

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 na Indústria



Energia – Capacidade de um corpo realizar trabalho.



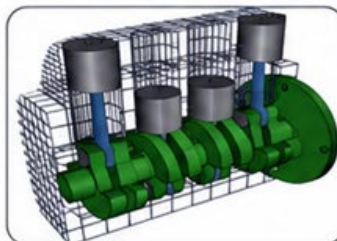
Potência – Fluxo de energia (taxa de transferência/conversão de energia).

TRANSPORTE



Locomoção de pessoas e cargas

MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS



Movimento, compressão, bombeamento

PROCESSOS INDUSTRIAIS



Processos químicos, refinação, produção

MATERIAIS



Transformação e processamento de materiais

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

SISTEMAS MECÂNICOS



Transmissão e conversão de movimento

SERVIÇOS E INFRAESTRUTURAS



Iluminação, climatização, conforto

TRABALHO HUMANO



Força muscular e actividade humana

ENERGIA TÉRMICA



Aquecimento, fusão, tratamento térmico



Sem energia, não há movimento, transformação, produção, comunicação nem vida.
A energia é o motor que impulsiona todas as actividades do ser humano e da natureza.

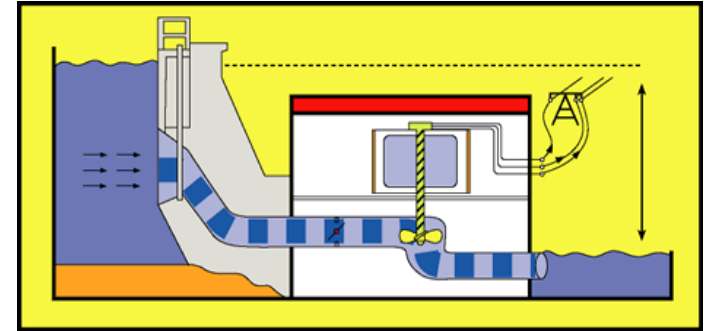
1 – Energia na Indústria

A Energia pode se tornar presente sob diversas formas



Energia Mecânica

- Potencial Gravitacional
- Cinética

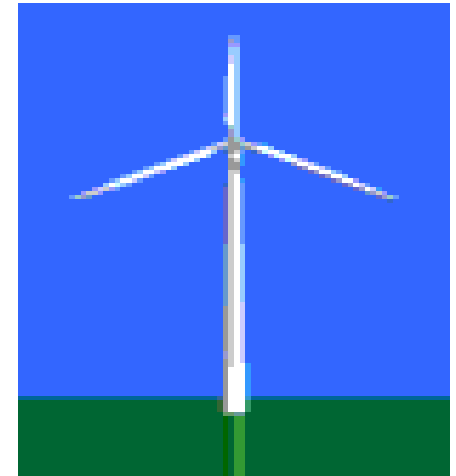


Energia Elétrica

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
- ❑ $1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/segundo}$
- ❑ 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.

- ❑ $1 \text{ Wh} = 1\text{J}/1\text{s} \times 3600 \text{ s} = 3600 \text{ J} = 3,6 \text{ kJ}$
- ❑ $1\text{kWh}=3,6 \text{ MJ}$



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 = 41.86×10^9 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 20° 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:

1

PRIMEIRA LEI

(Lei de conservação de energia)

A energia não pode ser criada ou destruída; ela é automaticamente conservada.



Pode-se usar, mas não se pode consumi-la.



2

SEGUNDA LEI

(Degradação da qualidade da energia)

À medida que se vai usando a energia, a sua qualidade vai-se degradando.



Nenhuma conversão de energia de uma forma para outra é **100% eficiente**. Usa-se energia através do consumo de combustível.

Degradação da qualidade da energia



Ideia-chave: A primeira lei diz-nos que a energia se conserva. A segunda lembra-nos que a qualidade da energia nunca é igual antes e depois de usar.



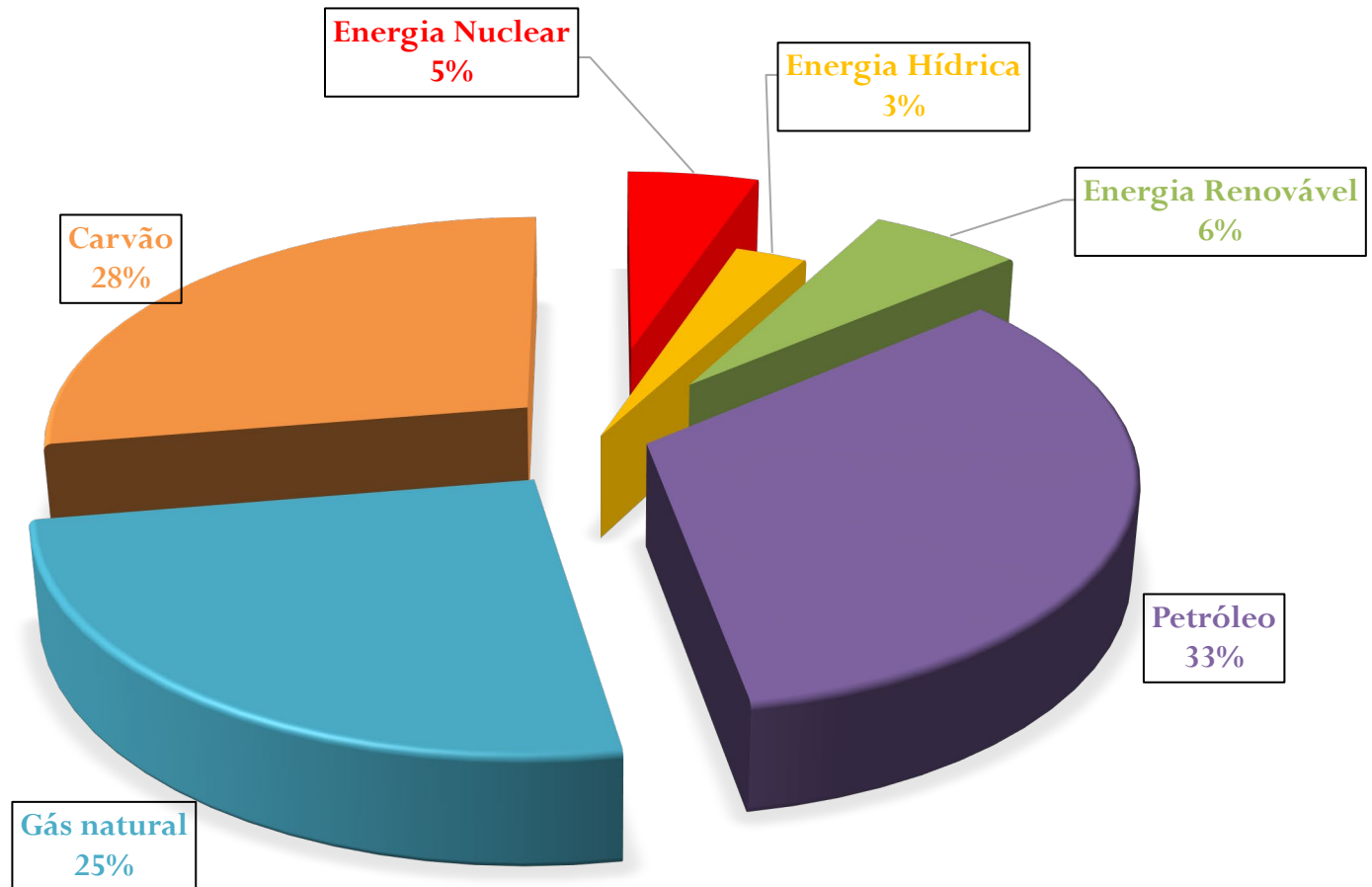
2 – Leis

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.

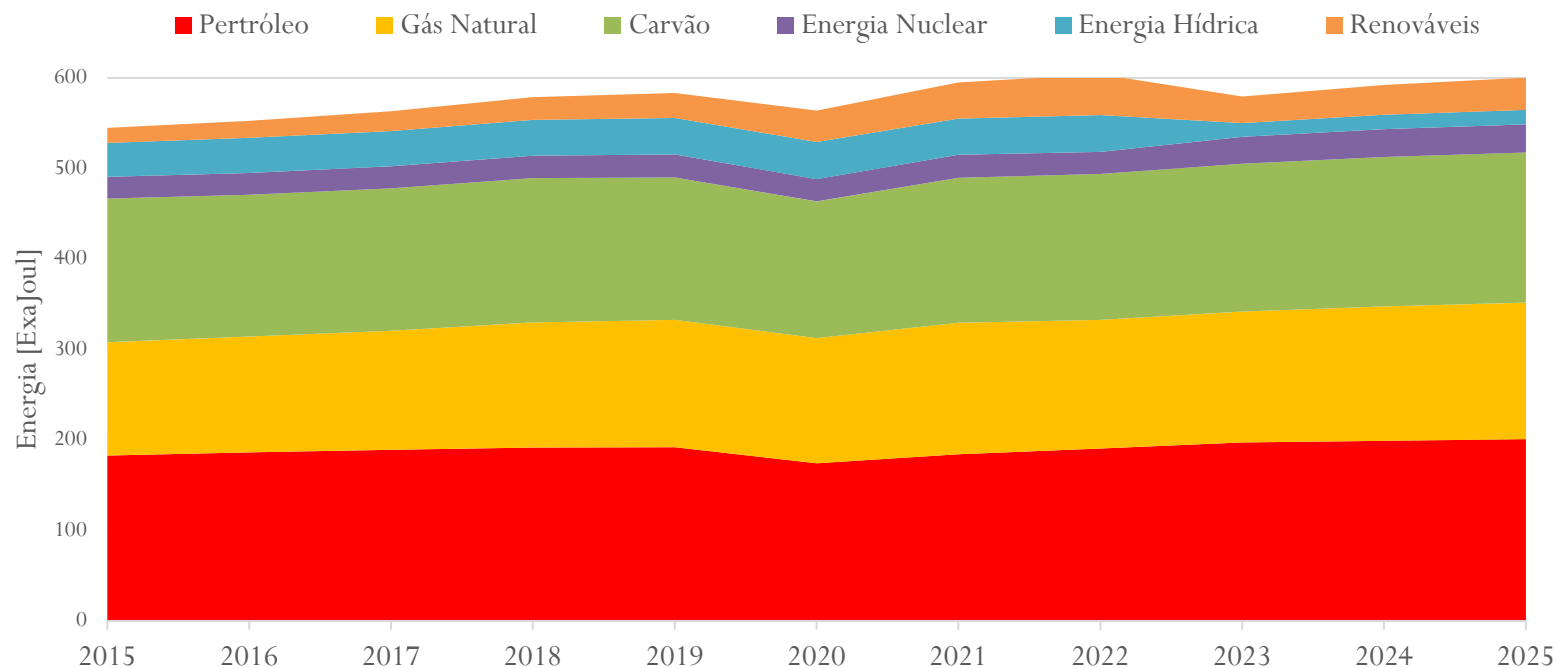


3.1 Consumo Mundial de Energia por tipo (2025)





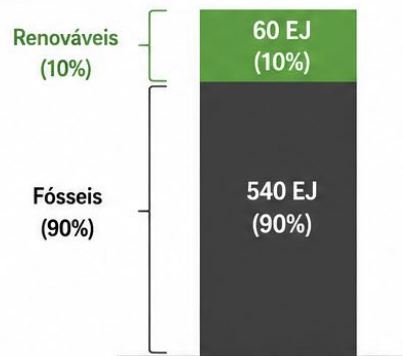
3.2 Evolução do Consumo Mundial de Energia Primária (2015 – 2025)



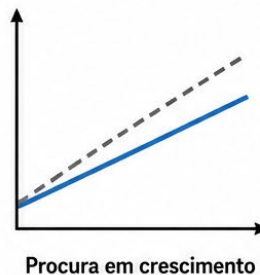
3.2 – Crescimento da Procura Mundial de Energia (I)

Ano 1

Procura total de energia = 600 EJ



=



=

Combinação para satisfazer a procura



Carvão



Gás natural



Petróleo



Hídrica



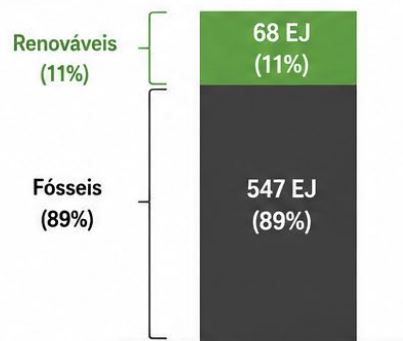
Eólica



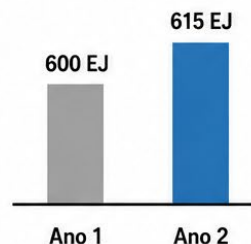
Solar

Ano 2

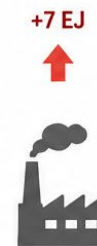
Procura total de energia = 615 EJ



=



=



+7 EJ



+5 EJ



+2 EJ



+1 EJ



+6 EJ



+2 EJ



Combustíveis fósseis



Energias renováveis



Aumento necessário para satisfazer a procura



Aumento esperado nas fontes fósseis

3.2– Crescimento da Procura Mundial de Energia (II)

Por que os combustíveis fósseis continuam a crescer?

- A procura mundial de energia aumenta todos os anos.
- As energias renováveis crescem rapidamente, mas partem de uma base reduzida.
- Os combustíveis fósseis continuam a responder por grande parte do aumento da procura.
- A transição energética exige mais renováveis, armazenamento e redes eléctricas.

A procura mundial de energia continua a crescer.

- As energias renováveis crescem rapidamente, mas ainda não conseguem acompanhar toda a procura adicional.
- Os combustíveis fósseis continuam a suprir uma parcela significativa desse crescimento.



3.3 Recursos Energéticos de Moçambique



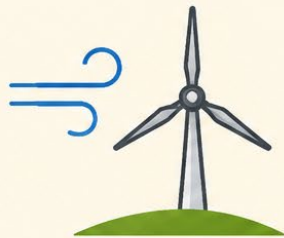
CARVÃO

20 Bilhões de Ton



BIOMASSA

8,9 Milhões de ha



VENTO

5 m/s



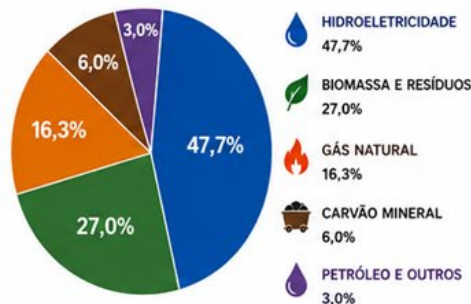
GÁS NATURAL

153 Trilhões tcf



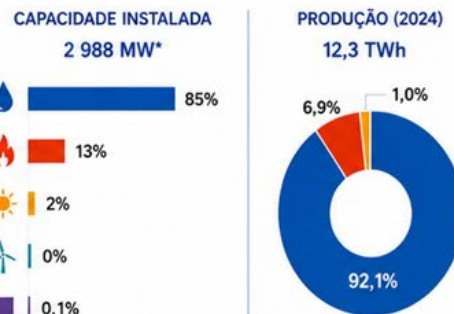
3.4 MATRIZ ENERGÉTICA DE MOÇAMBIQUE: Síntese e Perspectivas

1. MATRIZ ENERGÉTICA (2024)



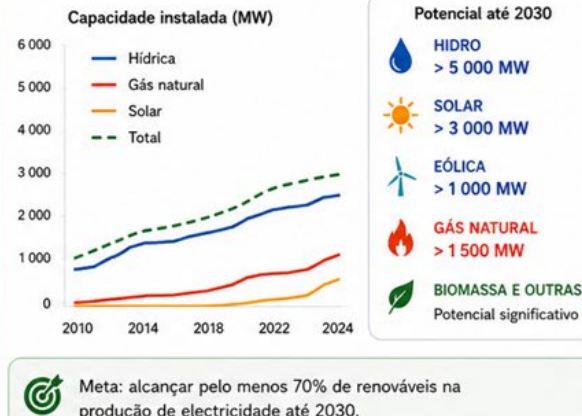
Mais de 74% da oferta interna vem de fontes renováveis (hidro + biomassa).

2. MATRIZ ELÉCTRICA (2024)

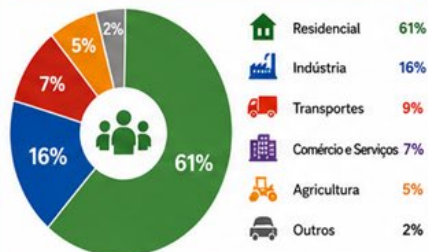


A hidroeletricidade é a espinha dorsal do sistema eléctrico, responsável por >92% da produção.

3. EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS



4. USOS FINAIS DA ENERGIA (2024)



O sector residencial (biomassa tradicional) é o maior consumidor de energia.

5. RECURSOS E POTENCIAL



DESAFIOS

- Dependência da biomassa tradicional.
- Redes e infraestrutura insuficientes.
- Acesso limitado à energia moderna.

OPORTUNIDADES

- Exportação regional de energia.
- Industrialização e criação de emprego.
- Transição energética sustentável.



Grande potencial para diversificação, industrialização e exportação de energia.

3.4 MATRIZ ENERGÉTICA DE MOÇAMBIQUE: Síntese e Perspectivas

- Recursos abundantes: hídricos, gás natural, carvão, solar, eólico e biomassa.
- Situação actual: a electricidade é dominada pela hidroelectricidade, enquanto a biomassa continua a ser importante no consumo energético.
- Perspectiva: Moçambique tem potencial para se afirmar como um dos principais polos energéticos da África Austral.
- ✓ Mais de **74% da oferta interna de energia** provém de fontes renováveis.
- ✓ A **hidroelectricidade domina** a produção nacional de electricidade.
- ✓ Moçambique possui um dos **maiores potenciais energéticos da África Austral**.
- ✓ O futuro depende da **valorização sustentável** destes recursos.



4. Fontes de energia

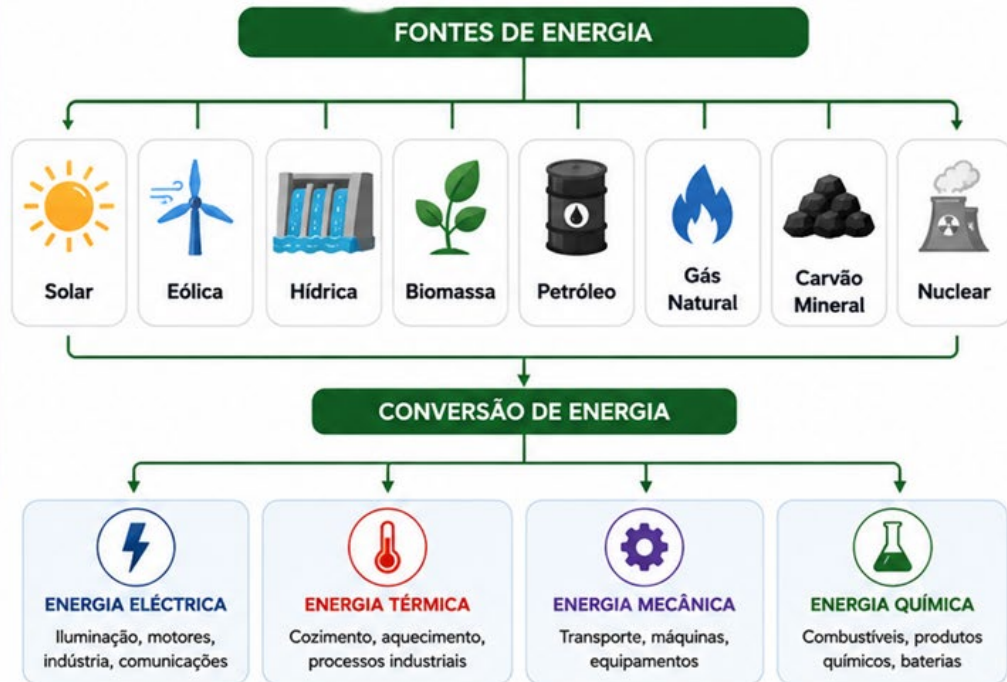


O que é?

Fonte de energia é um recurso natural capaz de fornecer ao Homem um determinado tipo de energia através da sua conversão.

A natureza pode fornecer energia em diferentes formas, que podem ser convertidas em energia **mecânica, eléctrica, térmica ou química**.

DA NATUREZA AO USO FINAL



Essenciais para a vida

Base da nossa vida quotidiana e do desenvolvimento económico.



Impulsionam o progresso

Permitem produzir electricidade, calor e trabalho mecânico.



Sustentabilidade

Podem ser renováveis ou não renováveis.



Utilizar os recursos energéticos de forma eficiente e sustentável é fundamental para o desenvolvimento económico e para a melhoria da qualidade de vida.



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 nativa 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)

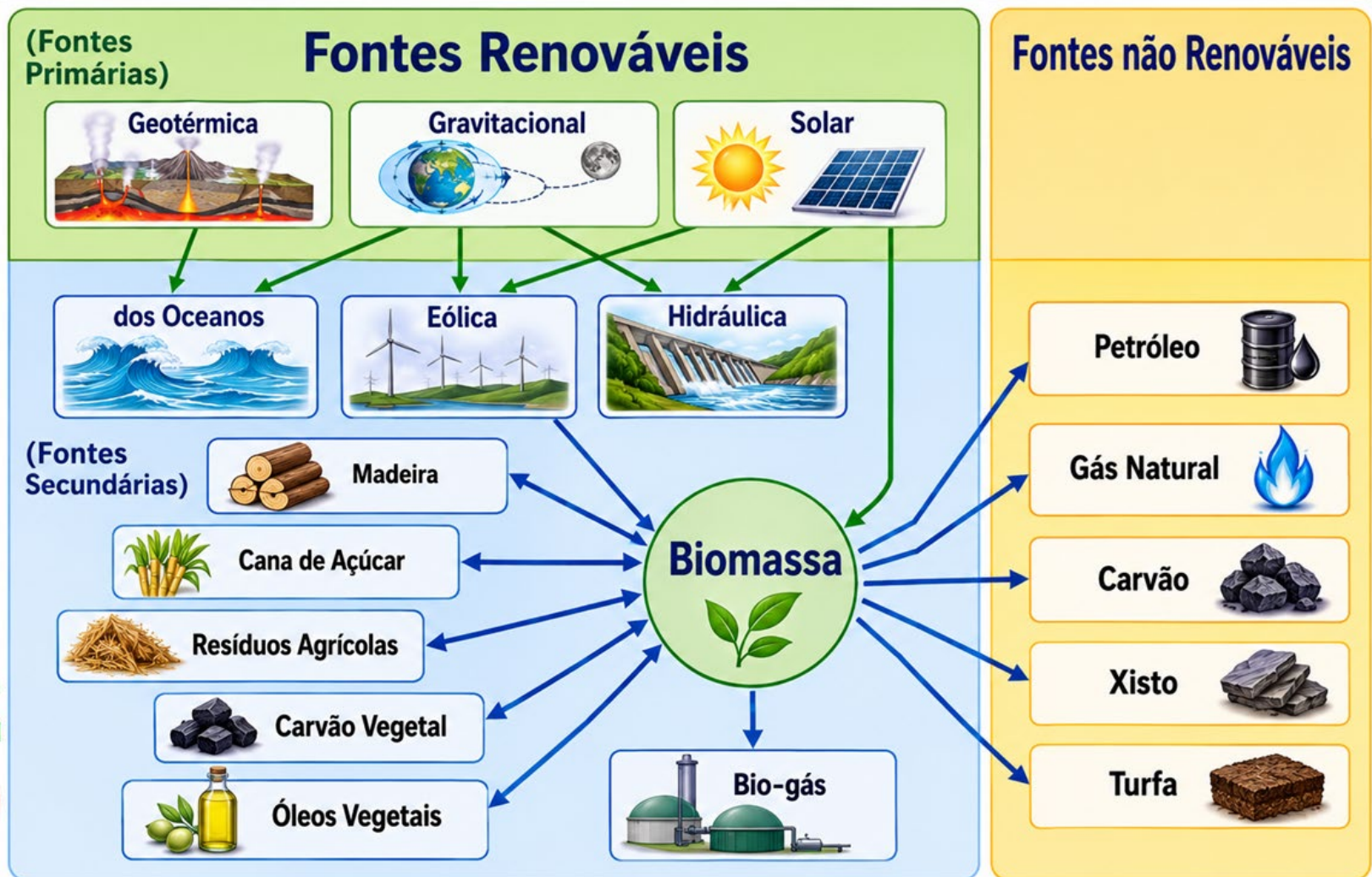
- As fontes de **energia renováveis** são uma infinita fonte geradora mesmo que sejam utilizadas pelo Homem, possuindo a capacidade de se regenerar naturalmente. Por exemplo a energia solar, hídrica e eólica, de biomassa, oceânica e geotérmica.
- As fontes de **energia não renováveis**, como o combustível 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.



Fontes Renováveis e não Renováveis



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 30-80°C)	Água injectada da superfície
	Alta entalpia (energia eléctrica)	Turbina a vapor
Energia Hídrica	Energia Eléctrica	Turbina hidráulica



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.



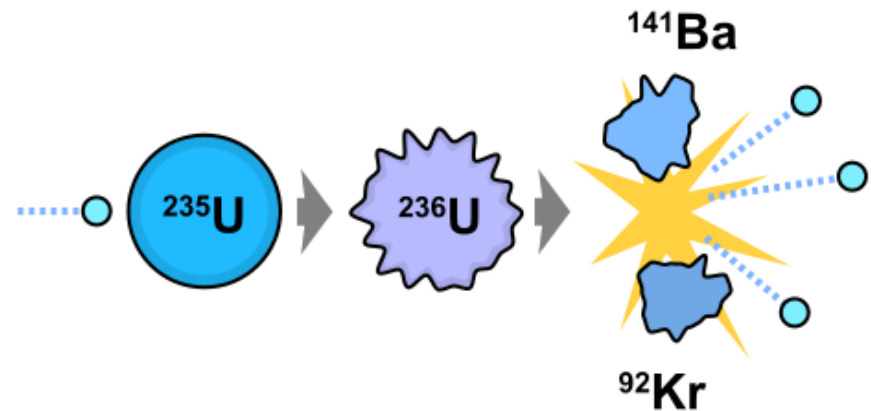
4.3 – Energia Nuclear (II)

- 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 atômicos ocorre devido ao lançamento de um neutrão a alta velocidade contra um átomo de urânio (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 cripton), 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.





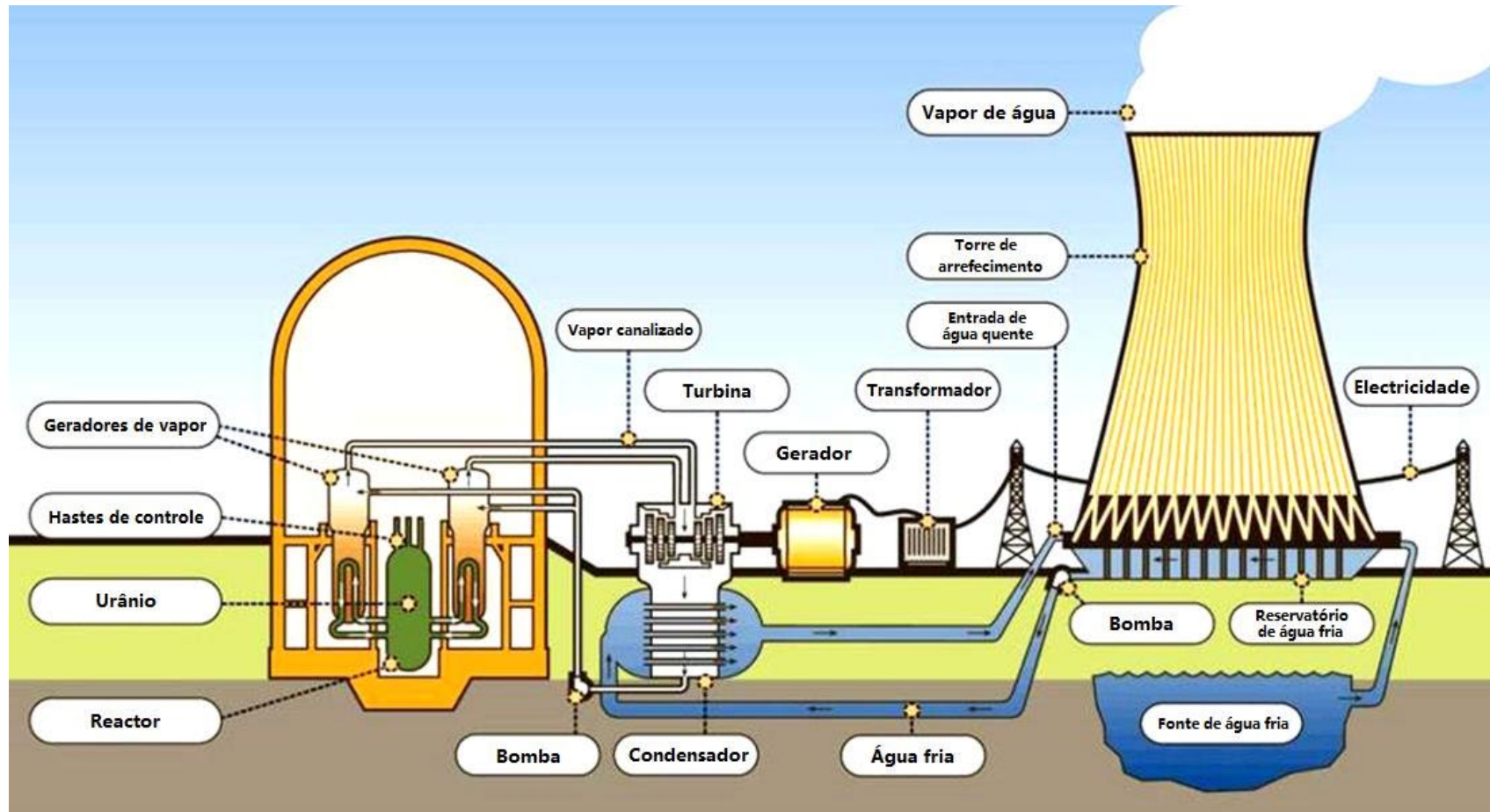
4.3 – Energia Nuclear (V)

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.

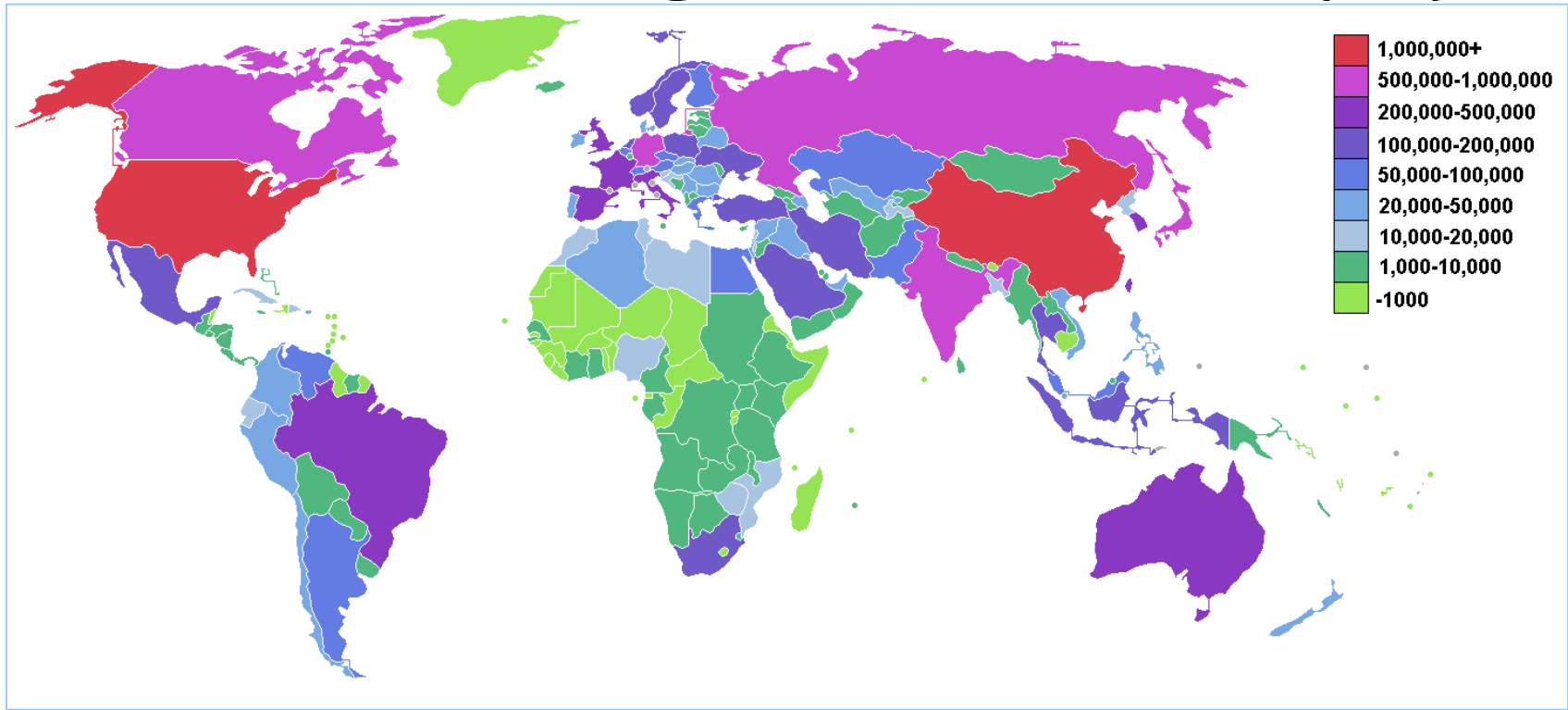


4.4 – A Energia Eléctrica (II)

- 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.



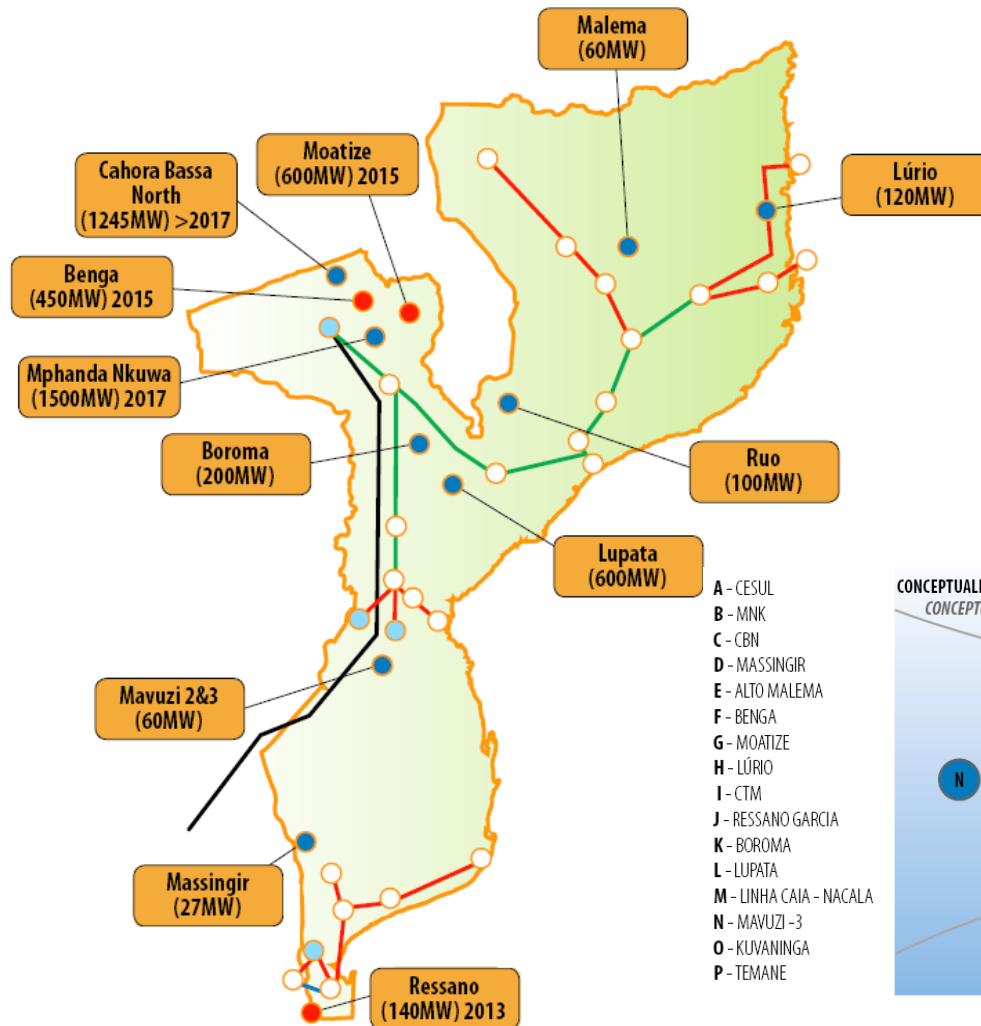
4.4– A Energia Eléctrica (III)



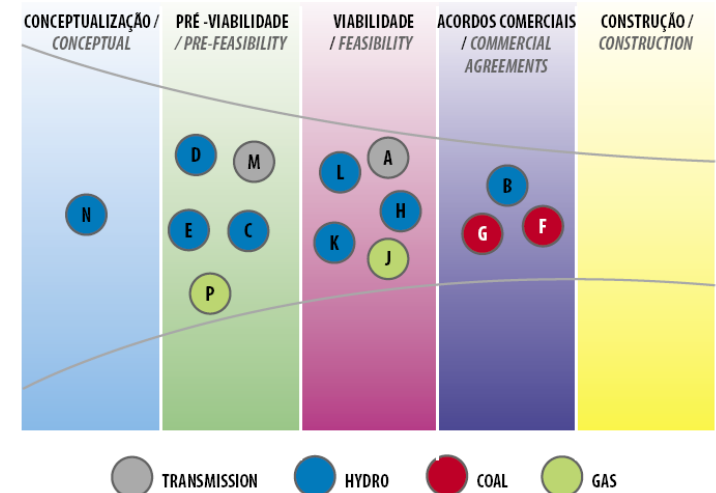
- Consumo de energia eléctrica por país, em milhões de kWh



4.4.1 Localização dos Projectos de Geração de Energia em Moçambique



- A - CESUL
- B - MNK
- C - CBN
- D - MASSINGIR
- E - ALTO MALEMA
- F - BENGHA
- 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 (I)

A energia química está armazenada nas **ligações entre átomos e moléculas**.
Quando ocorre uma reacção química, essa energia pode ser libertada e convertida em outras formas úteis.

PRINCIPAIS FORMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA QUÍMICA

PILHAS E BATERIAS



Armazenam energia química e fornecem electricidade.

COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS



Gasolina, gasóleo e outros derivados do petróleo.

BIOMASSA



Madeira, resíduos agrícolas, biogás e biocombustíveis.

HIDROGÉNIO



Vector energético limpo com elevada densidade energética.

A ENERGIA QUÍMICA PODE SER CONVERTIDA EM



CALOR

Ex.: combustão em queimadores, fornos e caldeiras.



TRABALHO MECÂNICO

Ex.: motores de combustão interna e turbinas.



ELECTRICIDADE

Ex.: pilhas, baterias e células de combustível.



LUZ

Ex.: reacções de combustão e dispositivos químicos.



IDEIA CENTRAL: A energia química é actualmente a forma de armazenamento de energia mais utilizada pela humanidade.



4.5 - A Energia Química (II)

Células de Combustível: da descoberta à aplicação



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-se de forma intensiva neste eficiente princípio de conversão.

A célula de combustível converte directamente **energia química em energia eléctrica**, sem passar pelas limitações do ciclo de Carnot.

Actualmente existem **quatro tipos principais** de células de combustível, cada um com características distintas.

QUATRO TIPOS PRINCIPAIS DE CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL

	PEMFC Membrana de Troca de Prótons	AFC Alcalina	PAFC Ácido Fosfórico	SOFC Óxido Sólido
Eletrólito	Membrana polimérica	Hidróxido de potássio (KOH)	Ácido fosfórico (H ₃ PO ₄)	Zircónia estabilizada
Combustível	H ₂ (puro)	H ₂ (puro)	H ₂ (puro)	H ₂ , CO, CH ₄
Temperatura operacional	60 – 80 °C	60 – 90 °C	150 – 200 °C	700 – 1000 °C
Intervalo típico de potência	kW – MW	kW – MW	100 kW – MW	kW – MW
Aplicações principais	Transporte, portáteis, residencial	Espaço, militar, estações de energia	Cogeração, usos estacionários	Geração distribuída, industrial

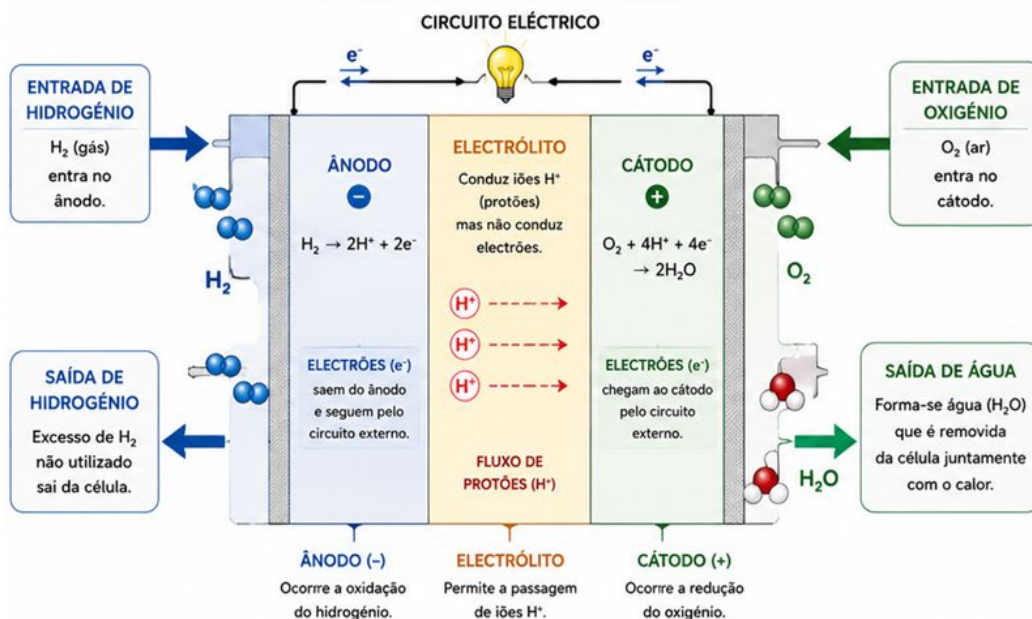
As células de combustível são uma **tecnologia chave** para a **produção limpa de electricidade** e para a transição rumo a um **sistema energético sustentável**.

4.5 - A Energia Química (III)

CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL: convertem energia química directamente em energia eléctrica

Uma célula de combustível é um dispositivo electroquímico que produz electricidade continuamente enquanto houver combustível e oxidante a alimentar o sistema.

1. ESTRUTURA, ENTRADAS E SAÍDAS

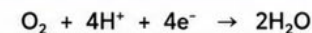


2. REACÇÕES QUE OCORREM

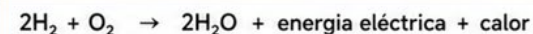
Reacção no ânodo (oxidação)



Reacção no cátodo (redução)



Reacção global



3. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS



Conversão directa de energia química em energia eléctrica (sem combustão).



Elevada eficiência (até 60–70% eléctrica).



Emissões: apenas água (quando alimentada com H₂ puro).



Operação silenciosa e modular.



Diferentes tipos operam em diferentes temperaturas e com diferentes electrólitos.

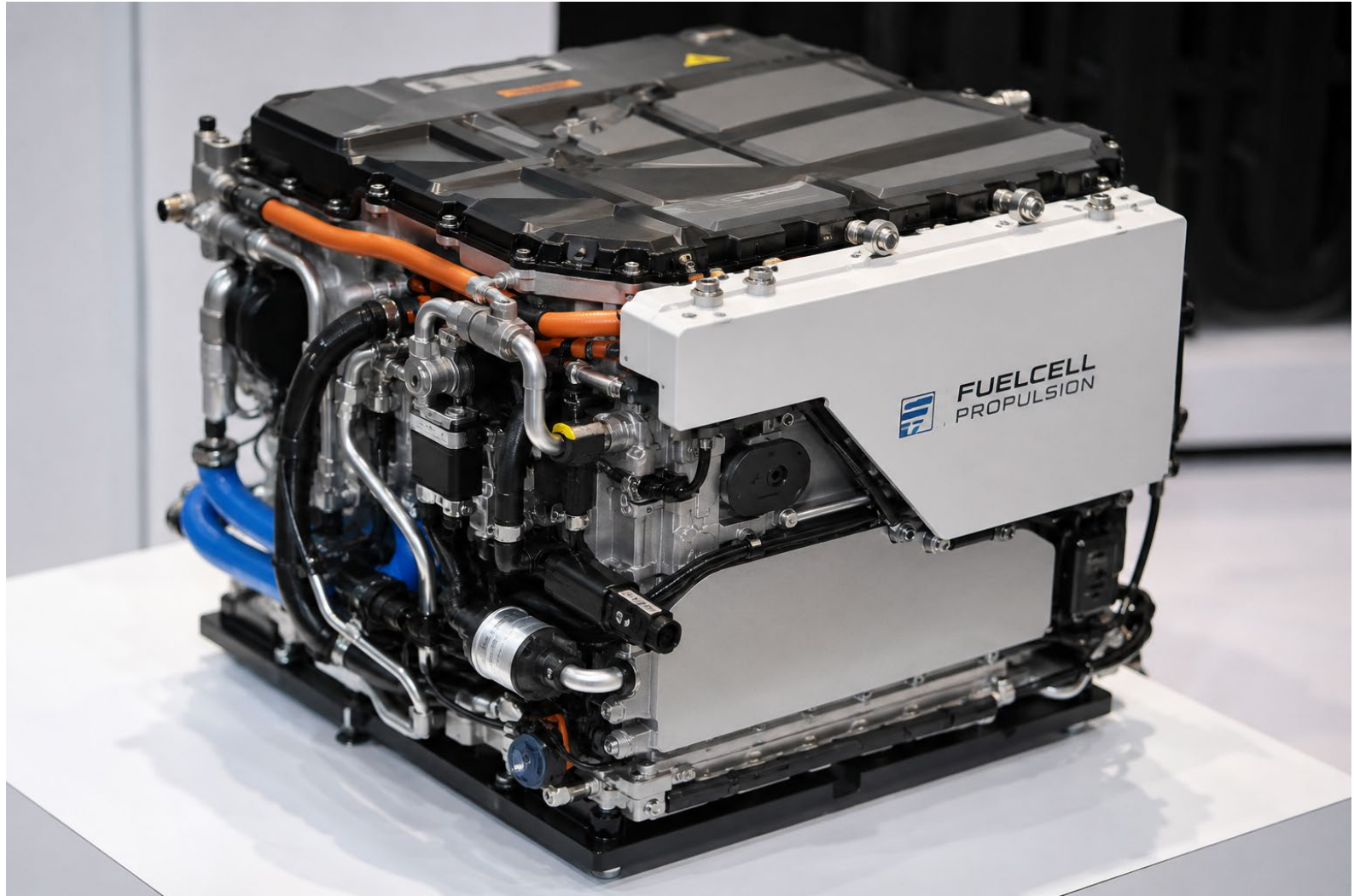


Aplicações: transporte, geração estacionária, portátil e industrial.



IDEIA CENTRAL: As células de combustível utilizam hidrogénio e oxigénio (do ar) para produzir electricidade de forma limpa e eficiente, sendo uma tecnologia chave para a economia do hidrogénio e para a transição energética.

4.5 - A Energia Química (IV)



Célula 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).



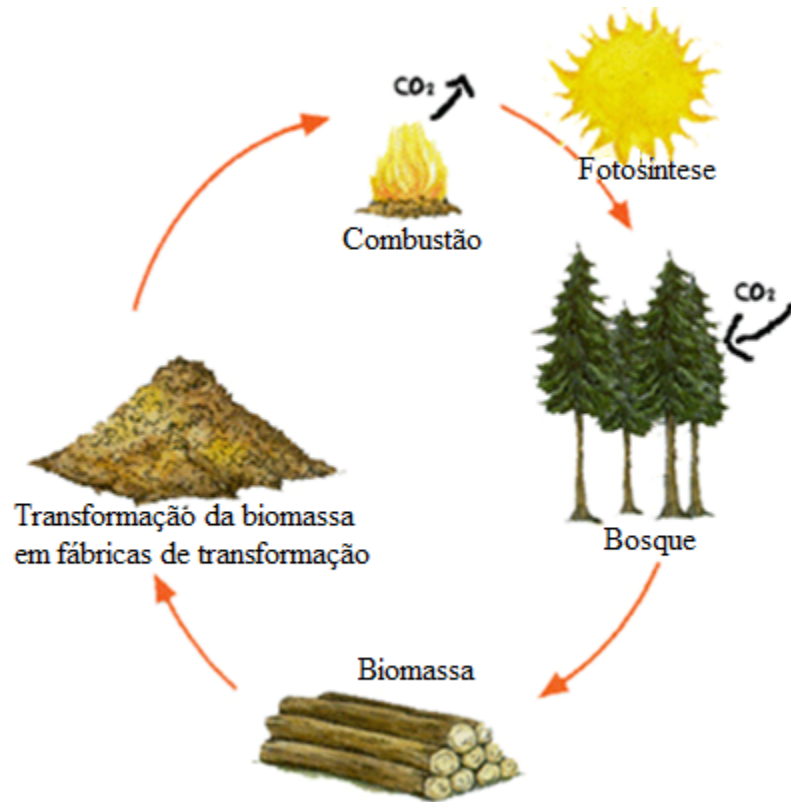
4.7 - Biomassa (I)

- ❑ 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 hidrocarbonetos. Os outros constituintes são compostos orgânicos contendo elementos químicos como nitrogénio, enxofre, oxigénio (chamados genericamente de compostos *NSO*) e metais, principalmente níquel e vanádio.

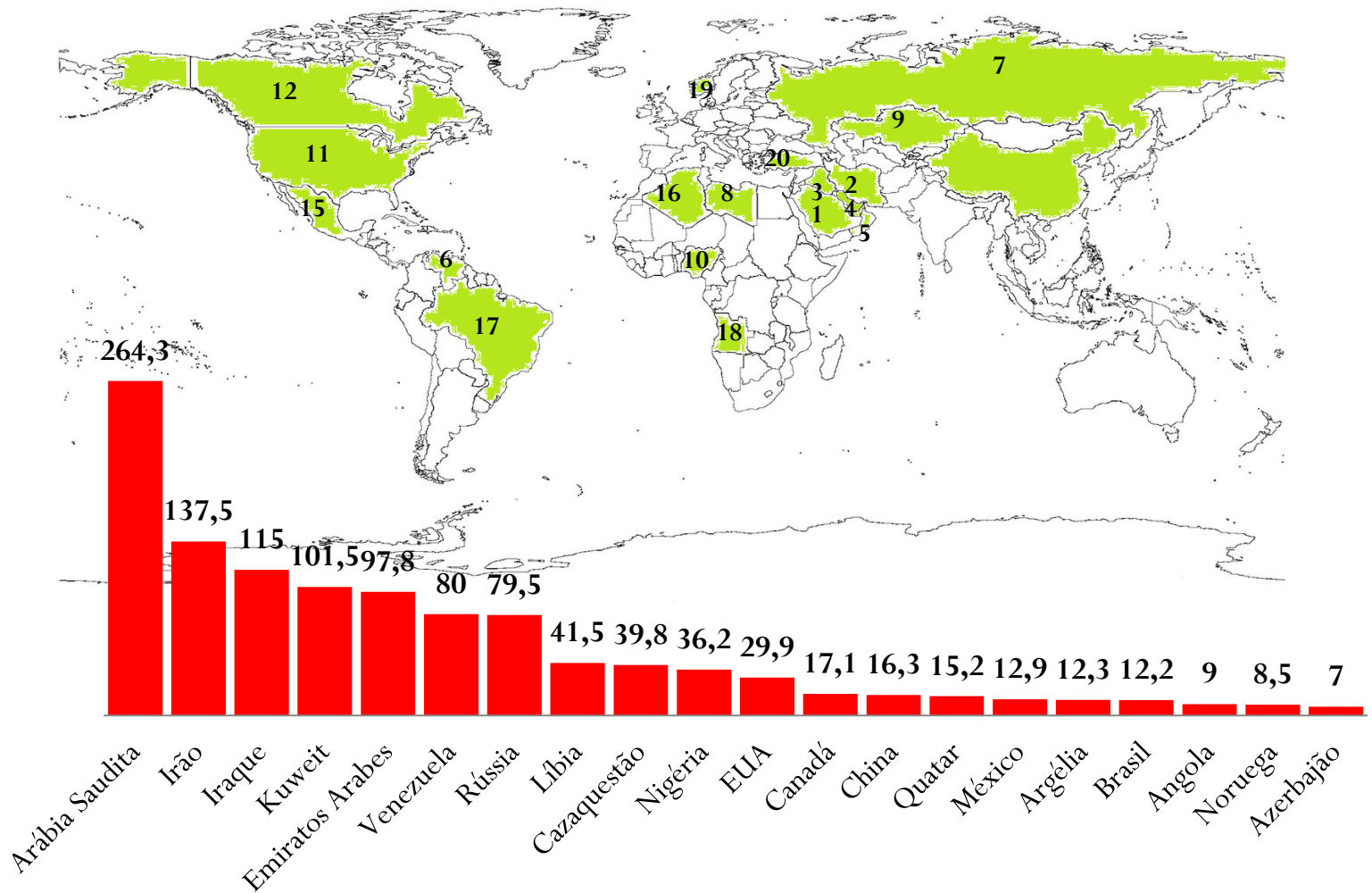




4.8 - Petróleo (II)

- 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: benzinhas, 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



1973



EM 1973, a tensão cresceu vertiginosamente com um novo conflito, a Guerra Yom Kippur.

O mundo árabe, com o apoio dos EUA a Israel, revoltou-se e, numa atitude inédita, agindo em bloco, decidiu usar o petróleo como “**arma política**”, aumentando o preço do petróleo.



CONSEQUÊNCIAS DIRECTAS

O PREÇO DO BARRIL DE PETRÓLEO



US\$ 2,70
(1973)

US\$ 11,20
(1974)

AUMENTO DE MAIS DE 4 VEZES 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

Eventos geopolíticos que provocaram aumentos bruscos do preço do petróleo e transformaram a economia mundial.



4.8.2 - Os Fundamentos de uma Crise Energética (III)

SEGUNDO CHOQUE



1979



EM 1979, irrompeu a Guerra Irão x Iraque, gerando maior instabilidade no Médio Oriente e pressionando o preço do barril de petróleo para **US\$ 34,00.**



CONSEQUÊNCIAS DIRECTAS



Muitos países viram sua economia alicerçada na **energia termoeletrica** 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

As crises do petróleo mostraram como factores geopolíticos podem alterar profundamente os mercados de energia e a economia mundial.



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

- ✓ Redução significativa do preço do petróleo.
- ✓ Maior estabilidade nos mercados.
- ✓ Ajustes nas estratégias de produção e consumo.



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

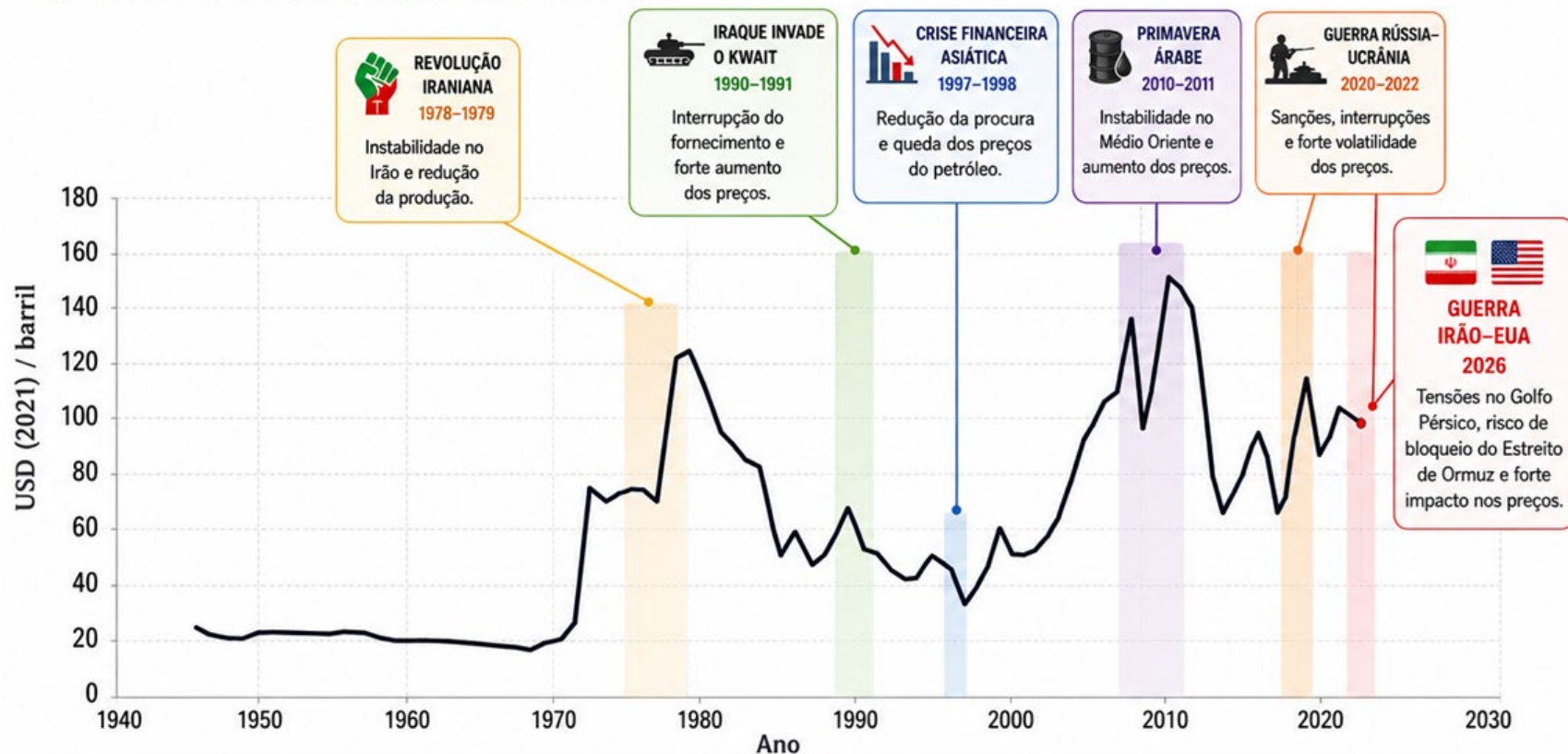
Cada choque refletiu mudanças geopolíticas, econômicas e tecnológicas que moldaram o mercado global de energia.





1.4.3 - Preços do Petróleo 1948-2026

Preço médio anual do petróleo bruto (USD de 2021 por barril)



MENSAGEM-CHAVE

O preço do petróleo é altamente **volátil** e fortemente influenciado por factores geopolíticos, económicos e pela oferta e procura globais.

- ✓ Conflitos e instabilidade no Médio Oriente têm grande impacto nos preços.
- ✓ Crises económicas reduzem a procura e fazem os preços cair.
- ✓ A dependência do petróleo torna as economias vulneráveis.



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, CO₂ 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



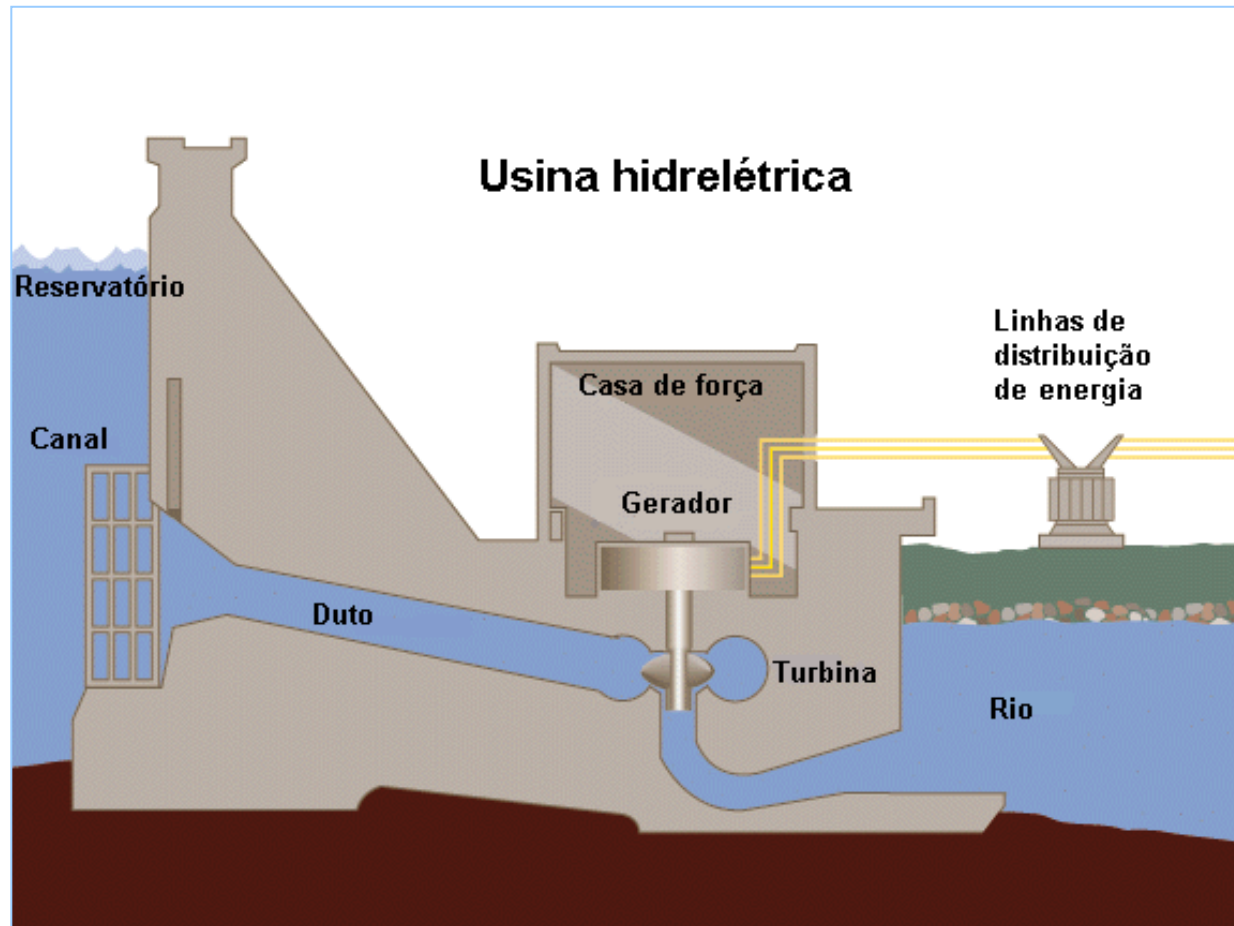


4.11- Energia Hídrica (III)



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.

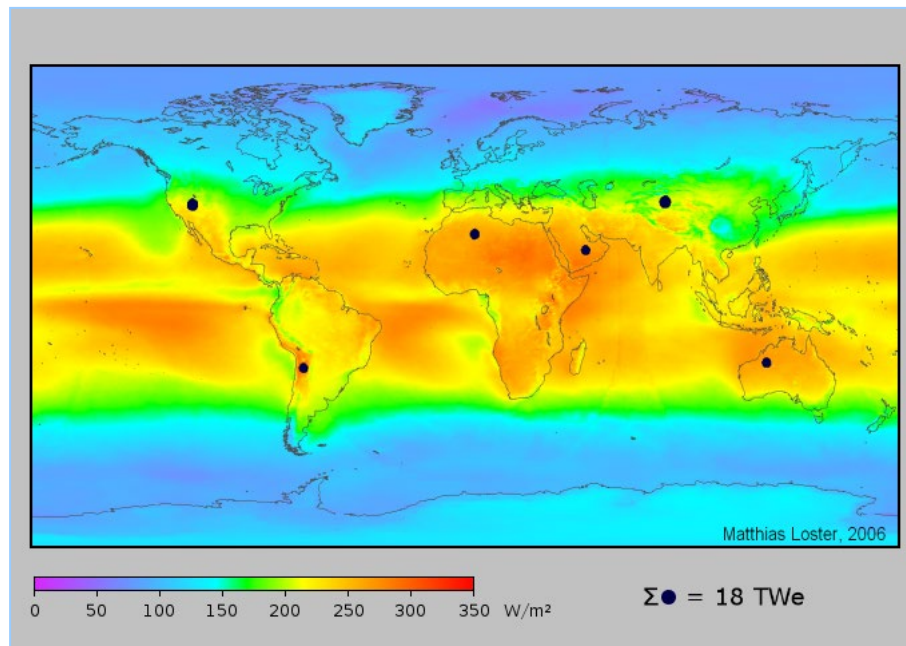
No seu movimento de translação ao redor do Sol, a Terra recebe 1 410 W/m² de energia, medição feita numa superfície normal (em ângulo recto) com o Sol. Disso, aproximadamente 19% é absorvido pela atmosfera e 35% é reflectido pelas nuvens. Ao passar pela atmosfera terrestre, a maior parte da energia solar 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.





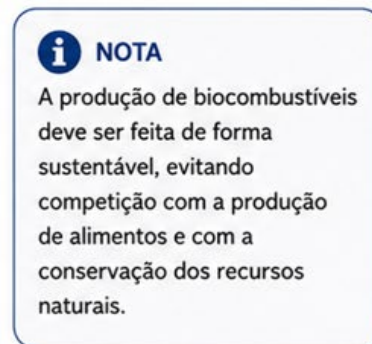
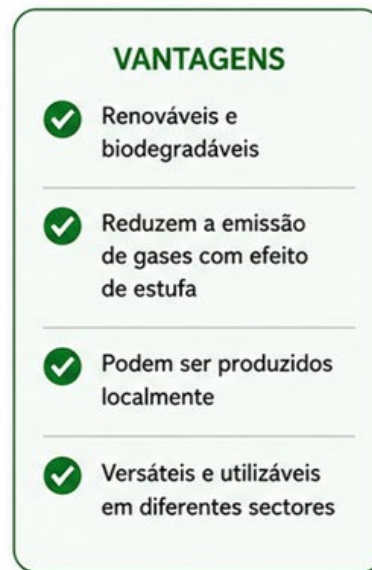
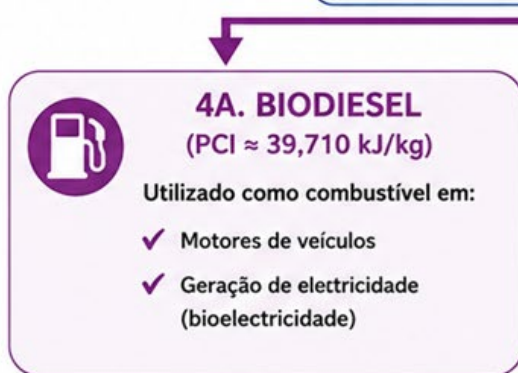
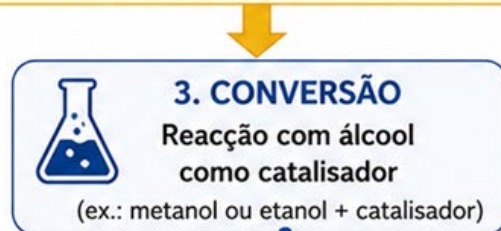
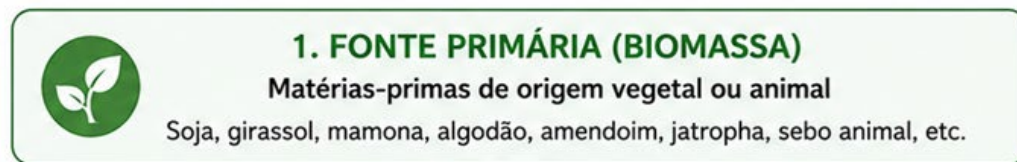
4.13- Energia Eólica (II)



Energia Eólica

4.14- Biocombustíveis (I)

Os biocombustíveis são produzidos a partir de biomassa renovável de origem vegetal ou animal.

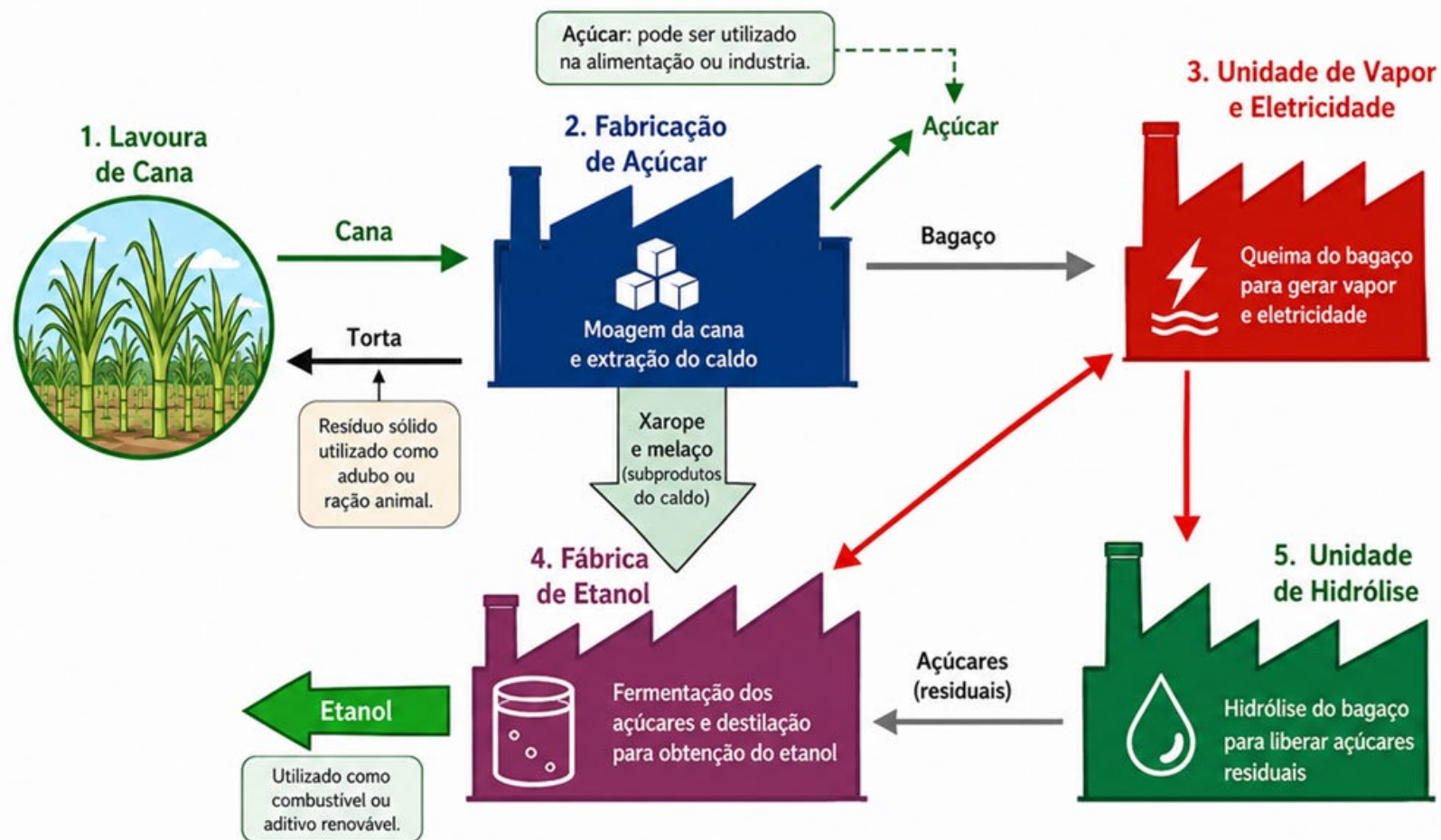


LEGENDA:  Matéria-prima  Processamento  Conversão química  Produto principal (biodiesel)  Subproduto (glicerina)



4.14 – Biocombustíveis (II)

Os biocombustíveis são produzidos a partir da biomassa renovável, como a cana-de-açúcar.



O aproveitamento integral da cana-de-açúcar permite produzir açúcar, etanol e energia elétrica, maximizando a eficiência e reduzindo os impactos ambientais.



4.15 – Análise do Ciclo de Vida (I)

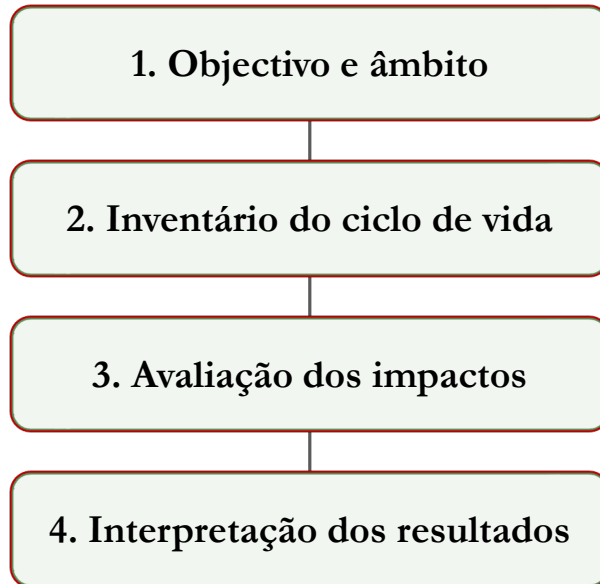
O que avalia?

- Acompanha uma tecnologia desde a extracção das matérias-primas até ao fim de vida.
- Contabiliza as entradas: materiais, energia, água e transporte.
- Contabiliza as saídas: emissões, resíduos, efluentes e produtos úteis.
- Permite comparar alternativas que produzem o mesmo serviço energético.



4.15 – Análise do Ciclo de Vida (II)

Etapas principais



Pontos críticos para sistemas energéticos

- definir a unidade funcional: 1 kWh útil ou 1 kg de H₂
- escolher a fronteira: berço-portão ou berço-fim de vida
- incluir substituições, manutenção e reciclagem
- comparar cenários com o mesmo serviço energético

A tecnologia “limpa” na operação pode ter impactos relevantes no fabrico.



4.15 – Análise do Ciclo de Vida (III)

Relação entre ACV e eMergia

Aspecto	ACV	eMergia líquida
Pergunta	Qual o impacto ambiental?	Qual o retorno energético?
Mede	Emissões, recursos, água, toxicidade	Energia produzida/energia investida
Uso	Comparar tecnologias e materiais	Avaliar se a fonte compensa energeticamente

Primeiro, pergunta-se “Qual é o impacto ambiental?”; depois, pergunta-se “A energia produzida compensa a energia investida?”

4.16– eMergia (I)

Porque é necessário?

- À medida que as reservas de combustíveis fósseis diminuem, torna-se necessário recorrer a novas fontes de energia. No entanto, nem todas as fontes alternativas contribuem igualmente para a economia.
- Uma fonte energética só é verdadeiramente vantajosa quando, durante toda a sua vida útil, fornece mais energia do que a necessária para a construir, instalar, operar e manter.

Conceito-chave

- **A eMergia líquida mede o ganho energético real de uma fonte de energia ao longo do seu ciclo de vida.**

Ideia principal

- Antes de adoptar uma nova tecnologia energética devemos perguntar:
- **A energia que ela produz compensa a energia que foi gasta para a construir e explorar?**

Nota: Nesta disciplina utiliza-se a designação *eMergia líquida* de acordo com a terminologia original destes apontamentos. Na literatura científica contemporânea, este indicador é frequentemente designado por **EROEI (Energy Return on Energy Invested)** ou **Net Energy Ratio (NER)**.



4.16 – eMergia (II)

Razão de eMergia Líquida

- Define-se a razão de eMergia líquida como

$$R = \frac{\text{Energia produzida}}{\text{Energia consumida}}$$

Onde

- Energia produzida → energia fornecida durante a vida útil;
- Energia consumida → energia utilizada na extracção de matérias-primas, no fabrico, no transporte, na instalação, na operação e no desmantelamento.

Interpretação:

$R > 1$ - Produz mais energia do que consome

$R = 1$ - Produz exactamente a energia que consumiu

$R < 1$ - Consome mais energia do que produz

Conclusão

- Quanto maior for esta razão, maior será o benefício energético da tecnologia.



4.16 – eMergia (III)

Quando uma fonte deixa de ser vantajosa?

- Uma fonte de energia deixa de ser interessante quando

$$R < 1$$

- Porque necessita de mais energia para existir do que aquela que consegue produzir.

Isto significa que

- deixa de ser uma verdadeira fonte de energia;
- passa a depender de outras fontes;
- necessita de subsídios energéticos para funcionar.

Exemplos

- Podem existir tecnologias ambientalmente interessantes, mas energeticamente pouco favoráveis quando considerados todos os custos do seu ciclo de vida.

Ideia-chave

- Produzir energia não basta. É necessário produzir mais energia do que aquela que foi consumida.



4.16 – eMergia (IV)

À medida que a concentração da fonte aumenta, a razão de eMergia líquida também varia.

Observações

- Florestas naturais apresentam razões muito elevadas.
- Combustíveis fósseis tradicionais possuem valores elevados.
- Algumas energias renováveis apresentam razões intermédias.
- Algumas tecnologias ainda apresentam razões inferiores à unidade.

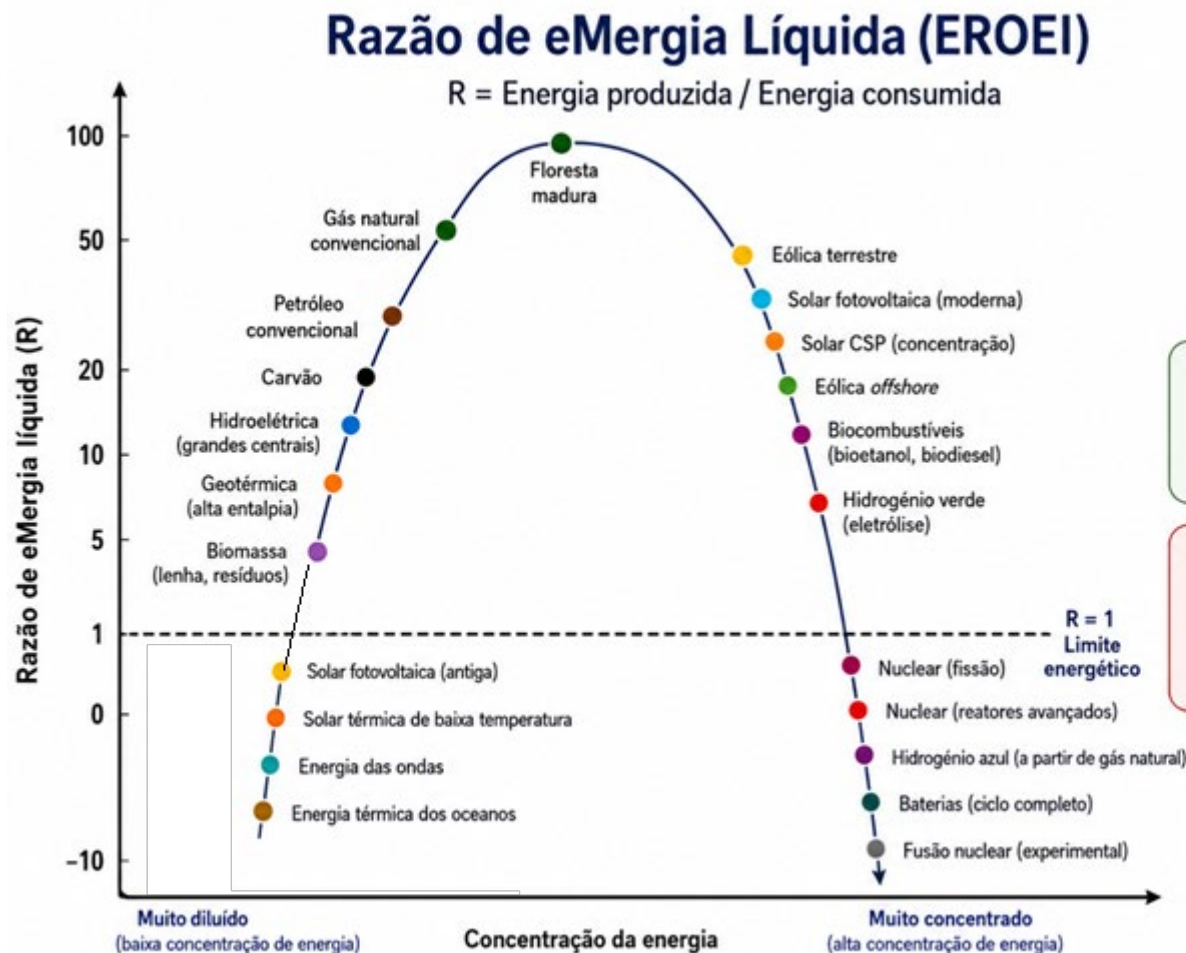
Conclusão

- Nem todas as fontes renováveis possuem necessariamente elevada eMergia líquida.



4.15 – eMergia (V)

Comparação entre diferentes fontes de energia



Fonte: Adaptado de H.T. Odum (1996), Brown & Ulgiati (2004), IEA (2023), Hall et al. (2014)



4.16 – eMergia (VI)

Acima da linha horizontal:

- ✓ Produzem mais energia do que consomem.
- Abaixo da linha:
- ✗ Consomem mais energia do que produzem.

Zona esquerda

- Energia muito diluída



- É necessário gastar muita energia para a concentrar.

Zona direita

- Energia extremamente concentrada



- Parte significativa da energia disponível é desperdiçada em processos auxiliares, como controlo, segurança e arrefecimento.

Mensagem principal

- A melhor fonte de energia nem sempre é a mais concentrada.



4.16 – eMergia (II)

O compromisso energético

- O objectivo consiste em encontrar fontes que apresentem simultaneamente
- ✓ elevada disponibilidade;
- ✓ baixo impacto ambiental;
- ✓ custo competitivo;
- ✓ elevada razão de eMergia líquida.

Uma fonte energeticamente sustentável deve

- produzir muito;
- consumir pouco;
- manter esse desempenho por muitos anos.

Conclusão final

A eMergia líquida constitui um dos melhores indicadores da sustentabilidade energética de uma tecnologia, pois permite avaliar o verdadeiro retorno energético obtido ao longo do seu ciclo de vida.

