânica e geotérmica.
- As fontes de **energia não renováveis**, como o combustível petroquímico e nuclear, são formadas no subsolo a partir de restos de animais e plantas que demoraram milhões de anos até se transformarem em combustível. Estes não podem ser recuperados rapidamente e as suas quantidades tornam-se cada vez mais reduzidas com o consumo por parte do homem.

4.1 Fontes de energia: primária secundária e final (III)

- As fontes de **energia secundárias** são transformadas a partir das fontes de energia primárias, como por exemplo a energia eléctrica, gasolina, gasóleo, alcatrão, carvão mineral, vapor, entre outros.
- **Energia Final** é a quantidade de energia consumida pelos diversos sectores da economia, para satisfazer as necessidades dos diferentes usos, como calor, força motriz, iluminação, etc. Não inclui nenhuma quantidade de energia que seja utilizada como matéria-prima para produção de outra forma de energia.



Fonte:http://www.minerva.uevora.pt/odimeteosol/energias.htm

4.2 Formas de conversão de energia

Fonte Energética	Conversão	Tecnologia
Energia Solar	Térmica (calor de baixa temperatura)	Colector solar
	Térmica (calor a média/alta temperatura)	Colector concentrador
	Fotovoltaica (energia eléctrica)	`painéis fotovoltaicos
Energia Eólica	Energia Mecânica	Aerobombas, moinhos
	Energia Eléctrica	Aerogeradores
Energia das Ondas	Energia Eléctrica	Turbinas (hidráulica ou de ar)
Energia das Marés	Energia Eléctrica	Turbina hidráulica
Energia da Biomassa	Combustão	Fornos, caldeiras
	Fermentação metânica (biogás)	Digestor anaeróbico
	Pirólise (carvão vegetal)	Câmaras de carbonização
	Gaseificação (gás de baixo/médio PCI)	Gaseificador
Energia Geotérmica	Baixa entalpia (água quente a 30-80ºC)	Água injectada da superfície
	Alta entalpia (energia eléctrica)	Turbina a vapor
Energia Hídrica	Energia Eléctrica	Turbina hidráulilca

4.3 – Energia Nuclear (I)

- **Reactor nuclear** é uma câmara blindada contra a radiação, onde é produzida uma reacção nuclear controlada para a obtenção de energia, produção de materiais fissionáveis como o plutónio para armamentos nucleares, propulsão de submarinos e satélites artificiais ou para pesquisas.

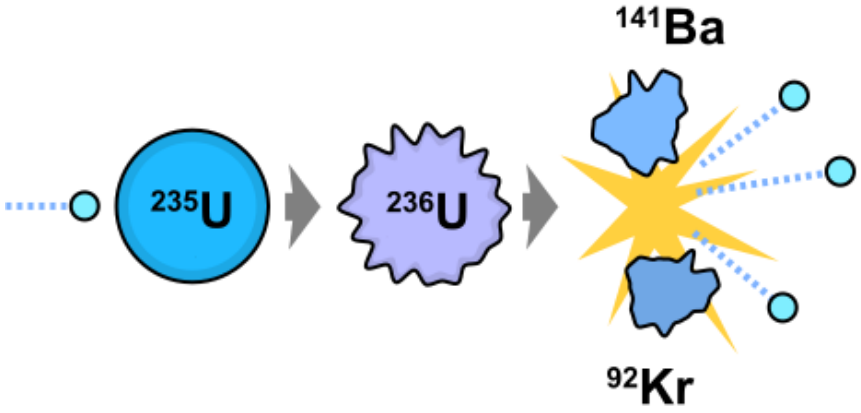
- Uma central nuclear pode conter vários reactores. Actualmente apenas os reactores nucleares de fissão são empregues para a produção de energia comercial, porém os reactores nucleares de fusão estão sendo empregues em fase experimental.

4.3 – Energia Nuclear (II)

- De uma forma simples, as primeiras versões de reactor nuclear produzem calor dividindo átomos ao contrário das estações de energia convencionais, que produzem calor queimando combustível. O calor produzido serve para ferver água, que irá fazer funcionar turbinas a vapor para gerar electricidade.
- Um reactor produz grandes quantidades de calor e intensas correntes de radiação neutrónica e gama. Ambas são mortais para todas as formas de vida mesmo em quantidades pequenas, causando doenças, leucemia e, por fim, a morte. O reactor deve estar rodeado de um espesso escudo biológico de cimento e aço, para evitar fugas prejudiciais de radiação.

4.3 – Energia Nuclear (III)

O método utilizado para obter energia eléctrica nestas centrais que se chama fissão nuclear, consiste na quebra de átomos grandes em menores. Apesar de ser um processo físico extremamente complexo e com inúmeras variáveis, pode ser explicado e assimilado facilmente.



4.3 – Energia Nuclear (IV)

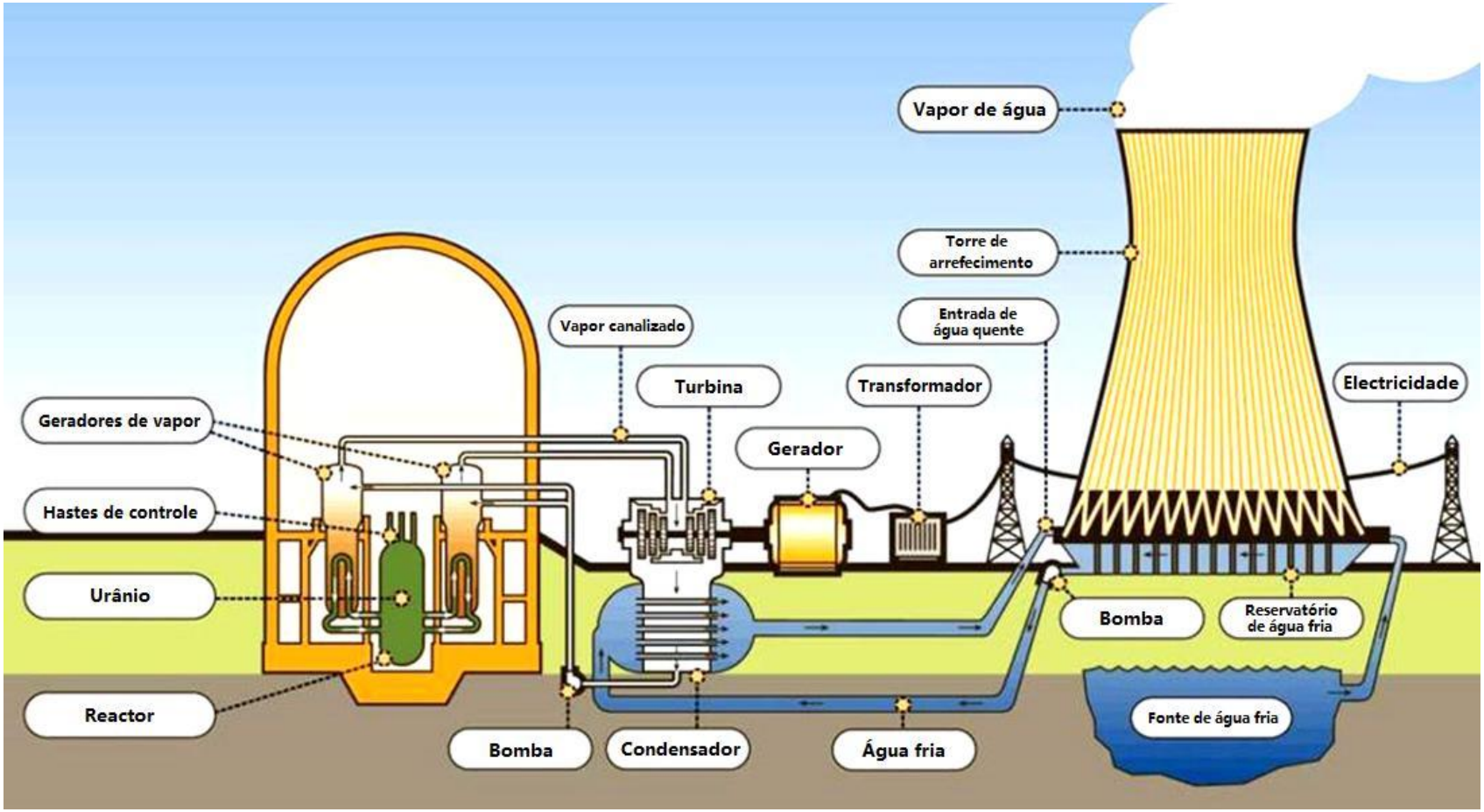
A fissão de núcleos atómicos ocorre devido ao lançamento de um neutrão a alta velocidade contra um átomo de uranilo (ou U-235), um isótopo radioactivo do urânio. O neutrão é absorvido pelo átomo, agora U-236, que é instável. Esta instabilidade faz com que o núcleo fique incapaz de permanecer coeso e que se divida em dois átomos menores e mais leves (no esquema acima, bário e crípton), libertando calor e dois ou três neutrões rápidos. Se estes neutrões colidirem com átomos de U-235 adjacentes fá-los-ão dividir-se também, libertando mais energia térmica e ainda mais neutrões. Se houver U-235 suficiente (cerca de 4 quilogramas), começará uma reacção em cadeia que liberta uma enorme quantidade de energia térmica.

4.3 – Energia Nuclear (V)

As matérias radioactivas são manejadas por controlo remoto e armazenadas em contentores de chumbo, um excelente escudo contra a radiação.

Uma Usina Nuclear

4.3 – Energia Nuclear (VI)

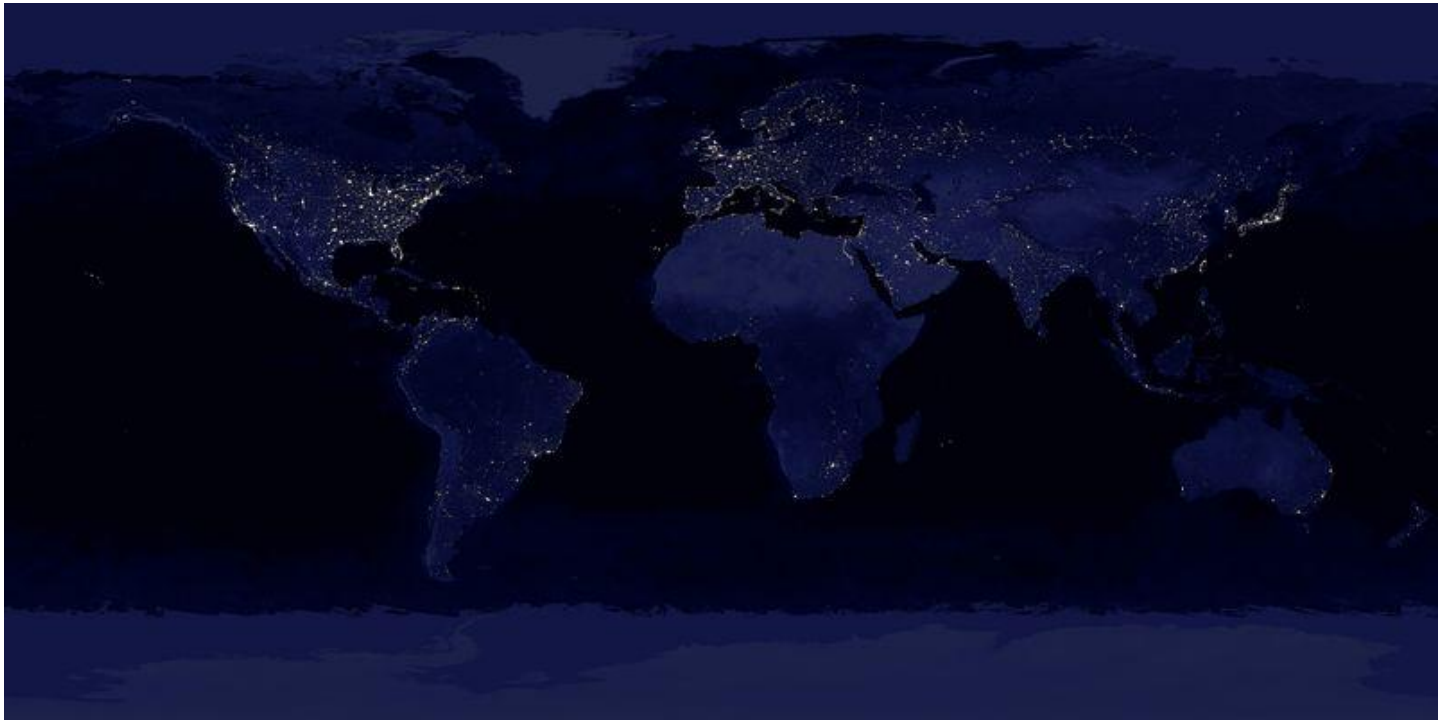


4.4 – A Energia Eléctrica (I)

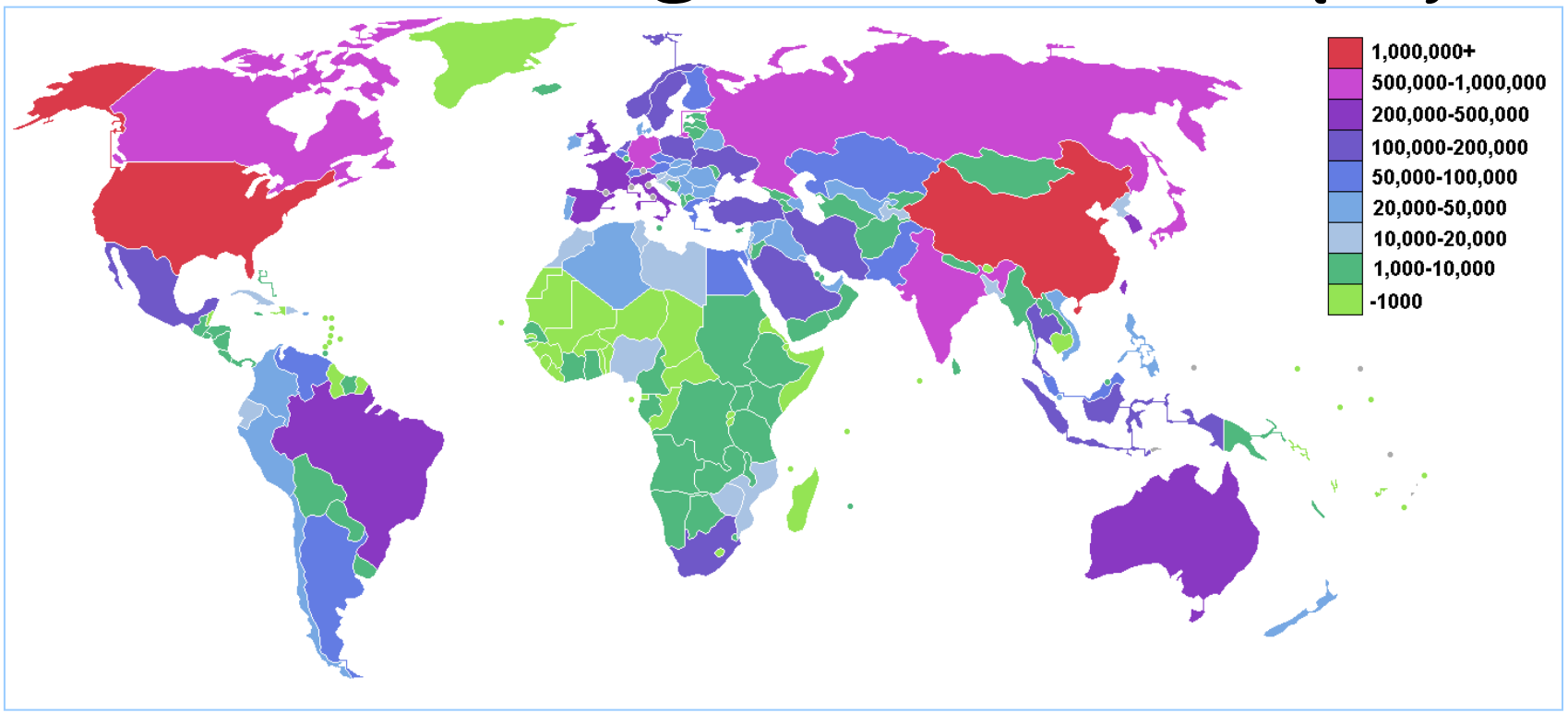
- A energia eléctrica é nos dias de hoje a mais encontrada em todos os lugares, seja nas casas, no comércio, na indústria, nas escolas e nas ruas, ela é a que mais faz parte de nossa vida e com certeza a que tem a maior importância. Dentre as várias fontes de energia eléctrica pode-se citar como as mais conhecidas:
- Os raios, que são fenómenos naturais caracterizados como descargas atmosféricas, que ocorrem entre as nuvens e a terra quando elas estão carregadas com cargas eléctricas de potencial diferente.

4.4 – A Energia Eléctrica (II)

- A electricidade gerada nas Usinas Térmicas, que utilizam vários tipos de combustíveis para produzir calor e aquecer a água para gerar vapor e fazer com que o mesmo movimente as pás das turbinas, que funcionarão os geradores de electricidade.

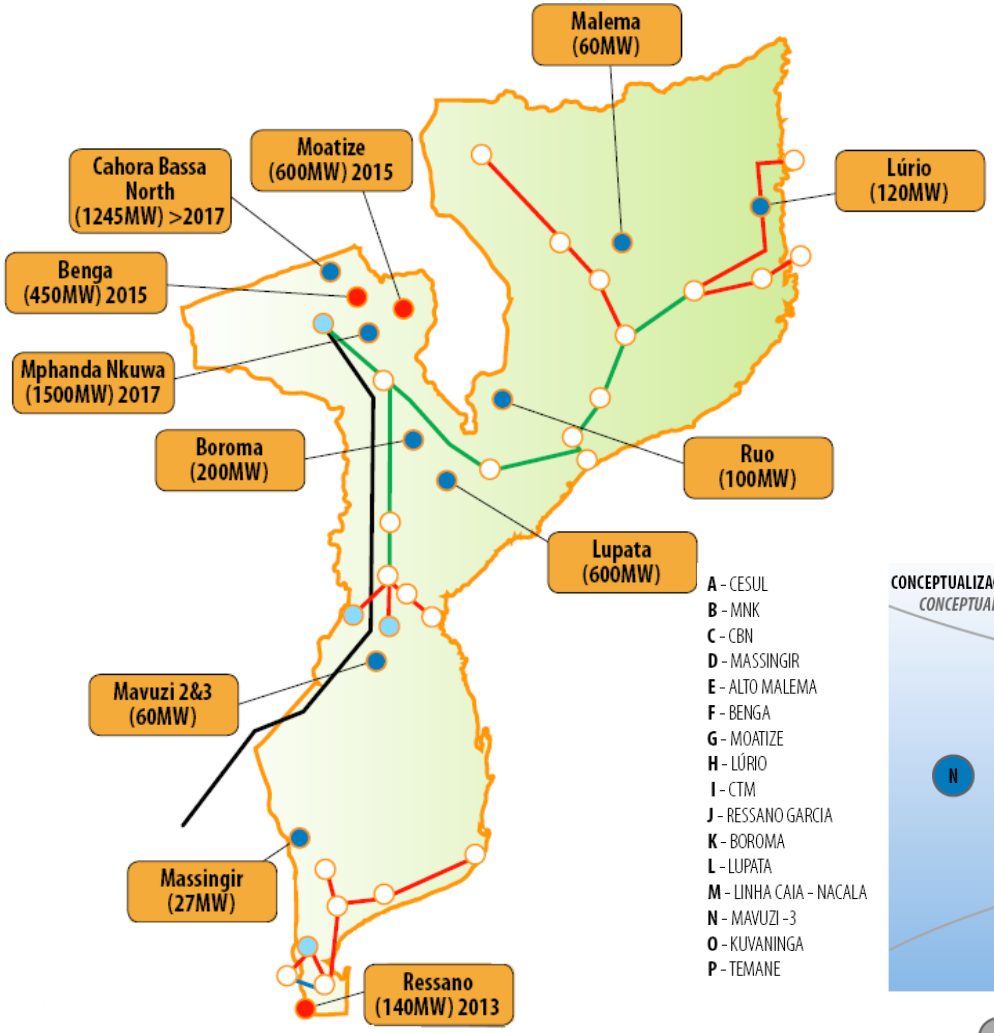


4.4– A Energia Eléctrica (III)

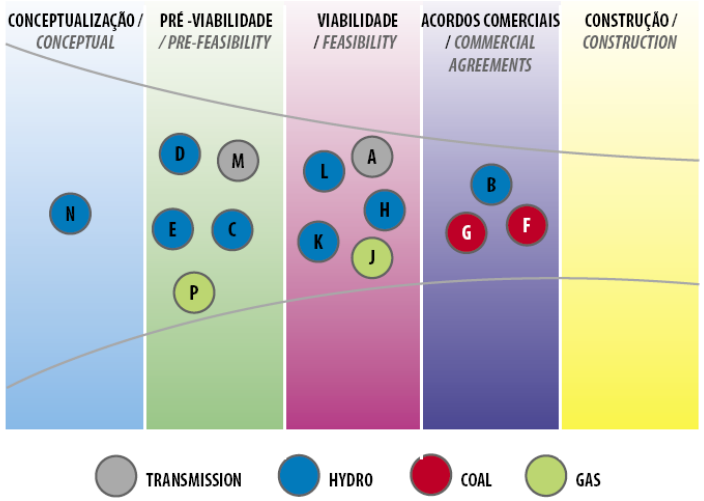


- Consumo de energia eléctrica por país, em milhões de kWh

4.4.1 Localização dos Projectos de Geração de Energia em Moçambique



A - CESUL
B - MNK
C - CBN
D - MASSINGIR
E - ALTO MALEMA
F - BENGA
G - MOATIZE
H - LÚRIO
I - CTM
J - RESSANO GARCIA
K - BOROMA
L - LUPATA
M - LINHA CAIA - NACALA
N - MAVUZI -3
O - KUVANINGA
P - TEMANE



4.5 – A Energia Química (I)

- A energia química também é de suma importância para o nosso conforto e faz parte do nosso dia a dia, estando presente em muitos dos aparelhos e das máquinas que utiliza-se.
- As Pilhas são uma fonte de energia química de grande importância pois encontram-se em vários aparelhos indispensáveis ao nosso dia a dia, como nos controles remotos, nos rádios portáteis, nas calculadoras entre muitos outros.
- Deve-se dar destaque especial a energia química das Baterias Automotivas, que são fundamentais para o funcionamento dos automóveis, embarcações e entre muitas outras utilidades como sistemas de telecomunicações e sinalizações.

4.5 - A Energia Química (II)

O princípio operacional das células de combustível foi descoberto inicialmente em 1839 por William Grove. No entanto, somente nas últimas décadas a pesquisa e a indústria começaram a se concentrar mas detalhadamente nesse eficiente princípio de conversão de energia química directamente em energia eléctrica sem a restrição de Carnot.

Actualmente estão sendo pesquisados quatro tipos principais de células de combustível e são caracterizados pelo material electrólito, tipo de combustível, temperatura operacional e intervalo de saída de energia previsto.

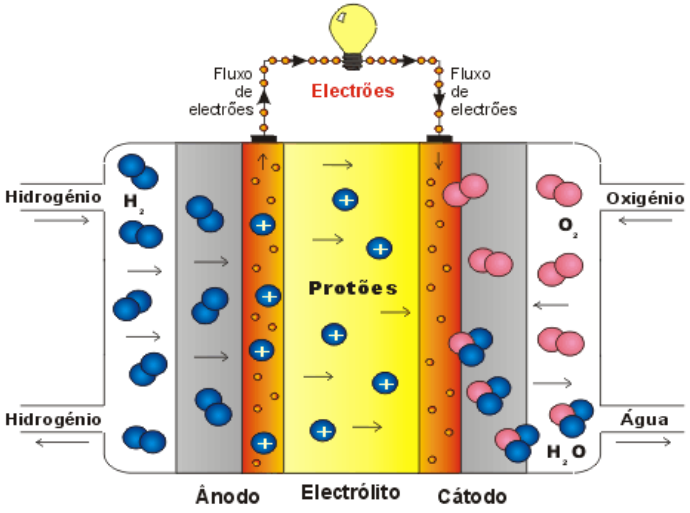
4.5 - A Energia Química (III)

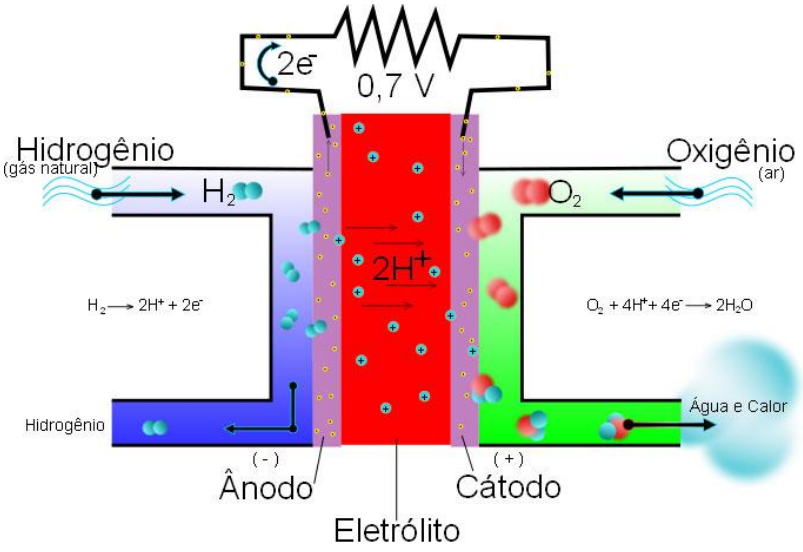
A membrana de electrólito de polímero (PEMFC) é a mais conhecida devido à sua aplicação de destino principal em automóveis e dispositivos móveis.

A célula de combustível de óxido sólido (SOFC), no entanto, apresenta a eficiência total mais alta e é a mais flexível em relação aos diferentes combustíveis.

No cátodo, o oxigénio é reduzido a iões de oxigénio que podem passar através do denso electrólito condutor iônico devido a uma diferença de pressão parcial no oxigénio entre o cátodo (alto $p(O_2)$) e o ânodo (baixo $p(O_2)$). No ânodo poroso, os iões de oxigénio reagem com o gás combustível (hidrogénio ou gás natural) para formar água, electrões e/ou dióxido de carbono.

4.5 - A Energia Química (IV)





Células de Combustível

4.6 – A Energia Térmica (I)

A energia térmica é normalmente encontrada através da queima dos combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo, sendo alguns deles:

- A Gasolina;
- O Gasóleo;
- O Gás natural;
- O Querosene.

A energia térmica pode ser encontrada também na queima do:

- Carvão Mineral;
- Carvão Vegetal;
- Troncos e galhos de árvores (lenha).

4.6 – A Energia Térmica (II)

- Deve-se dar ênfase as fontes térmicas de energia provindas de Biomassas como a cana- de-açúcar, que representam fontes renováveis e de baixo impacto ambiental.

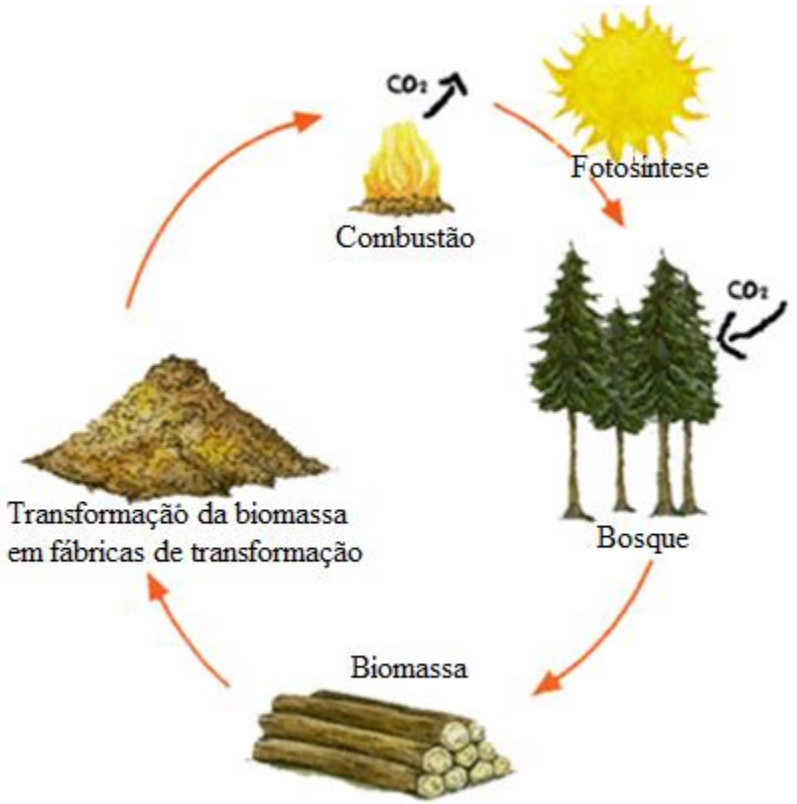
- As usinas nucleares, que são também usinas térmicas, porém utilizando material radioactivo como o urânio enriquecido para gerar electricidade, devem ter um destaque à parte por se tratar de uma fonte de energia térmica muito perigosa para os seres vivos.

4.7 - Biomassa (I)

- A **biomassa** é um tipo de matéria utilizada na produção de energia a partir de processos como a combustão de material orgânico produzida e acumulada em um ecossistema, porém nem toda a produção primária passa a incrementar a biomassa vegetal do ecossistema. Parte dessa energia acumulada é empregue pelo ecossistema para sua própria manutenção. Suas vantagens são o baixo custo, é renovável, permite o reaproveitamento de resíduos e é menos poluente que outras formas de energias como aquela obtida a partir da utilização de combustíveis fósseis como petróleo e carvão mineral.

4.7 - Biomassa (II)

- A queima de biomassa provoca a libertação de dióxido de carbono na atmosfera, mas como este composto havia sido previamente absorvido pelas plantas que deram origem ao combustível, o balanço de emissões de CO_2 é nulo.



4.8 - Petróleo (I)

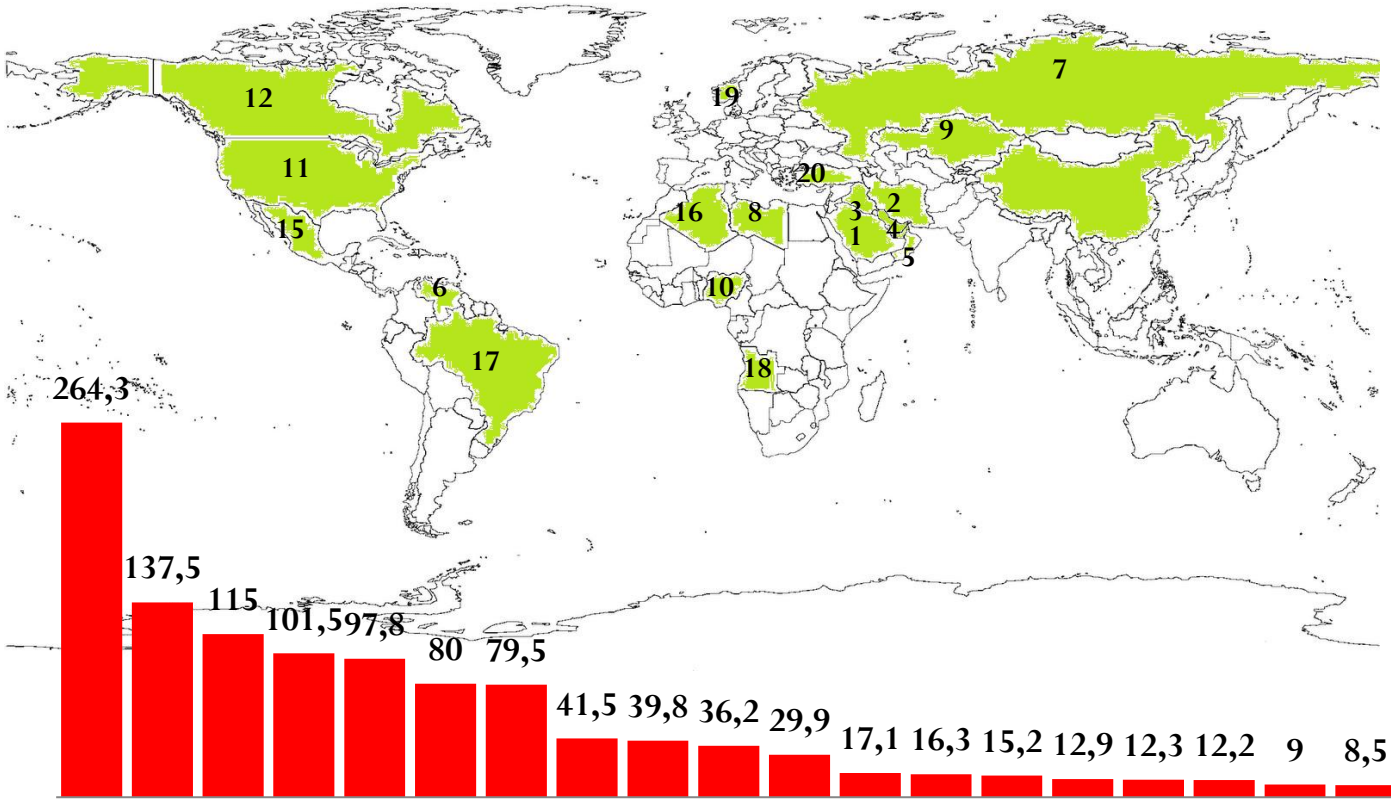
- O **petróleo** (do latim *petrus*, pedra e *oleum*, óleo), no sentido de *petróleo bruto*, é uma substância oleosa, inflamável, geralmente menos densa que a água, com cheiro característico e coloração que pode variar desde o incolor ou castanho claro até o preto, passando por verde e castanho.

- É uma mistura de compostos orgânicos, cujos principais constituintes são os hidrocarboneteos. Os outros constituintes são compostos orgânicos contendo elementos químicos como nitrogénio, enxofre, oxigénio (chamados genericamente de compostos *NSO*) e metais, principalmente níquel e vanádio.

4.8 - Petróleo (II)

- O **petróleo** é um recurso natural não renovável, e também actualmente a principal fonte de energia. Serve como base para fabricação dos mais variados produtos, dentre os quais destacam-se: benzinas, gasóleo, gasolina, alcatrão, polímeros plásticos e até mesmo medicamentos. Já provocou muitas guerras, e é a principal fonte de renda de muitos países, sobretudo no Médio Oriente.

4.8.1 Maiores Reservas de Petróleo (bilhões de barris)



4.8.2 - Os Fundamentos de uma Crise Energética (I)

- Actualmente existem cinco factores fundamentais que ameaçam uma crise energética, sinais muito semelhantes aos que haviam antes dos choques petrolíferos de 1973 e 79. Esses cinco factores referem-se:
  - à produção doméstica;
  - à dependência nas importações;
  - ao grau de concentração das importações por país;
  - ao nível de stocks; e
  - à capacidade de arranjar outras alternativas de fornecimento numa eventual interrupção por parte dos habituais fornecedores.

4.8.2 - Os Fundamentos de uma Crise Energética (II)

Primeiro Choque

Em 1973, a tensão cresceu vertiginosamente com um novo conflito, a Guerra Yom Kippur. O mundo árabe se revoltou com o apoio dos EUA a Israel e, em uma atitude inédita, agindo em bloco, decidiram usar o petróleo como “arma política”, aumentando o preço do petróleo.

Consequências directas

O preço do barril de petróleo passou de US$ 2,70 para US$ 11,20 em menos de um ano.

Foi a primeira vez na história do mundo capitalista que as nações subdesenvolvidas inverteram a dinâmica da economia, colocando os países desenvolvidos como reféns da matéria-prima

Os choques do petróleo

4.8.2 - Os Fundamentos de uma Crise Energética (III)

Segundo choque

Em 1979, irrompeu a Guerra do Irão x Iraque, gerando maior instabilidade tendo Médio Oriente pressionando o preço do barril de petróleo para US$ 34,00.

→ Consequências directas →

Muito países viram sua economia alicerçada na energia termoelétrica e nos derivados do petróleo desabarem.

Diante do impasse, houve um redirecionamento de grande parte das nações, visando à diminuição da dependência do petróleo como principal fonte de energia, calcado na prospecção interna e na pesquisa de fontes alternativas de energia.

Os choques do petróleo

4.8.2 - Os Fundamentos de uma Crise Energética (IV)

Terceiro choque

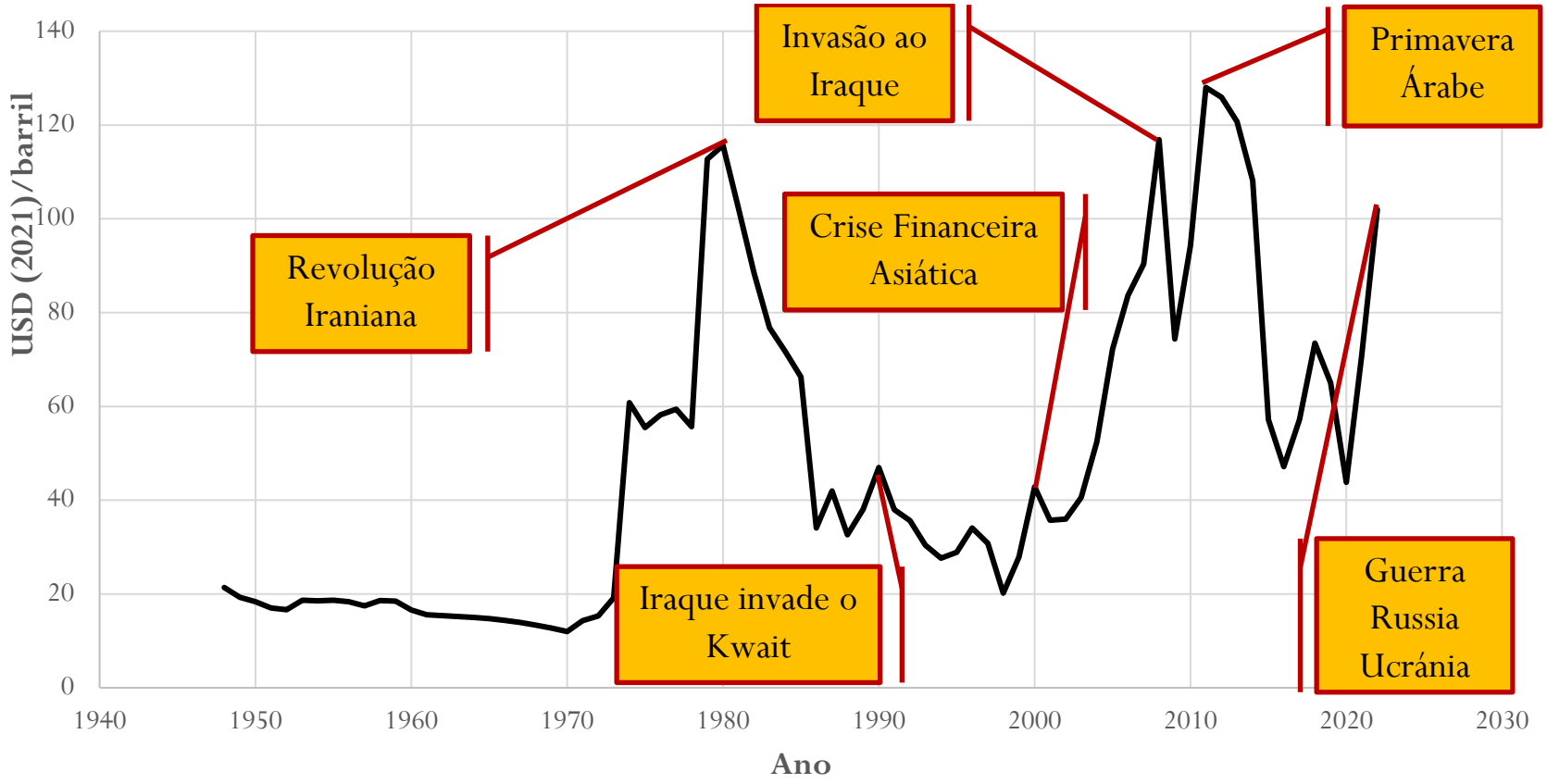
Com a busca de novos locais de exploração e o incremento de novas fontes de energia, provocou a queda no mercado internacional do preço do barril do petróleo.

Consequências directas

A partir de 1986, o preço do barril estabilizou na casa de US$ 17,00 passando a sofrer pequenas alterações para mais ou para menos, conforme interesse do mercado internacional, no contexto econômico e político.

Os choques do petróleo

1.4.3 - Preços do Petróleo 1948-2022



4.9 - Carvão Mineral

- **Carvão Mineral** é um combustível fóssil natural extraído da terra por processos de mineração. É um mineral de cor preta ou castanho prontamente combustível. É composto primeiramente por átomos de carbono e hidrocarbonetos sob a forma de betumes.
- Dos diversos combustíveis produzidos e conservados pela natureza sob a forma fossilizada, acredita-se que o carvão mineral, é o mais abundante.

4.10 - Gás Natural

- O **gás natural** é uma mistura de gases encontrado frequentemente em combustíveis fósseis, isolado ou acompanhado ao petróleo. Ainda que a sua composição seja diferente dependendo da fonte da qual é extraído, é composto principalmente por metano em quantidades que podem superar 90 ou 95%, e contém outros gases como nitrogénio, etano, CO_2 ou restos de butano ou propano.

4.11- Energia Hídrica (I)

- A **Energia Hídrica** é a **energia** obtida a partir da energia potencial de uma massa de água. A forma na qual ela se manifesta na natureza é nos fluxos de água, como rios e lagos e pode ser aproveitada por meio de um desnível ou queda d'água. Pode ser convertida na forma de energia mecânica (rotação de um eixo) através de turbinas hidráulicas ou moinhos de água. As turbinas por sua vez podem ser usadas como accionamento de um equipamento industrial, como um compressor, ou de um gerador eléctrico, com a finalidade de prover energia eléctrica para uma rede de energia.

4.11 - Energia Hídrica (II)

A potência máxima que pode ser obtida através de um desnível pode ser calculada pelo produto:

$$P = \rho Q H g$$

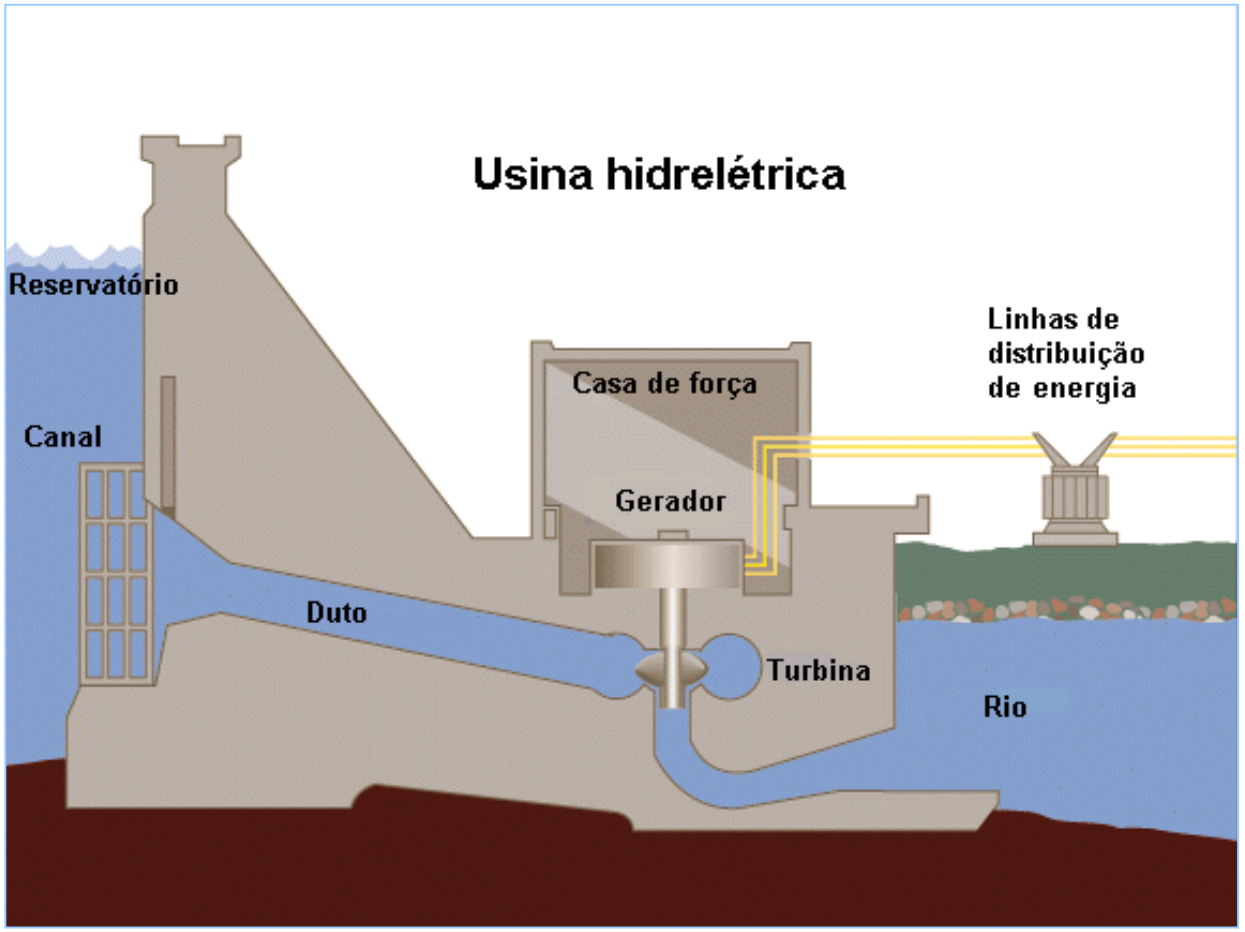
Em unidades do sistema internacional de unidades (SI)

- Potência(P): Watt(W)
- Queda(H): m
- Densidade(ρ): kg/m^3
- Vazão volumétrica(Q): m^3/s
- Aceleração da gravidade(g):m/s^2

4.11- Energia Hídrica (III)

Imagem de uma Barragem

4.11- Energia Hídrica (IV)



Esquema de Usina Eléctrica

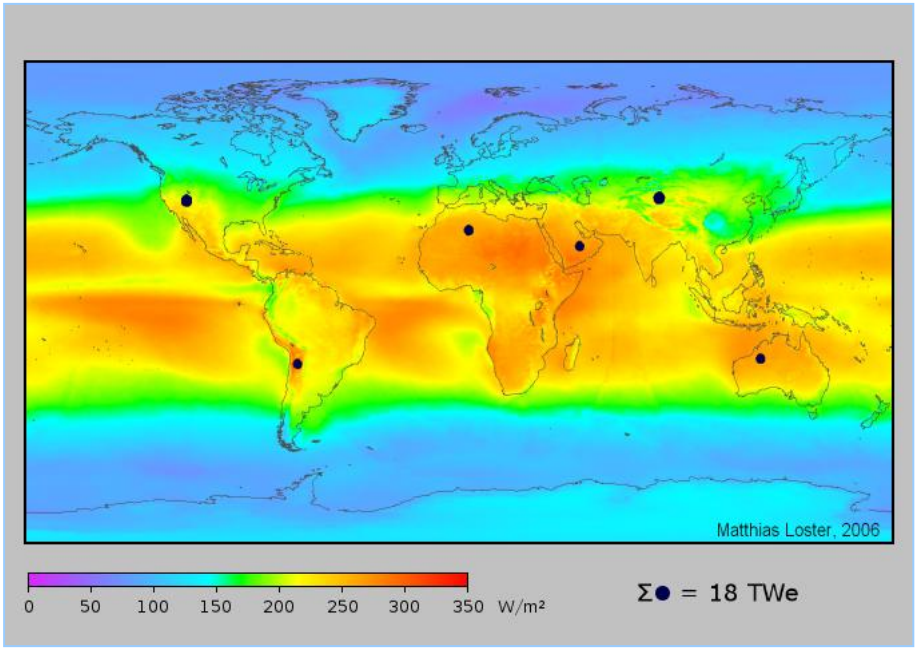
4.12 - Energia Solar (I)

Energia solar é a designação dada a qualquer tipo de captação de energia luminosa (e, em certo sentido, da energia térmica) proveniente do Sol, e posterior transformação dessa energia captada em alguma forma utilizável pelo homem, seja directamente para aquecimento de água ou ainda como energia eléctrica ou mecânica.

No seu movimento de translação ao redor do Sol, a Terra recebe 1 410 W/m^2 de energia, medição feita numa superfície normal (em ângulo recto) com o Sol. Disso, aproximadamente 19% é absorvido pela atmosfera e 35% é reflectido pelas nuvens. Ao passar pela atmosfera terrestre, a maior parte da energia solar está na forma de luz visível ou luz ultravioleta.

4.12 - Energia Solar (II)

As plantas utilizam directamente essa energia no processo de fotossíntese. Nós usamos essa energia quando queimamos lenha ou combustíveis minerais. Existem técnicas experimentais para criar combustível a partir da absorção da luz solar em uma reacção química de modo similar à fotossíntese vegetal - mas sem a presença destes organismos.



Distribuição diária média entre 1991-1993 da energia solar recebida pela Terra ao redor do Mundo. Os pontos em preto representam a área necessária para suprir toda a demanda de energia global.

4.13- Energia Eólica (I)

A **energia eólica** é a energia que provém do vento. O termo *eólico* vem do latim *Aeolicus*, pertencente ou relativo a Éolo, Deus dos ventos na mitologia grega. A energia eólica tem sido aproveitada desde a antiguidade para mover os barcos impulsionados por velas ou para fazer funcionar a engrenagem de moinhos, ao mover suas pás.

Na actualidade utiliza-se, ainda, para mover aerogeradores - moinhos que, através de um gerador, produzem energia eléctrica. Precisam agrupar-se em parques eólicos, concentrações de aerogeradores necessárias para que a produção de energia se torne rentável.

4.13- Energia Eólica (II)

Energia Eólica

4.14- Biocombustíveis (I)

Fonte Primária
Soja, girassol, mamona, algodão, amendoin, jatropha, etc

↓

Fonte Secundária
Óleos vegetais respectivos

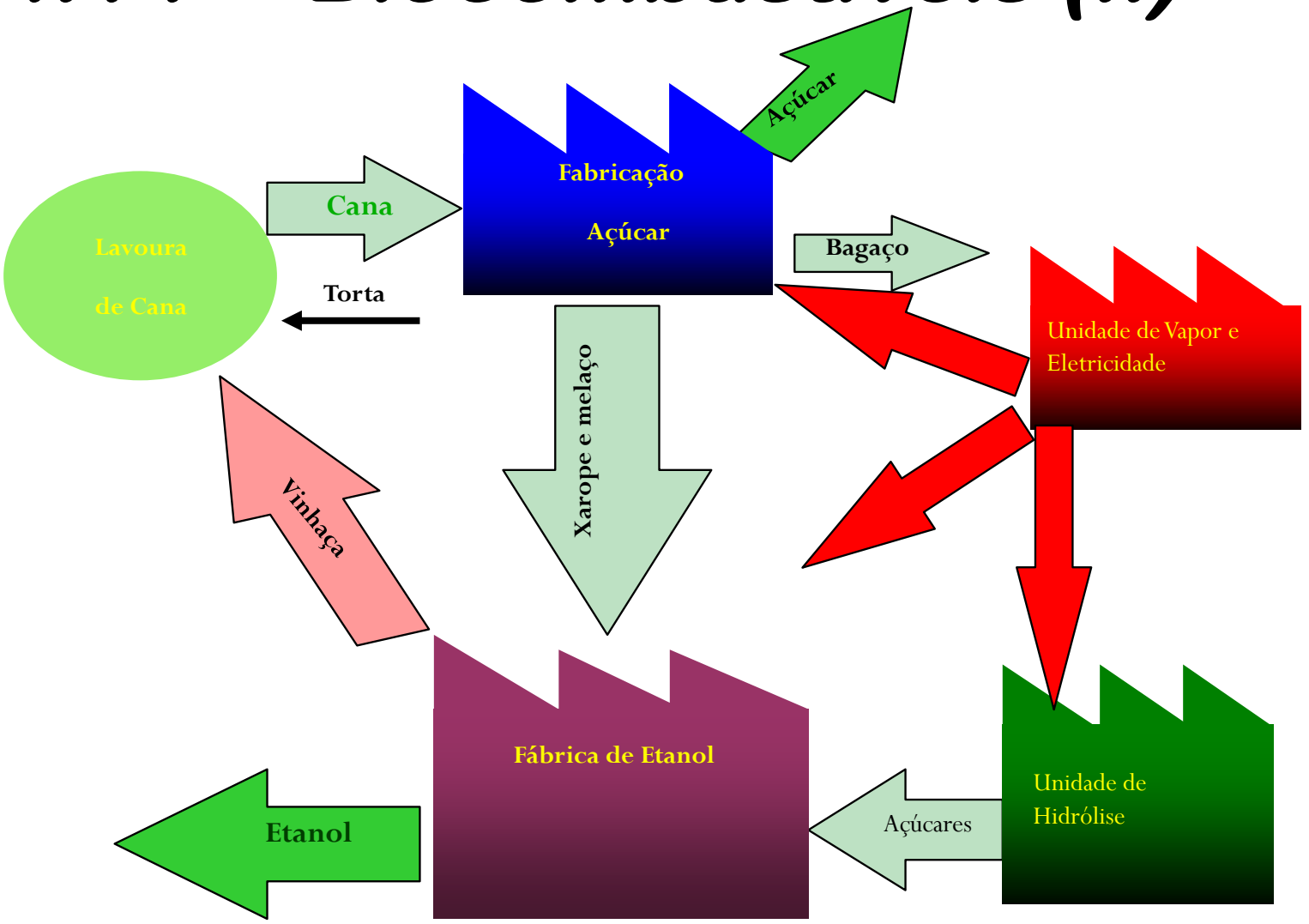
Reacção com álcool como catalisador

↙ ↘

Biodiesel (PCI≈39,710 kJ/kg) usado em
Motores de veículos
Geração de eletricidade (bioeletricidade)

Glicerina que é matéria-prima
em diversos ramos da indústria cosméticos, remédios e explosivos.

4.14 – Biocombustíveis (II)



4.15 – eMergia (I)

Como as fontes de energia não renováveis que mantém a economia começaram a diminuir, houve uma busca de fontes alternativas. É importante estar seguro que elas manterão e estimularão a economia e que não consumirão mais **eMergia** econômica do que retornam.

Avaliar a **relação de eMergia líquida** das fontes alternativas de energia, ajuda a identificar quais poderiam ser usadas. Em seguida examinaremos algumas das fontes alternativas propostas.

4.15 – eMergia (II)

Para propor novas fontes de energia, que possam ser utilizadas actualmente, a sua razão de eMergia líquida deve ser maior que 1. Para que seja competitiva e económica, esta razão deve ser maior que a razão de uma actual fonte de energia.

Algumas fontes alternativas de energia propostas, possuem uma razão de eMergia líquida menor que um.

Outras possuem razões que são muito menores que a das fontes de energia convencionais que têm sustentado a economia.

4.15 – eMergia (III)

Se uma fonte de energia tiver uma razão de **eMergia** líquida menor que 1, então consome mais energia do que produz e portanto não é uma fonte, mas um consumidor.

Fontes como esta podem existir somente quando são abastecidas ricamente por outras energias que forneçam subsídio.

Os aquecedores solares de água são um exemplo, pois durante a sua vida útil não podem produzir mais energia do que a que consomem para serem fabricados.

O gráfico a seguir resume a **eMergia** líquida de vários tipos de fontes energéticas. O eixo horizontal representa a concentração de energia: desde a diluída à concentrada. O eixo vertical representa a razão de **eMergia** líquida.

4.15 – eMergia (IV)

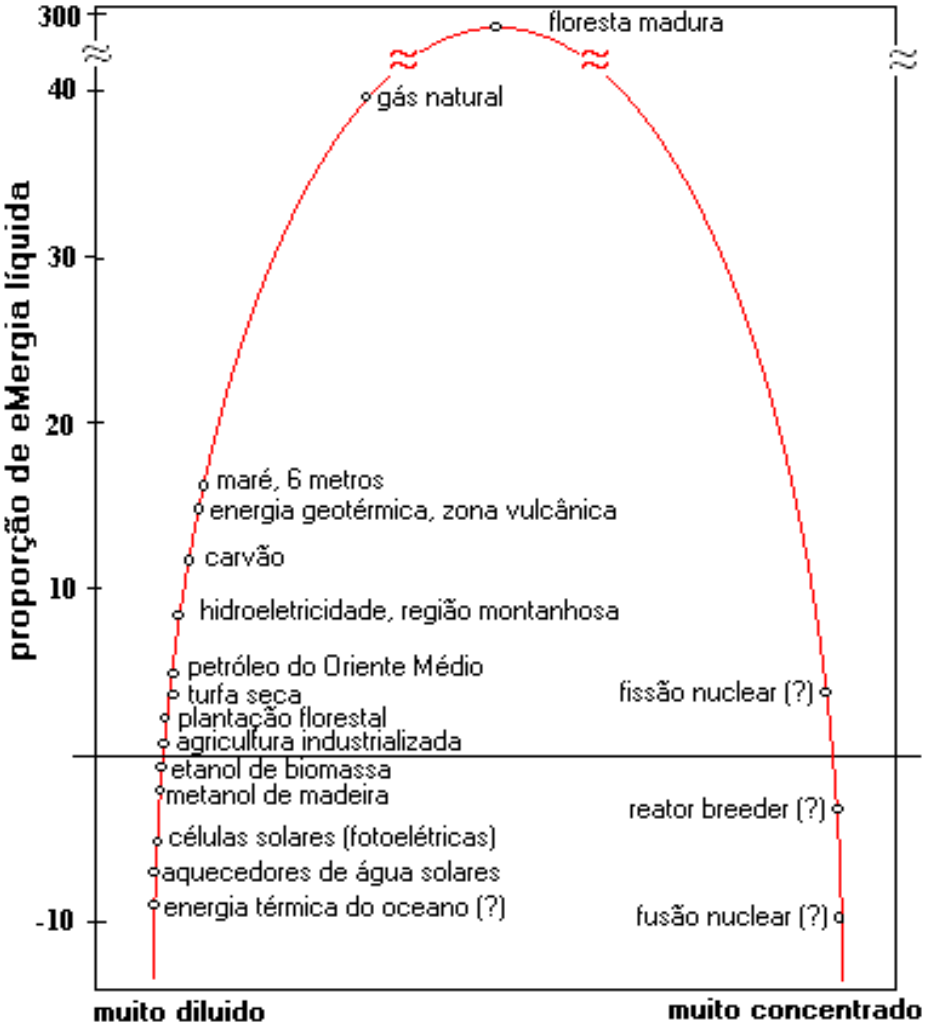


Gráfico: Tipos de Razão de **eMergia** líquida de diferentes concentrações.

4.15 – eMergia (V)

As fontes que possuem rendimento positivo de **eMergia** líquida estão sobre a linha horizontal.

Uma das maiores fontes de energia são as florestas nativas porque não necessitam muita retroalimentação económica para que sejam utilizadas.

As fontes abaixo da linha, localizadas do lado esquerdo, são tão diluídas que requerem mais **eMergia** para serem concentradas do que a que rendem.

Do lado direito do gráfico estão as energias nucleares, que são tão concentradas e quentes que a sua energia não é facilmente utilizável na Terra.

4.15 – eMergia (VI)

Como são tão quentes, muita da energia destas fontes utiliza-se no resfriamento e redução de sua concentração a níveis mais aceitáveis.

Em outras palavras, uma usina de fissão nuclear, que opera ao redor de 5000 °C, deve dissipar uma maior percentagem desta energia no resfriamento de água que uma central térmica a carvão vegetal operando a 1000 °C.