

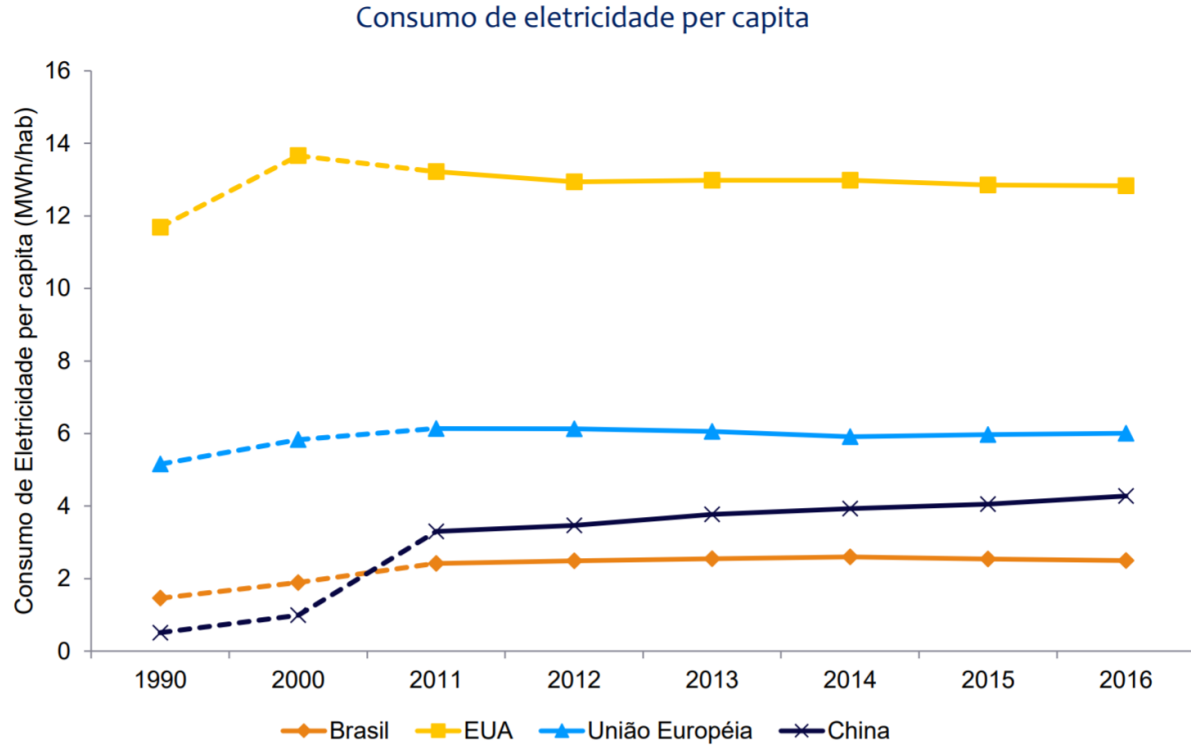
Aula 6 – A Energia e o Meio Ambiente

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

Consumo de Energia

- Para satisfazer as necessidades relativas ao consumo de energia o Homem utiliza diversas fontes;
- A combinação entre as fontes de energia utilizadas para suprir as nossas necessidades é denominada de Matriz Energética;
- A matriz energética mundial é constituída, principalmente, pelas seguintes fontes:
 - Térmica, Hidroelétrica e Nuclear (mais tradicionais)
 - Solar, Eólica (mais recentes)

BEN 2019 | Evolução dos indicadores: Brasil e o Mundo



Fonte: Agência Internacional de Energia.
Elaboração: EPE

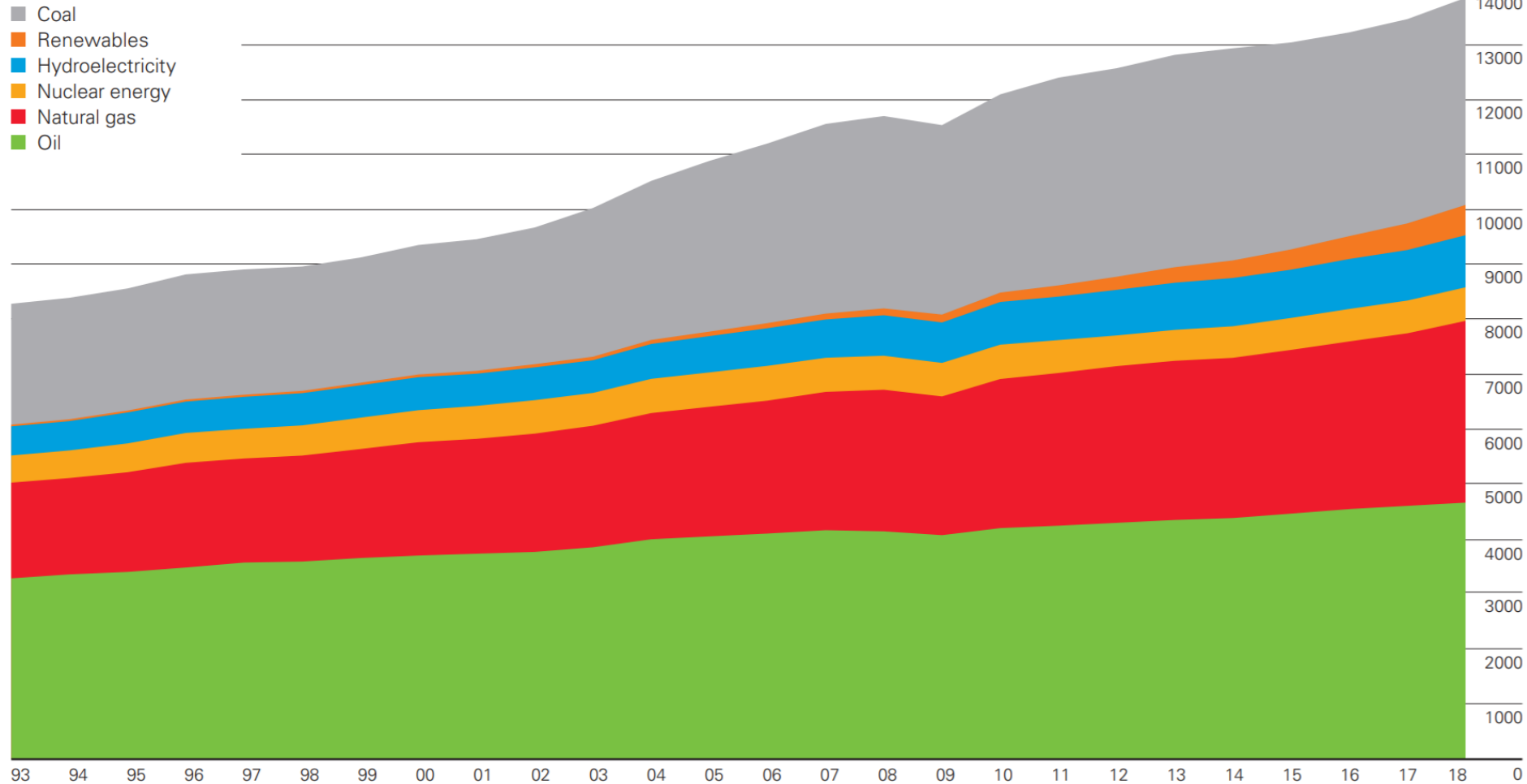
NO MUNDO

Consumo Mundial de Energia

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

World consumption

Million tonnes oil equivalent



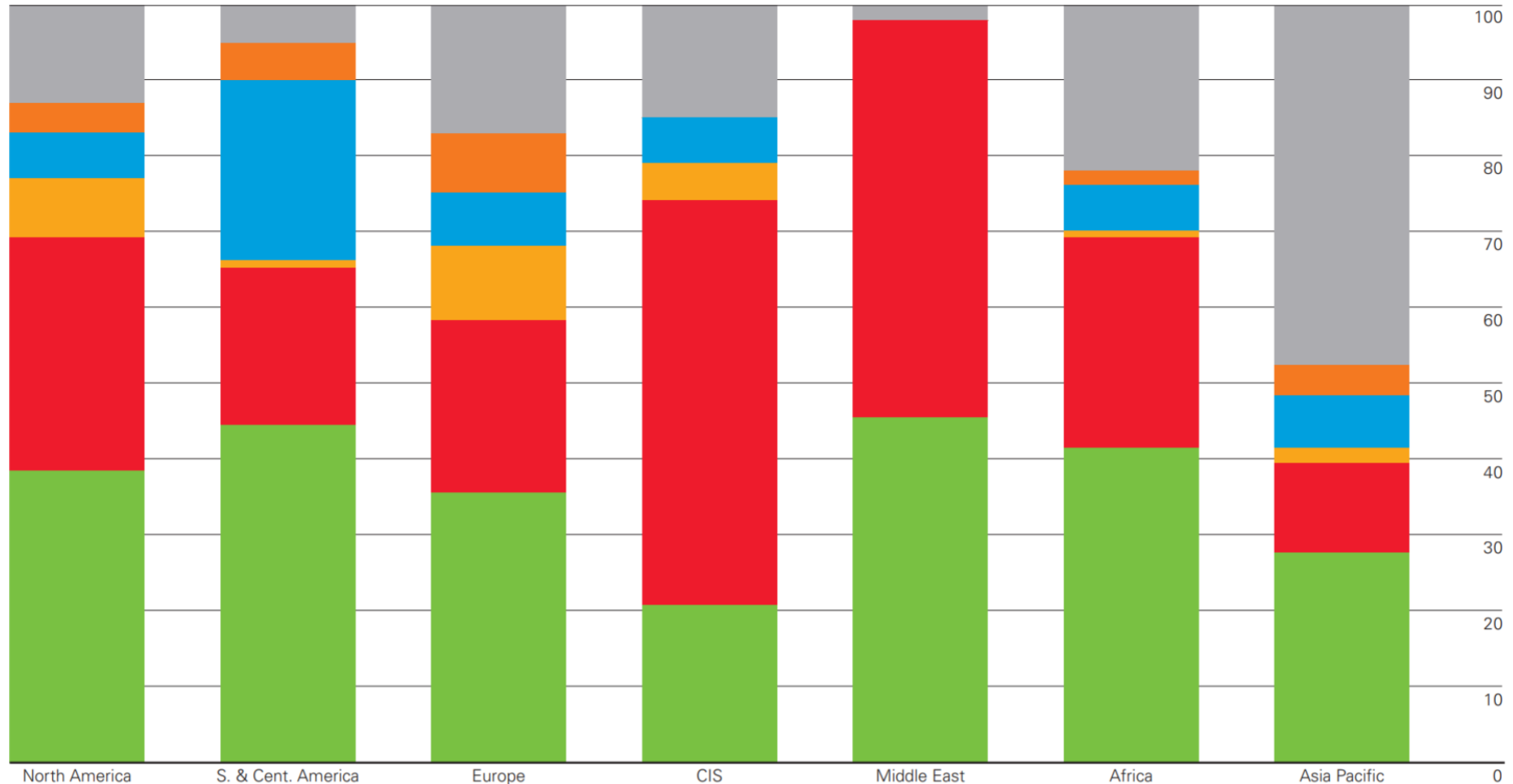
Global energy consumption increased by 2.9% in 2018. Growth was the strongest since 2010 and almost double the 10-year average. The demand for all fuels increased but growth was particularly strong in the case of gas (168 mtoe, accounting for 43% of the global increase) and renewables (71 mtoe, 18% of the global increase). In the OECD, energy demand increased by 82 mtoe on the back of strong gas demand growth (70 mtoe). In the non-OECD, energy demand growth (308 mtoe) was more evenly distributed with gas (98 mtoe), coal (85 mtoe) and oil (47 mtoe) accounting for most of the growth.

Consumo Mundial de Energia: Região e Fontes

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

Regional consumption by fuel 2018

Percentage



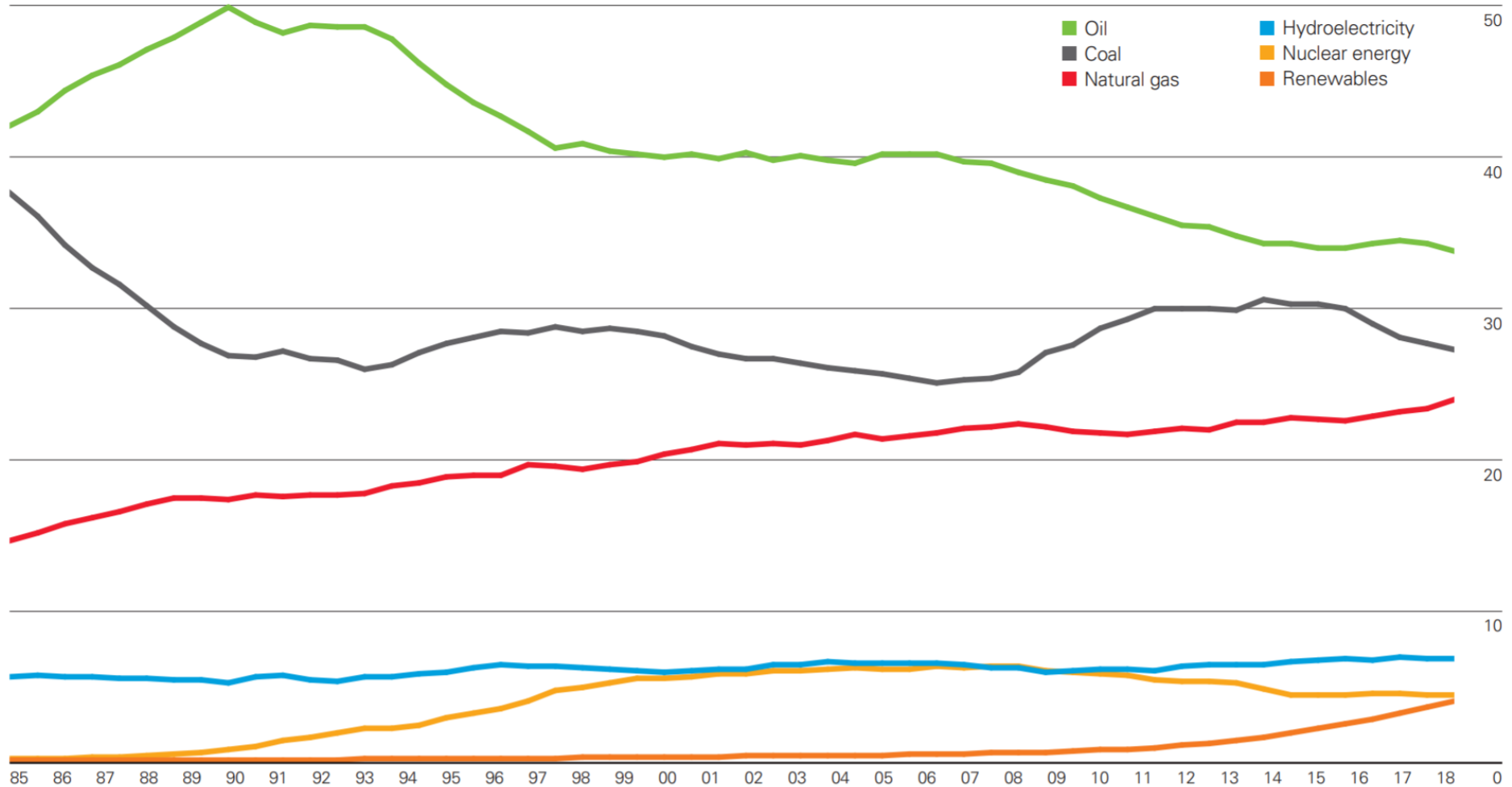
Oil remains the dominant fuel in Africa, Europe and the Americas, while natural gas dominates in CIS and the Middle East, accounting for more than half of the energy mix in both regions. Coal is the dominant fuel in the Asia Pacific region. In 2018 coal's share of primary energy fell to its lowest level in our data series in North America and Europe.

Utilização das Fontes de Energia

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

Shares of global primary energy consumption by fuel

Percentage



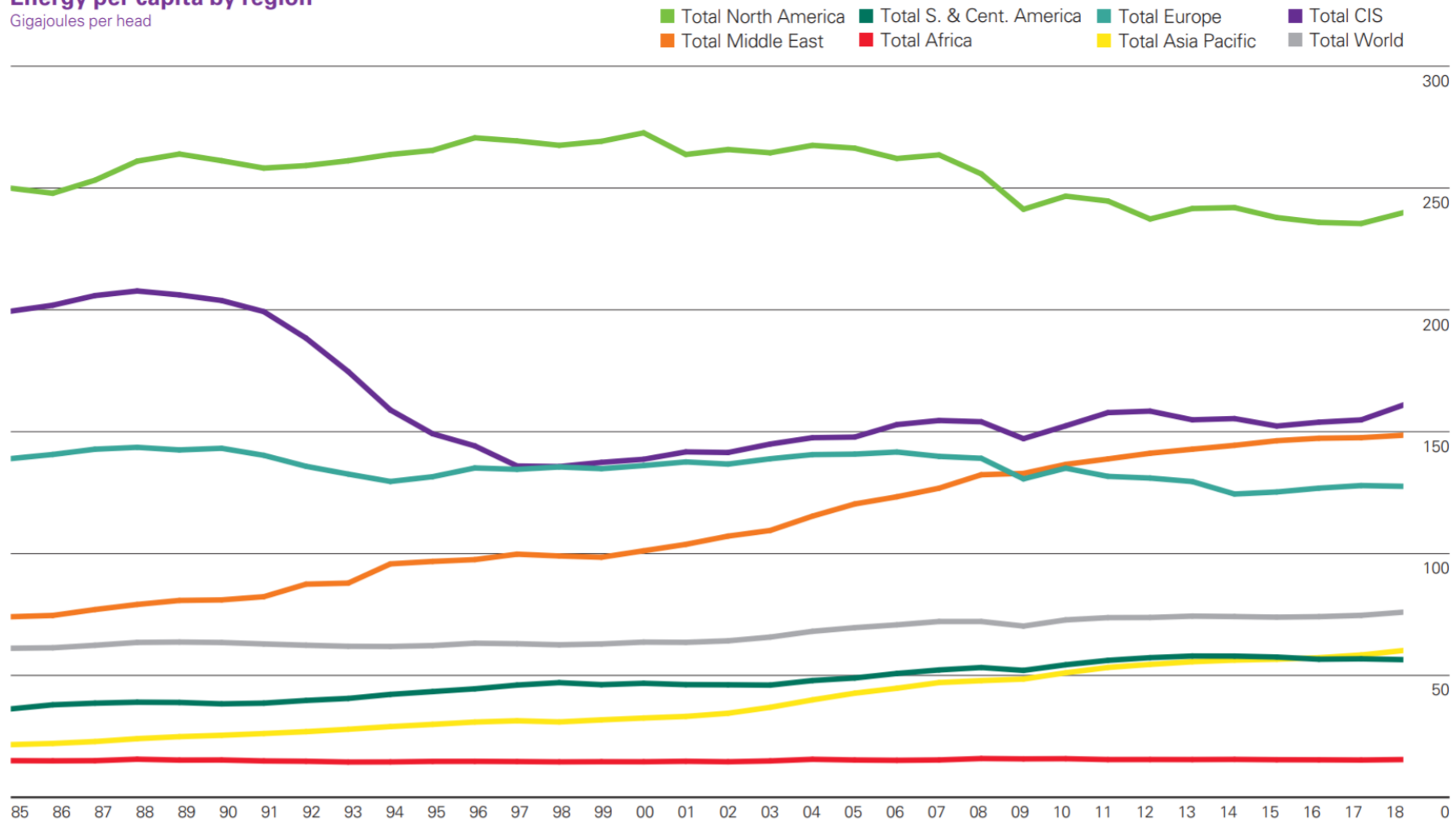
Oil remains the most used fuel in the energy mix. Coal is the second largest fuel but lost share in 2018 to account for 27%, its lowest level in 15 years. The share of natural gas increased to 24% such that the gap between coal and gas has narrowed to three percentage points. The contribution of hydro and nuclear remained relatively flat in 2018 at 7% and 4%, respectively. Strong growth pushed up renewables share to 4%, just behind nuclear.

Consumo per capita de Energia por Região

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

Energy per capita by region

Gigajoules per head



Average global energy consumption per capita increased by 1.8% in 2018 to 76 GJ/head in 2018. Growth in 2018 was significantly higher than the historical average (0.3% for the period 2007-17). North America is the region with the highest consumption per capita (240 GJ/head), followed by (161 GJ/head) in CIS and the Middle East (149 GJ/head). Africa remains the region with the lowest average consumption (15 GJ/head). South & Central America and Europe were the only regions where average consumption per head decreased in 2018.

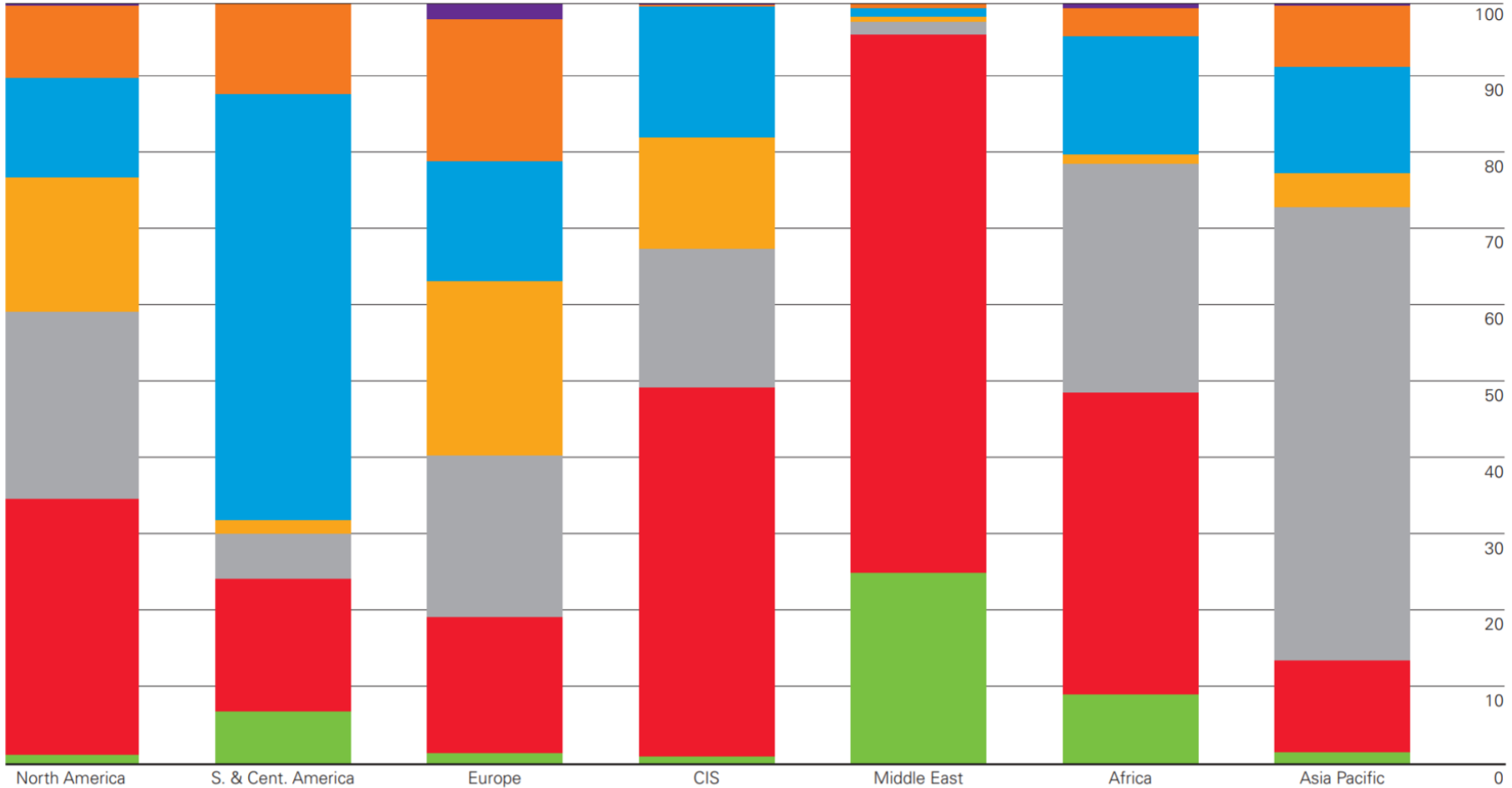
Participação das Principais Fontes de Energia na Matriz Elétrica Mundial

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

Regional electricity generation by fuel 2018

Percentage

- Oil
- Natural gas
- Coal
- Nuclear
- Hydroelectricity
- Renewables
- Other (includes sources not specified elsewhere e.g. pumped hydro, non-renewable waste and statistical differences)



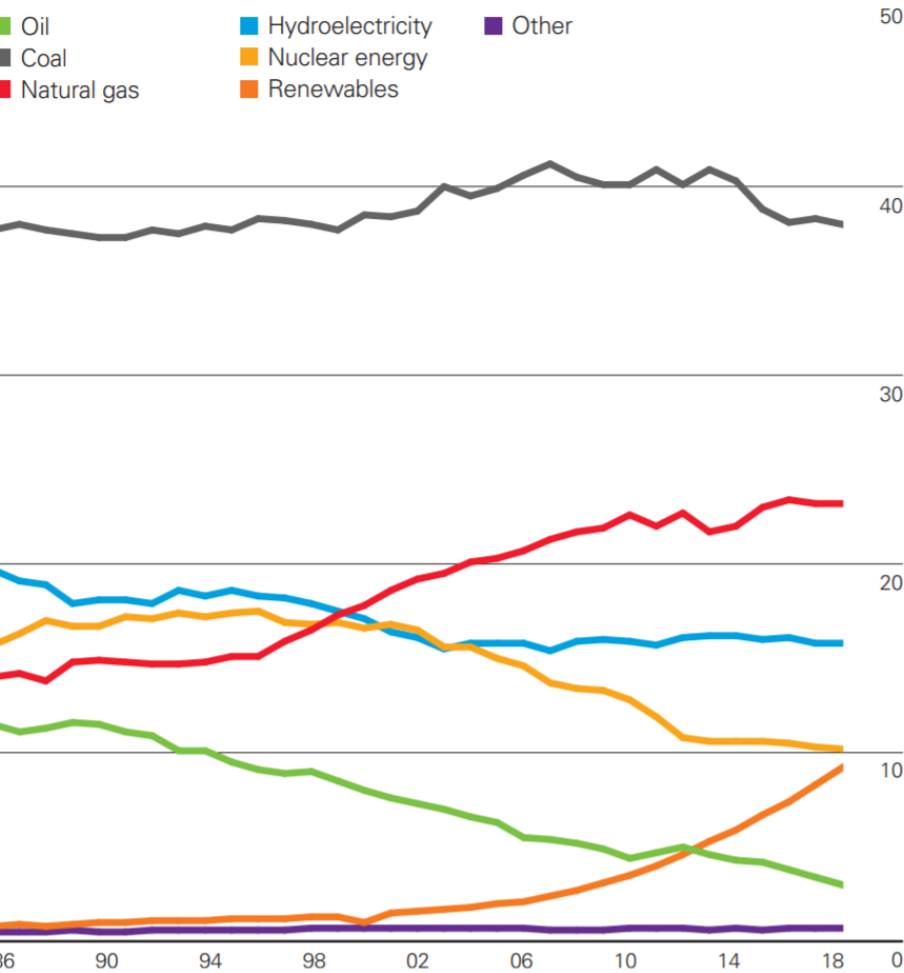
Natural gas is the dominant fuel for power generation in North America followed by coal. In South & Central America, hydro accounts for more than half of power generation. In Europe nuclear, coal, renewables and gas all have a prominent role. In CIS and the Middle East, natural gas is by far the most important fuel for power generation. In Africa, natural gas and coal account for almost 70% of the electricity generated. Coal remains the most important fuel in Asia Pacific.

Participação das Principais Fontes de Energia na Matriz Elétrica Mundial

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

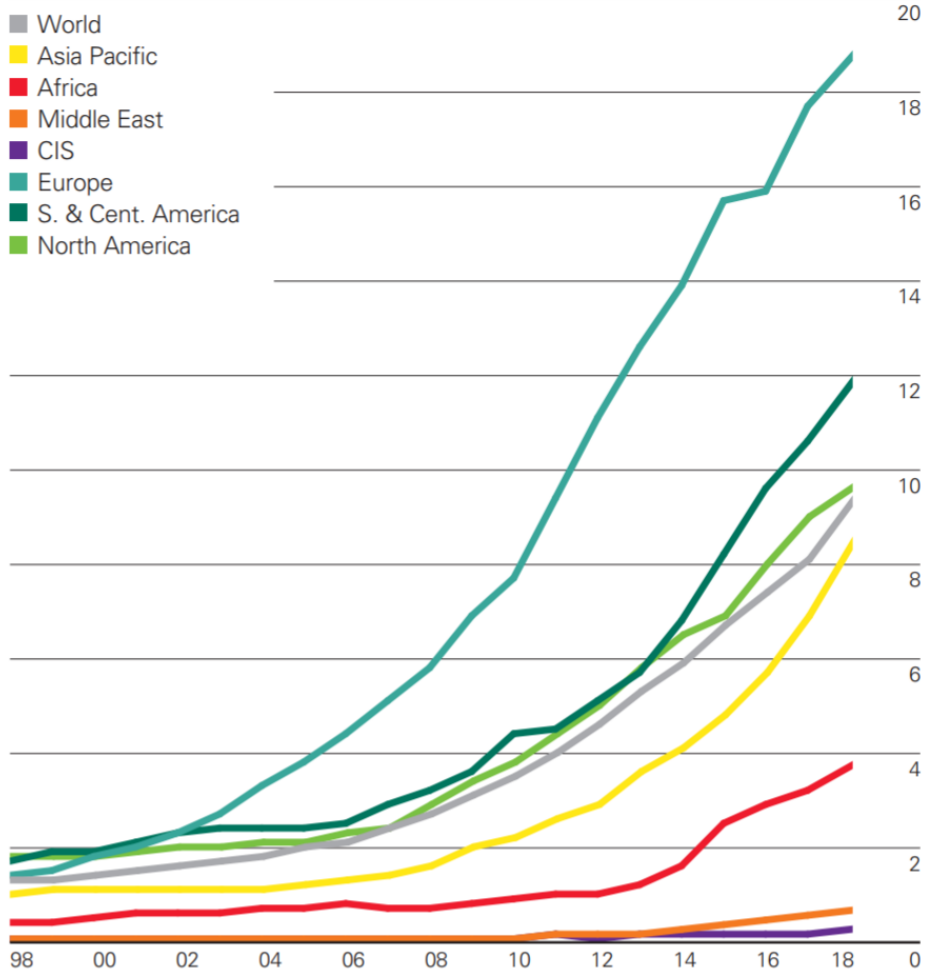
Share of global electricity generation by fuel

Percentage



Renewables share of power generation by region

Percentage



At the global level, coal is the dominant fuel for power generation, accounting for 38%, the same share as 20 years ago. Gas is the second most used fuel with a share of 23.2%, higher than in 1998. The share of oil and nuclear has declined substantially over the same period. The share of renewables is 9.3%, up from only 3% 10 years ago. Regionally, there is significant variation in the penetration of renewables: Europe has the highest penetration at 18.7%, followed by South & Central America at 12%.

NO BRASIL

Participação das Principais Fontes de Energia na Matriz Energética do Brasil

BEN 2019 | Repartição da oferta interna de energia - OIE

RENOVÁVEIS ► 45,3%



Biomassa da Cana
17,4%



Hidráulica¹
12,6%



Lenha e Carvão Vegetal
8,4%



Lixívia e outras renováveis
6,9%

NÃO RENOVÁVEIS ► 54,7%



Petróleo e derivados
34,4%



Gás Natural
12,5%



Carvão Mineral
5,8%



Urânio
1,4%

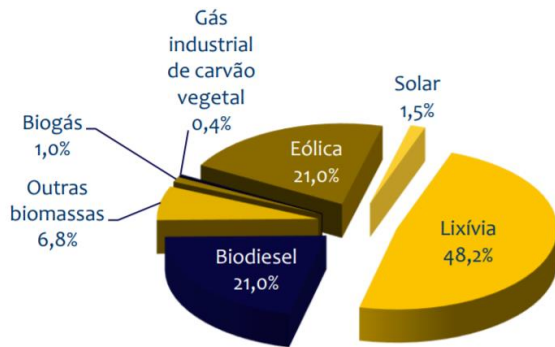


outras não renováveis
0,6%

¹ Inclui importação de eletricidade oriunda de fonte hidráulica



Lixívia e outras renováveis
6,9%

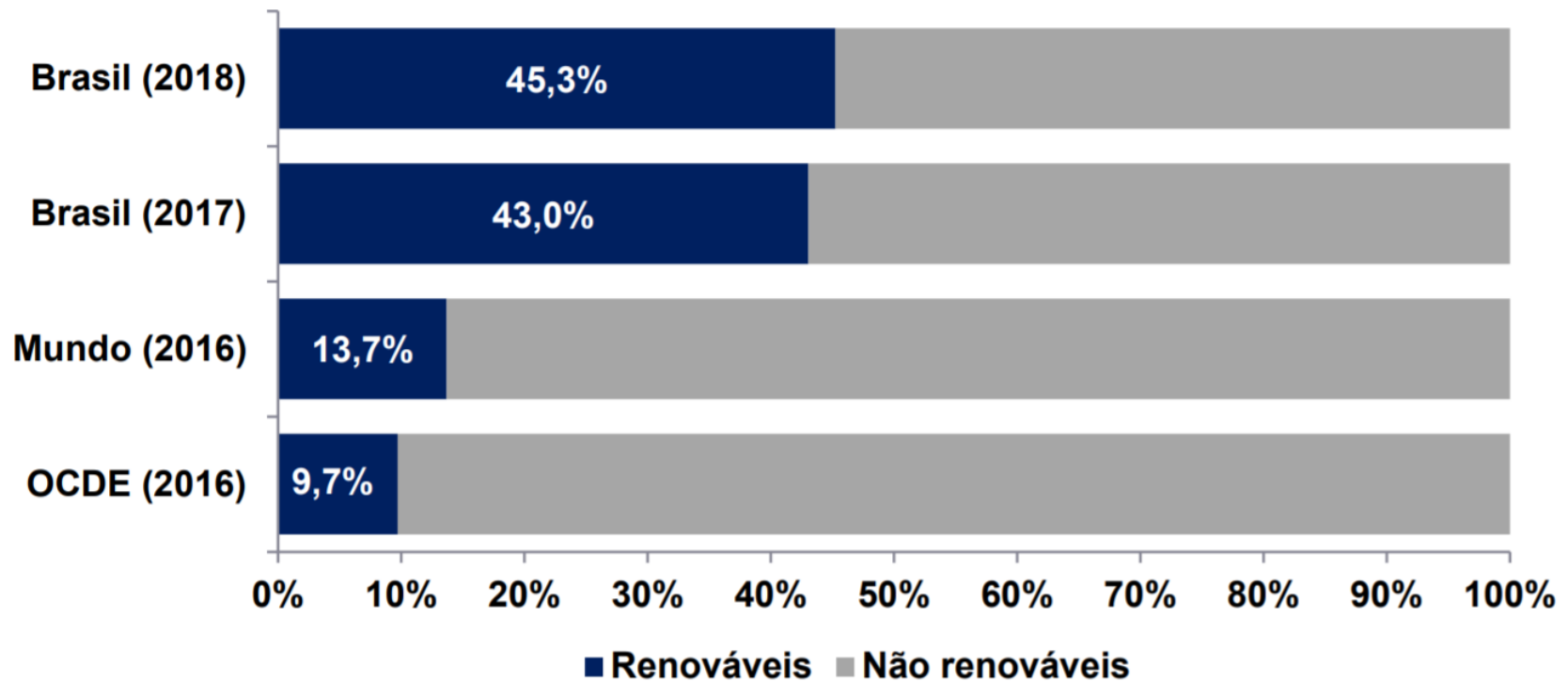


Biodiesel ultrapassa Eólica

Lixívia e outras renováveis (mil tep)	2017	2018	Δ 18 / 17
Lixívia	8.892	9.553	7,4%
Biodiesel	3.313	4.174	26,0%
Outras biomassas ¹	1.280	1.351	5,5%
Biogás	191	204	6,7%
Gás industrial de carvão vegetal	74	88	18,7%
Eólica	3.644	4.169	14,4%
Solar	72	298	316,2%
Total	17.467	19.837	13,6%

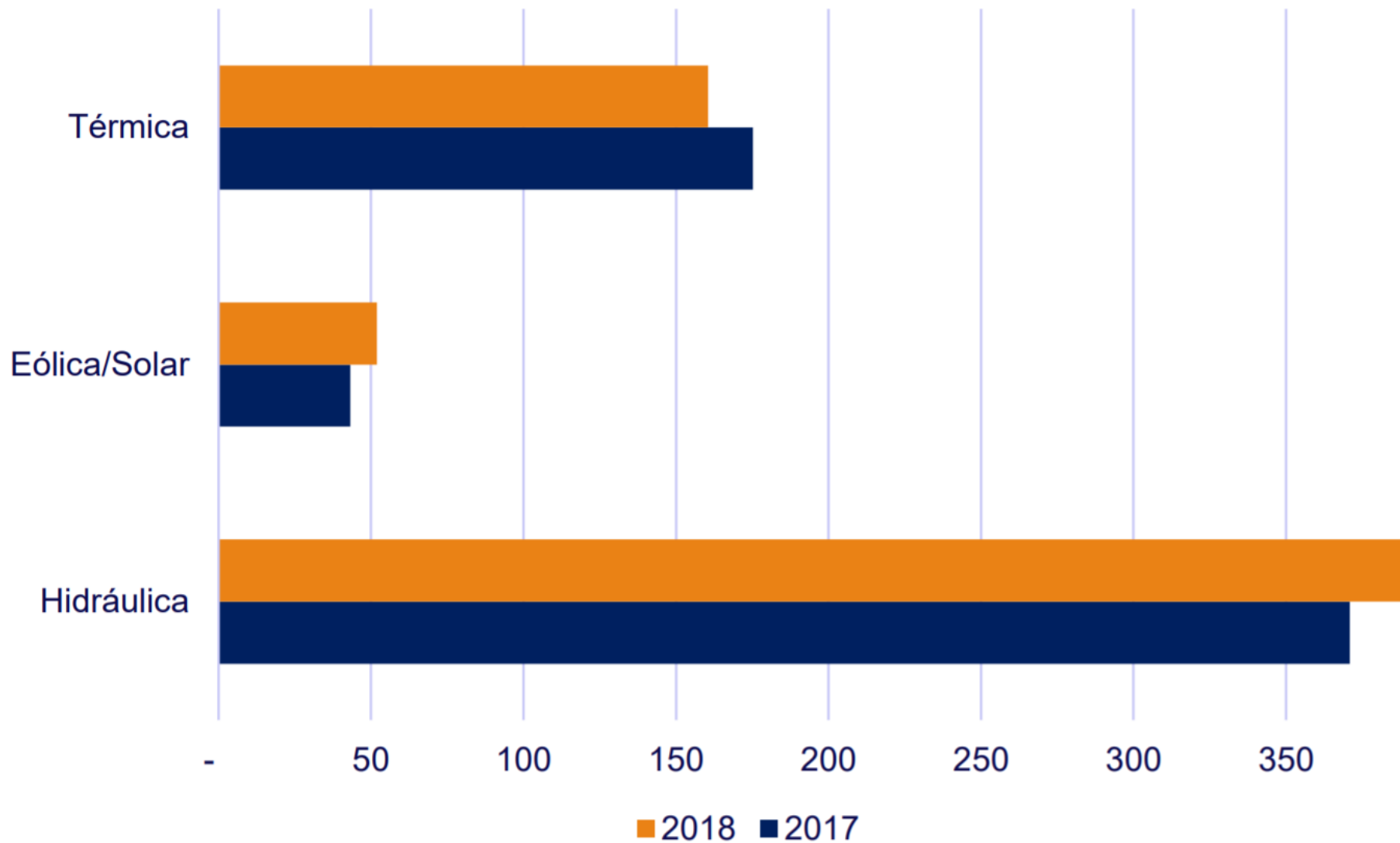
¹ Inclui casca de arroz, capim-elefante e óleos vegetais

COMPARAÇÃO ENTRE O USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS E NÃO-RENOVÁVEIS NO BRASIL E NO MUNDO NA MATRIZ ENERGÉTICA



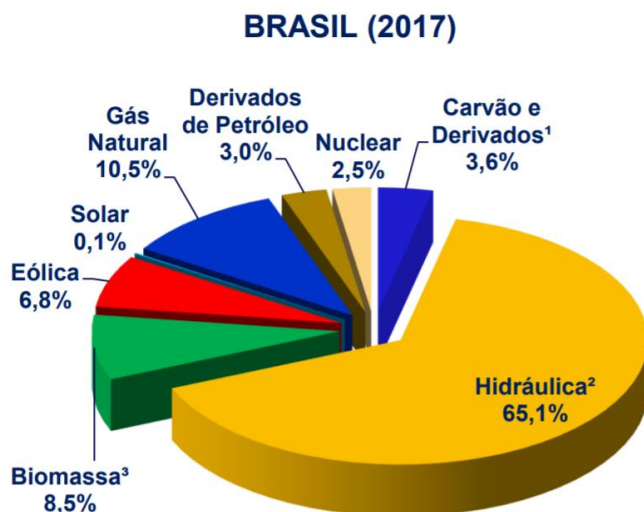
Geração Elétrica no Brasil (fonte EPE, 2019)

Geração TWh



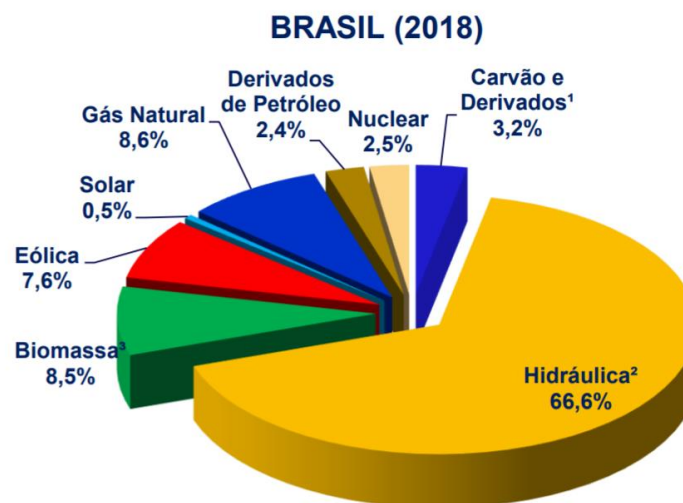
Distribuição da oferta interna de energia elétrica por fonte

BEN 2019 | Matriz Elétrica Brasileira



oferta hidráulica² em 2017: **407,3 TWh**

oferta total² em 2016: **625,7 TWh**



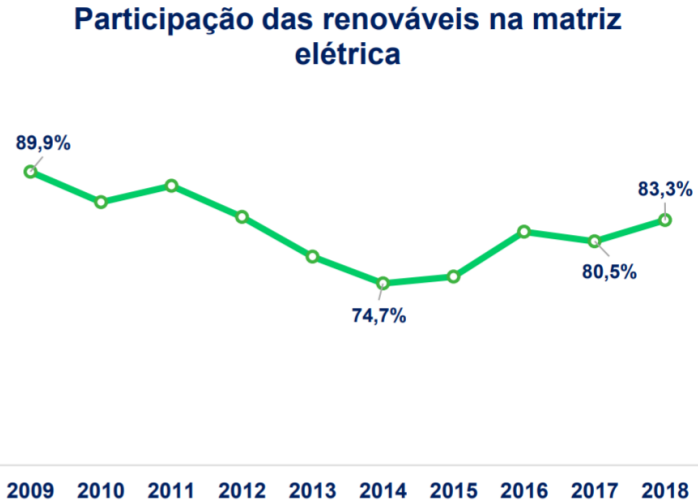
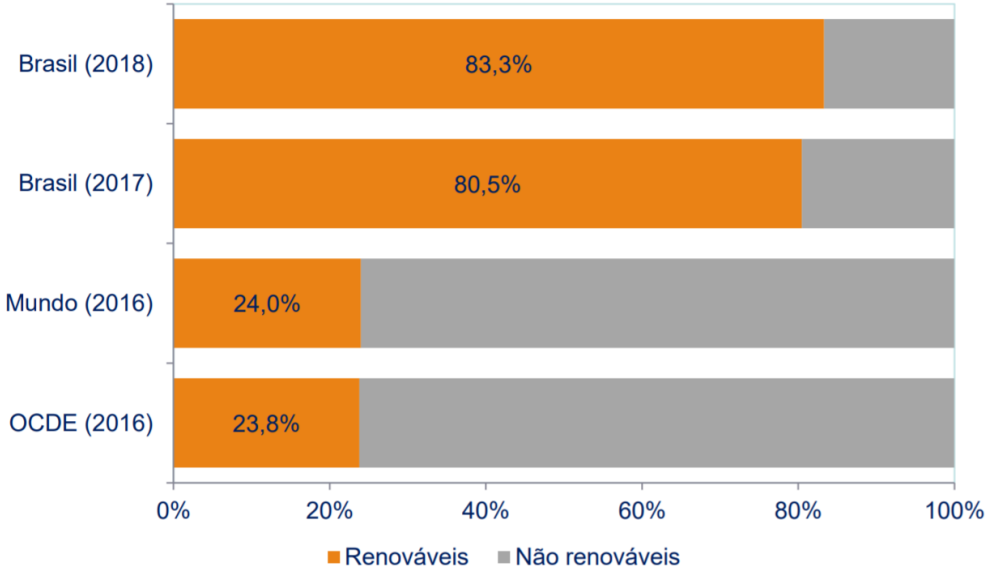
oferta hidráulica² em 2018: **423,9 TWh**

oferta total² em 2018: **636,4 TWh**

Fonte: EPE, 2018 – Balanço Energético Nacional (2019, ano base 2018)

BEN 2019 | Participação de renováveis na matriz elétrica¹

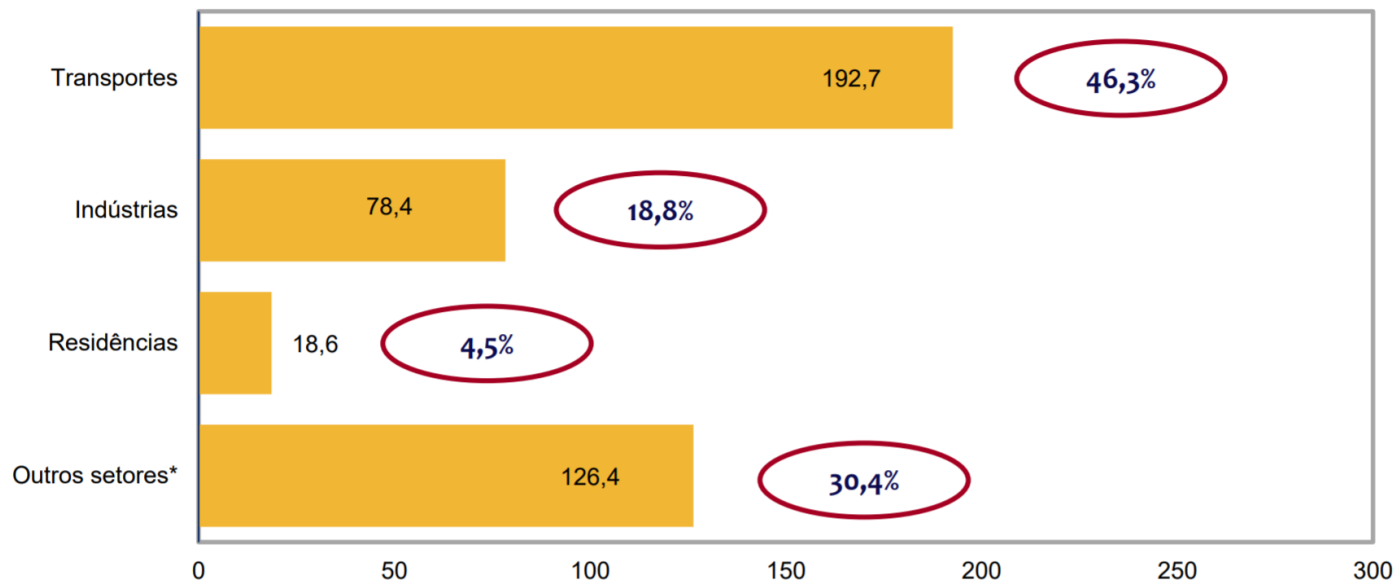
Em 2018: Incremento da geração hidráulica e eólica.



BEN 2019 | Emissões de CO2

Em 2018, o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiu 416,1 MtCO₂-eq

Emissões totais (2018), em Mt CO2



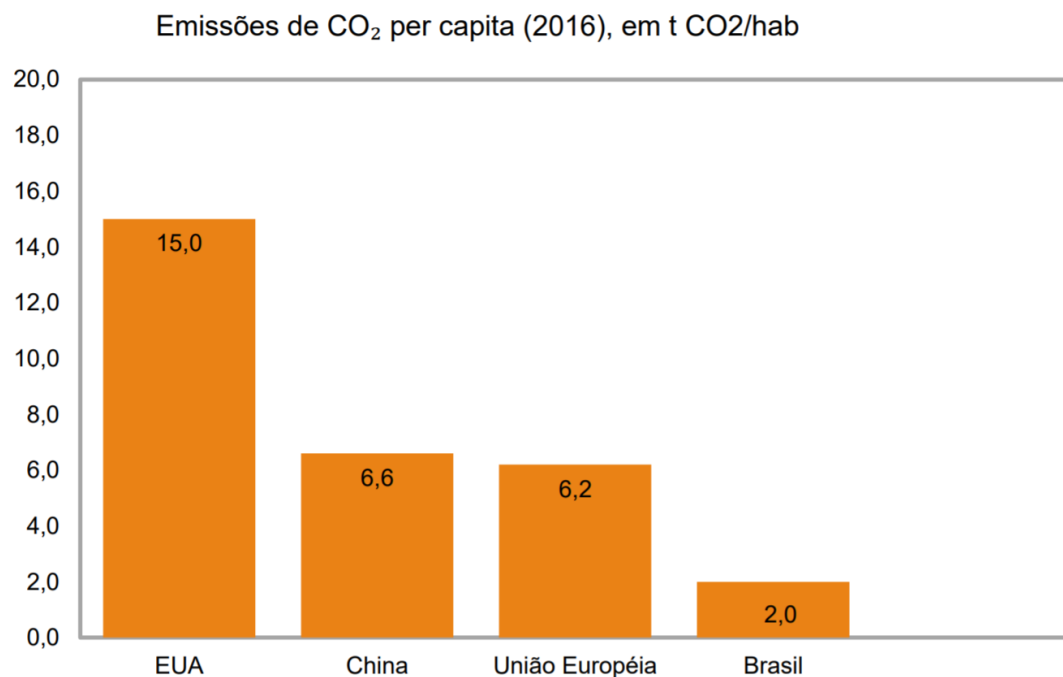
Δ 18/17

-5,2%



BEN 2019 | Emissões de CO₂ per capita

Produzindo e consumindo energia, cada brasileiro emite, em média, 7,5 vezes menos do que um americano e 3 vezes menos do que um europeu ou um chinês.



**Emissões per capita
brasileiras em 2018
2,0 t CO₂/hab**

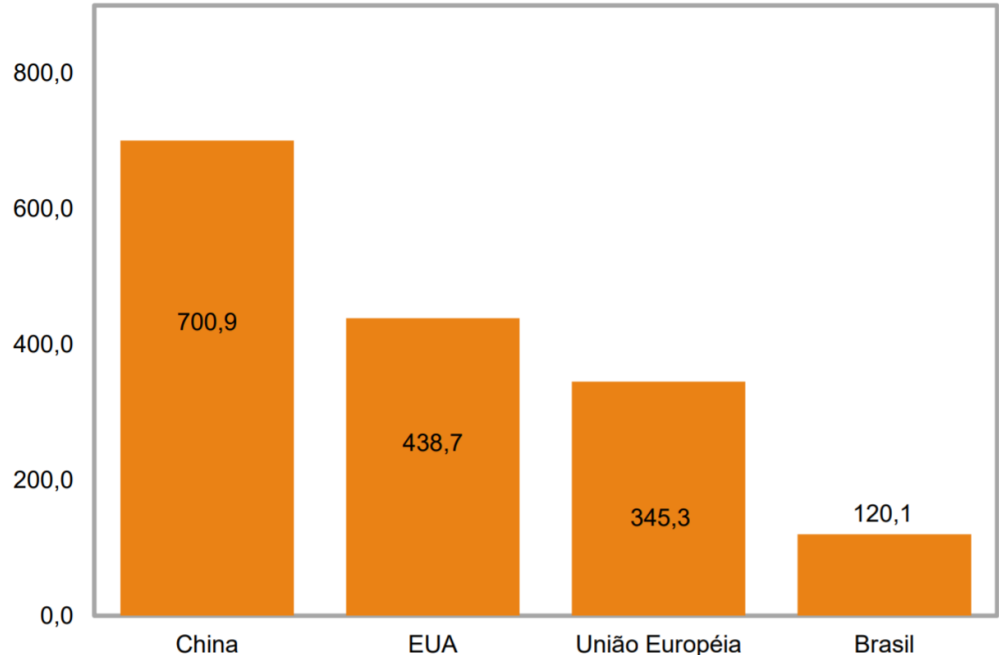
Fonte: EPE

Fonte: Agência Internacional de Energia. Elaboração: EPE

BEN 2019 | Emissões na produção de energia elétrica

Para produzir 1 MWh, o setor elétrico brasileiro emite 2,9 vezes menos que o europeu, 3,7 vezes menos do que o setor elétrico americano e 5,8 vezes menos do que o chinês.

Emissões de CO₂ por MWh gerado (2016)



Intensidade de carbono na geração elétrica brasileira em 2018
88,0 kg CO₂/MWh

Fonte: EPE

Fonte: Agência Internacional de Energia. Elaboração: EPE

BEN 2019 | Quem usou a energia no Brasil

2018 255,7 Mtep
2017 258,4 Mtep
-1,0%



Transportes
32,7%



Indústrias
31,7%



Setor
Energético
11,2%



Uso não
energético
5,5%



Residências
9,9%



Serviços
4,9%



Agropecuária
4,1%



Produção industrial e transporte de carga / passageiros respondem por aproximadamente 64% do consumo de energia do país.

Principais Fontes de Energia

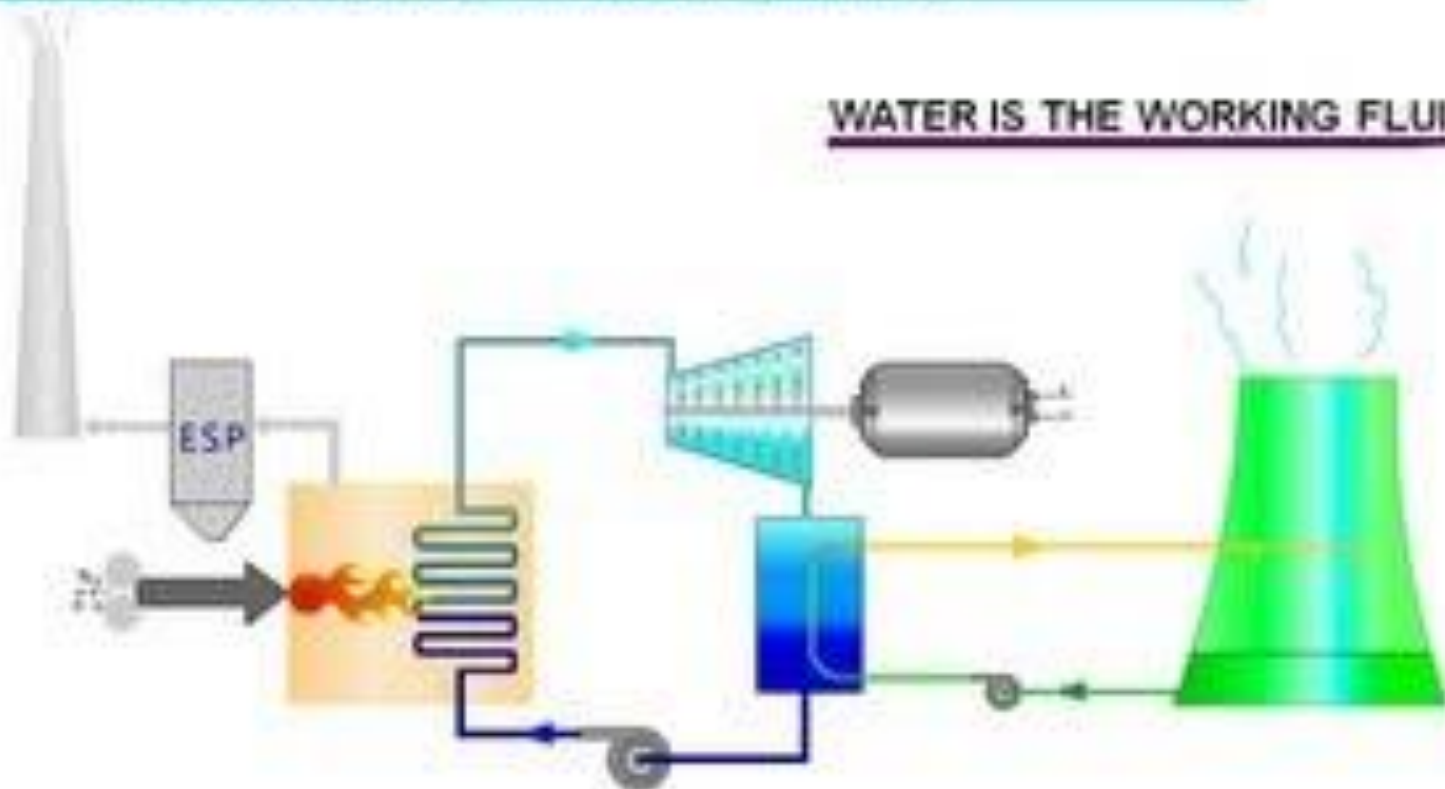
- As principais fontes de energia disponíveis são classificadas em:
 - Não renováveis:
 - Combustíveis fósseis;
 - Nuclear
 - Renováveis:
 - Solar;
 - Hidráulica;
 - Eólica;
 - Biomassa.

Considerações sobre as Fontes de Energia

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

THERMAL POWER PLANT

WATER IS THE WORKING FLUID



Combustíveis Fósseis

- Materiais que foram capazes de armazenar energia solar;
- Surgiram a partir da decomposição biológica incompleta de matéria orgânica morta (petróleo, gás, carvão, xisto);
- São considerados nossa fonte primária de energia, em função de sua participação na matriz energética;
- É um combustível versátil: é a fonte de energia para transportes (petróleo) mas também é importante para gerar energia elétrica (petróleo, gás e carvão).

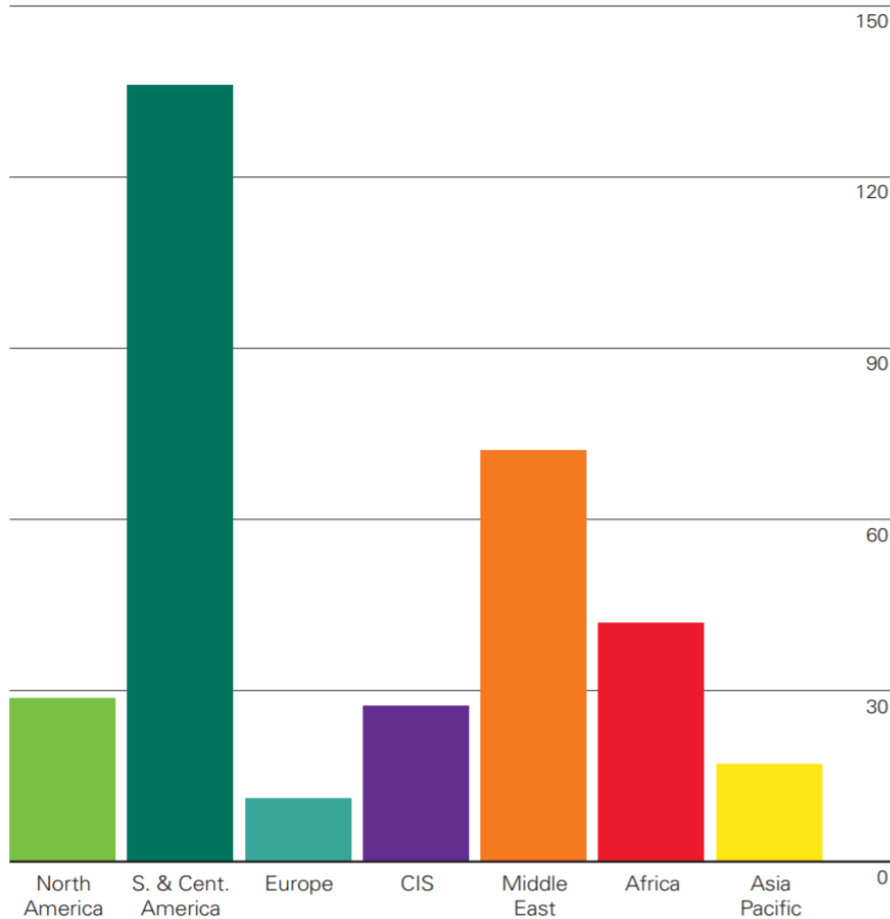
Reserva e evolução da exploração de petróleo no mundo

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

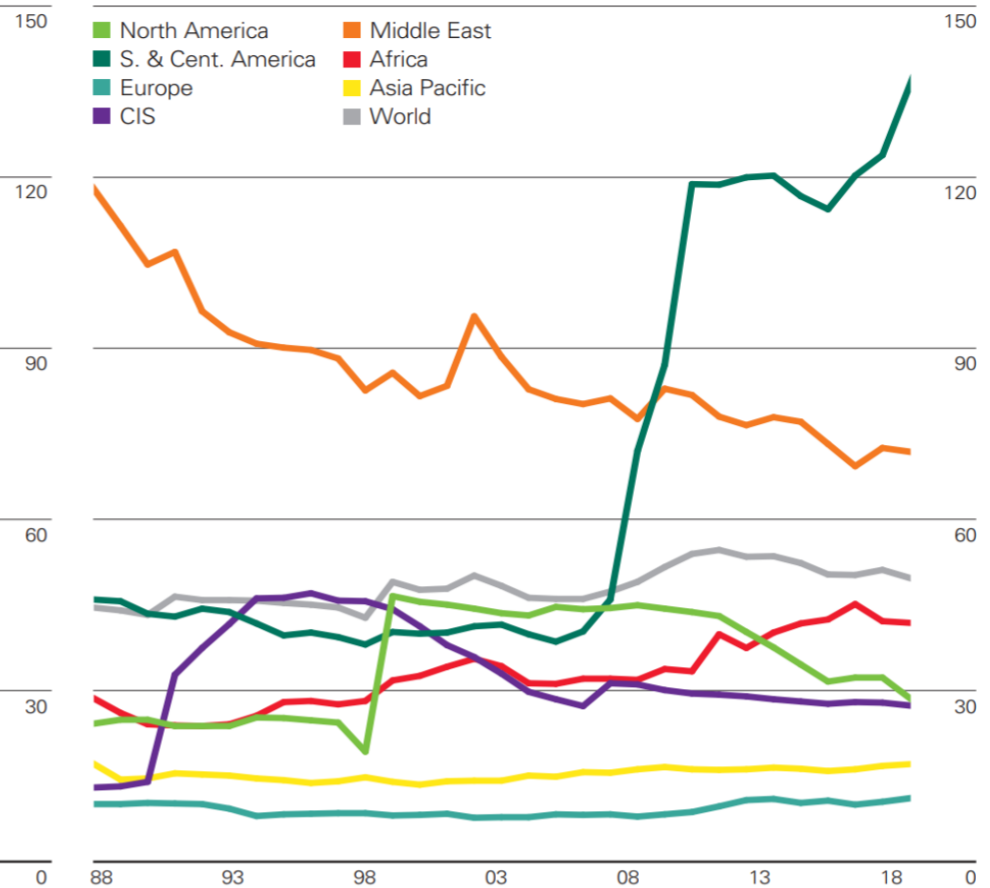
Reserves-to-production (R/P) ratios

Years

2018 by region



History



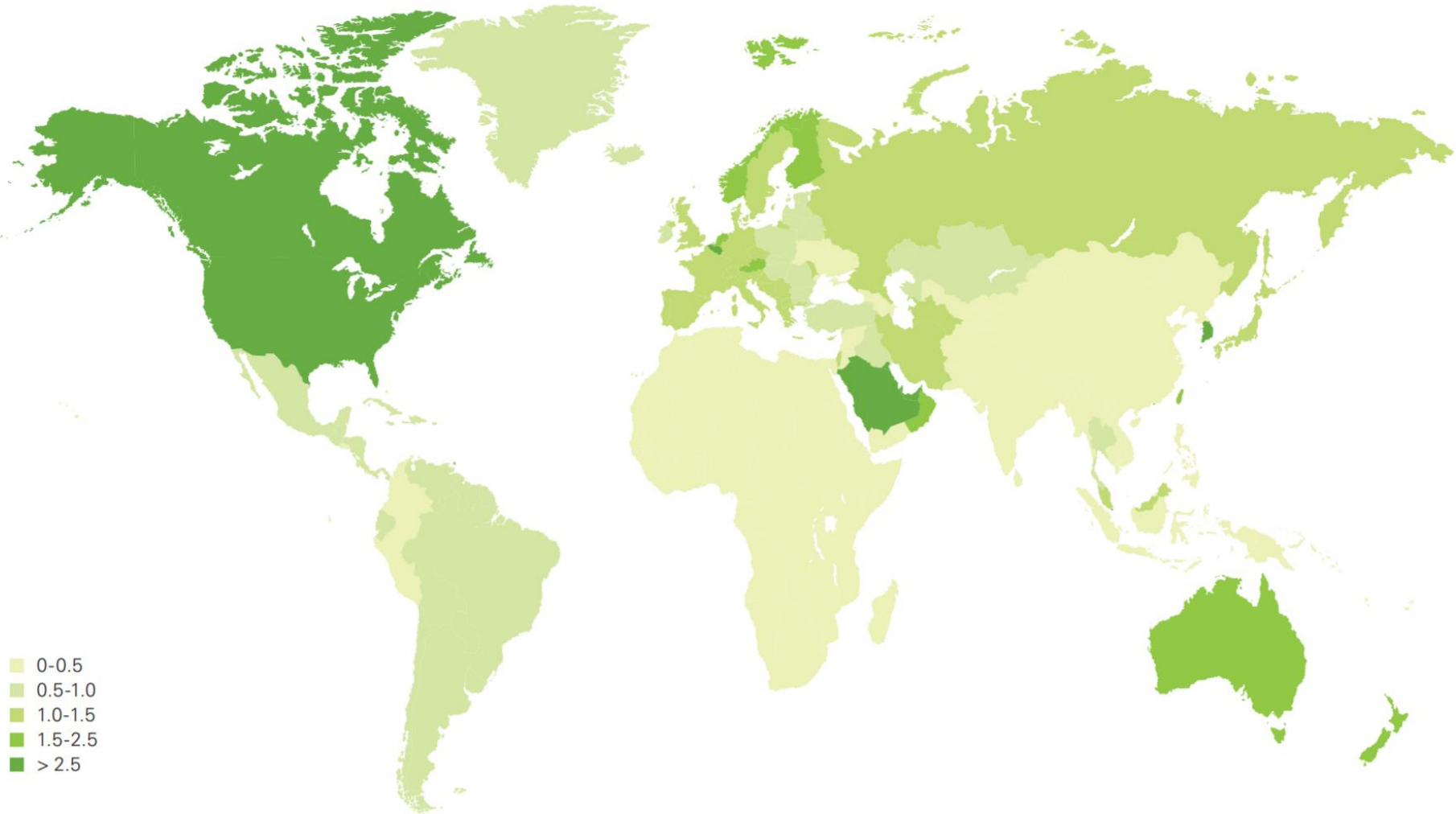
Oil reserves at the end of 2018 totalled 1730 billion barrels, up 2 billion barrels with respect to 2017. The global R/P ratio shows that oil reserves in 2018 accounted for 50 years of current production. Regionally, South & Central America has the highest R/P ratio (136 years) while Europe has the lowest (11 years). OPEC holds 71.8% of global reserves. The top countries in terms of reserves are Venezuela (17.5% of global reserves), closely followed by Saudi Arabia (17.2%), then Canada (9.7%), Iran (9.0%) and Iraq (8.5%)

Consumo de petróleo per capita no mundo

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

Oil: Consumption per capita 2018

Tonnes

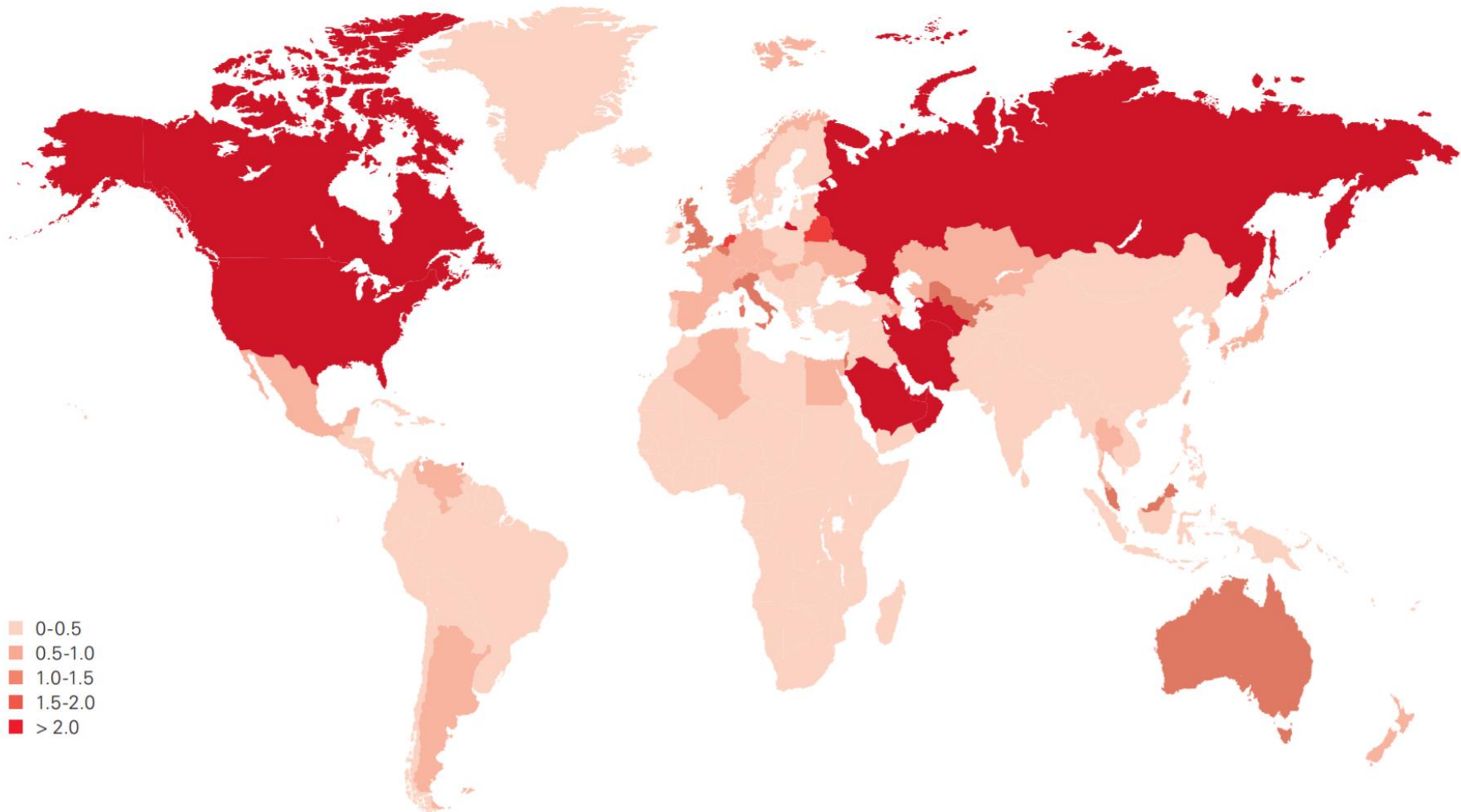


Consumo de gás natural per capita no mundo

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

Natural gas: Consumption per capita 2018

Million tonnes oil equivalent



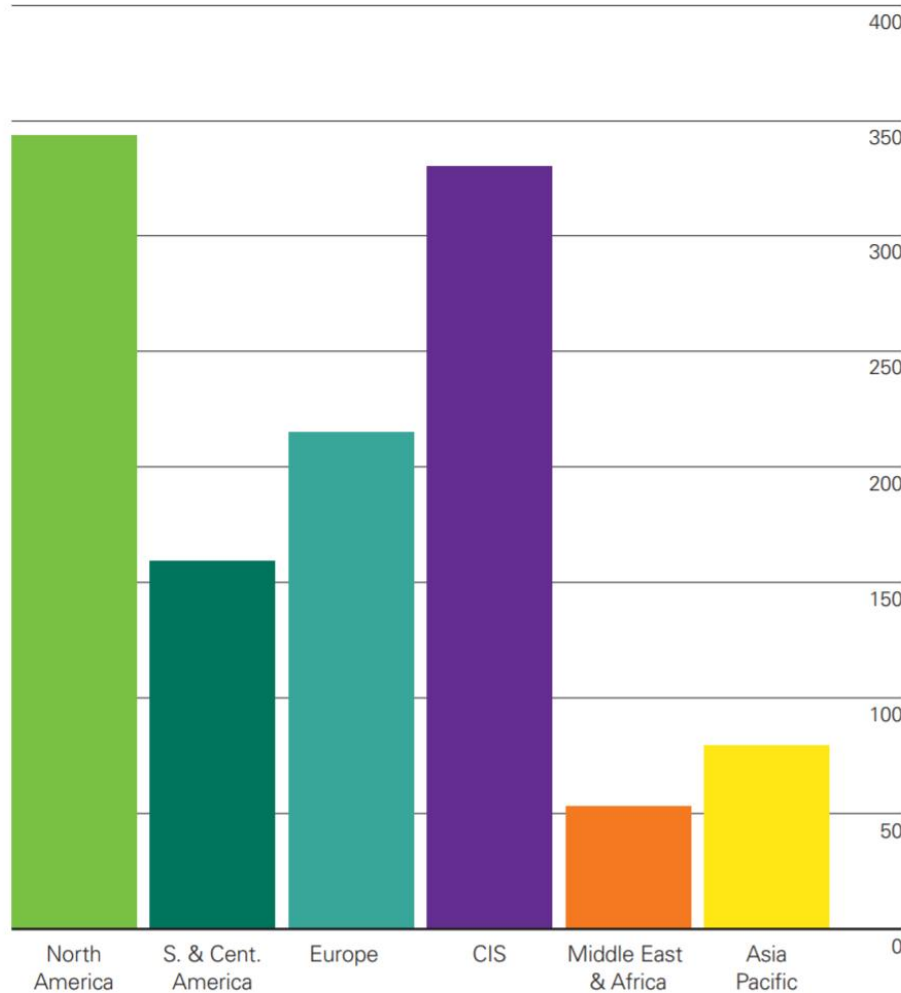
Reservas e utilização de carvão

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

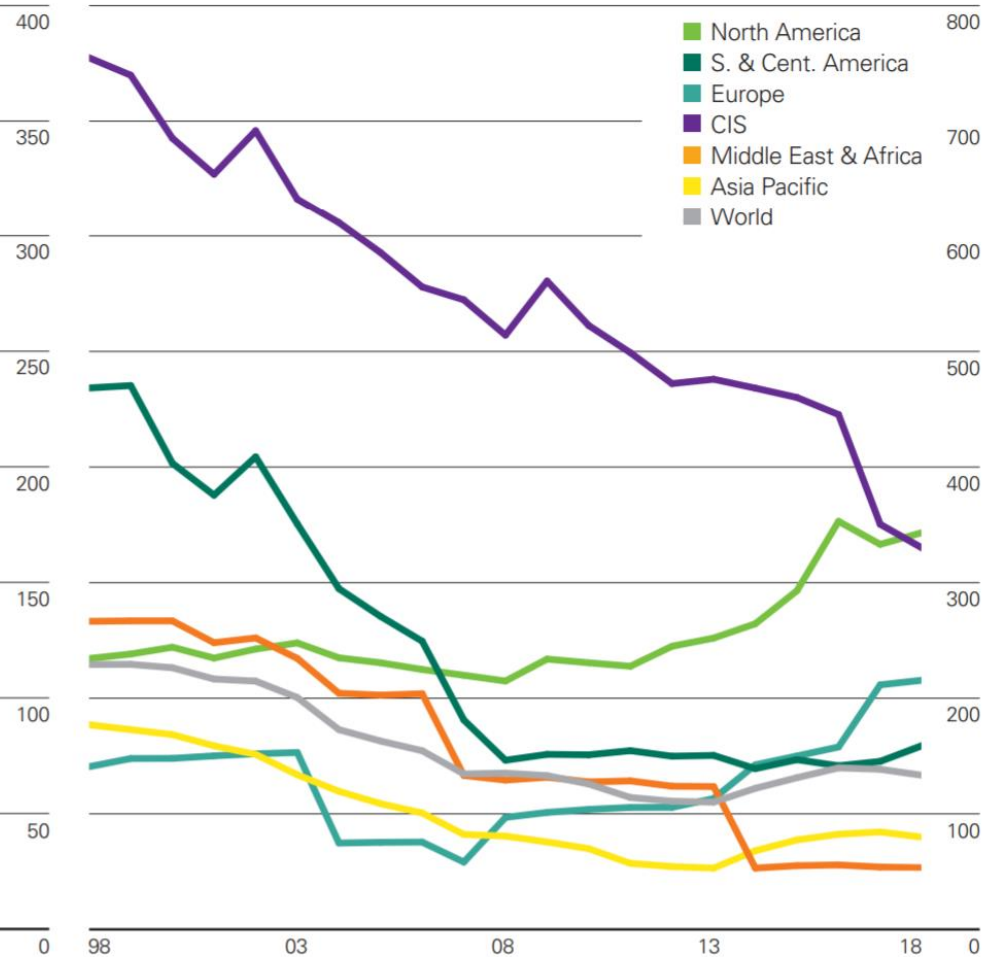
Reserves-to-production (R/P) ratios

Years

2018 by region



History



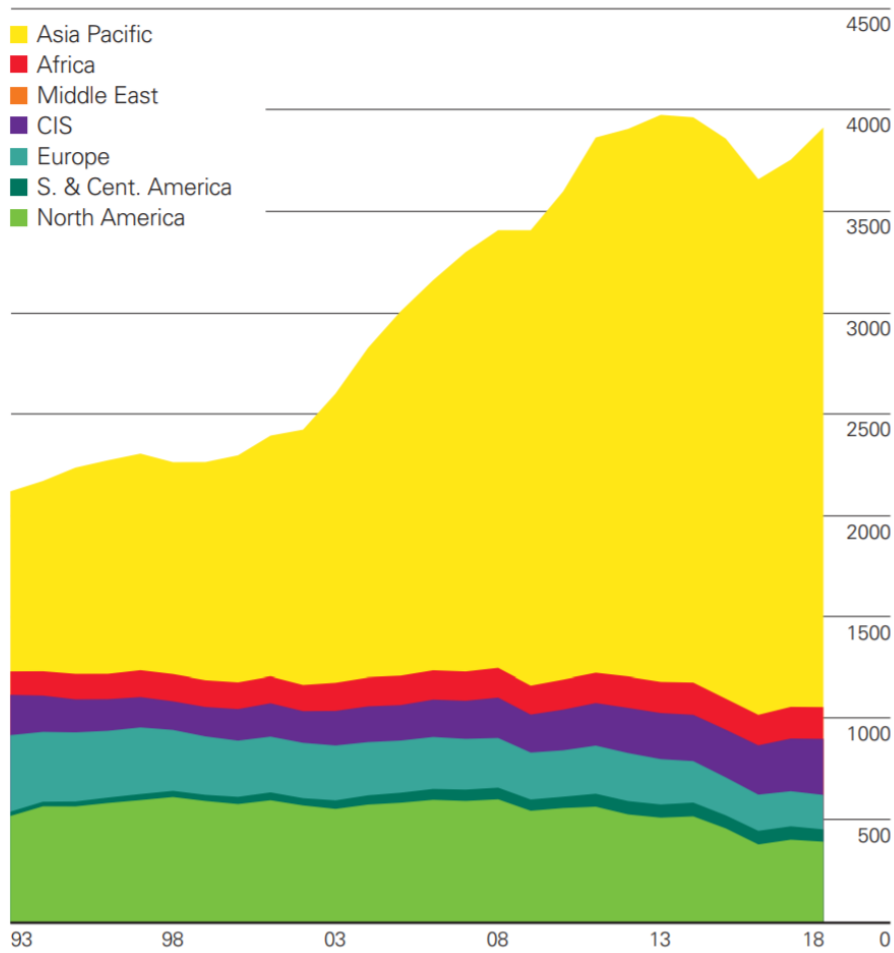
World coal reserves in 2018 stood at 1055 billion tonnes and are heavily concentrated in just a few countries: US (24%), Russia (15%), Australia (14%) and China (13%). Most of the reserves are anthracite and bituminous (70%). The current global R/P ratio shows that coal reserves in 2018 accounted for 132 years of current production with North America (342 years) and CIS (329 years) the regions with the highest ratio.

Produção e consumo de carvão por região

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

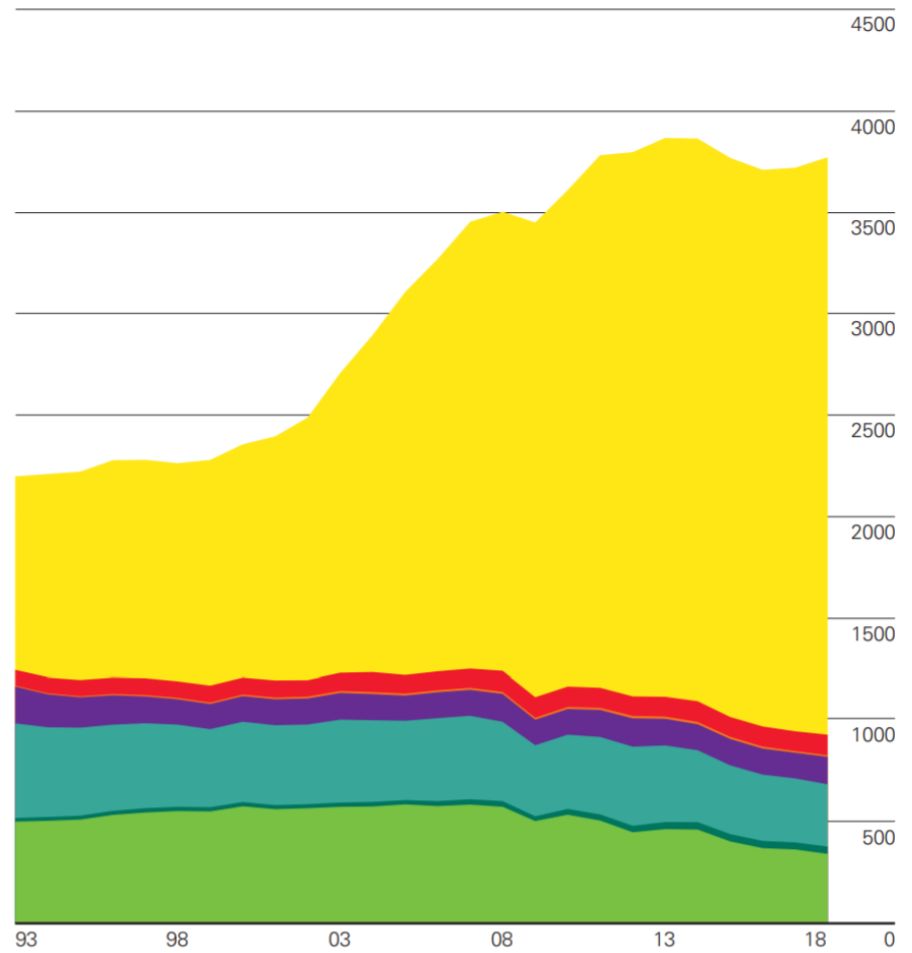
Coal: Production by region

Million tonnes oil equivalent



Coal: Consumption by region

Million tonnes oil equivalent



Global coal production increased by 4.3% in 2018, significantly above the 10-year average of 1.3%. Production growth was concentrated in Asia Pacific (163 mtoe) with China accounting for half of global growth and Indonesian production up by 51 mtoe. Coal consumption increased by 1.4% in 2018, the fastest growth since 2013. Growth was again driven by Asia Pacific (71 Mtoe), and particularly by India (36 Mtoe). This region now accounts for over three quarters of global consumption, while 10 years ago it represented two thirds.

Impactos Associados aos Combustíveis Fósseis

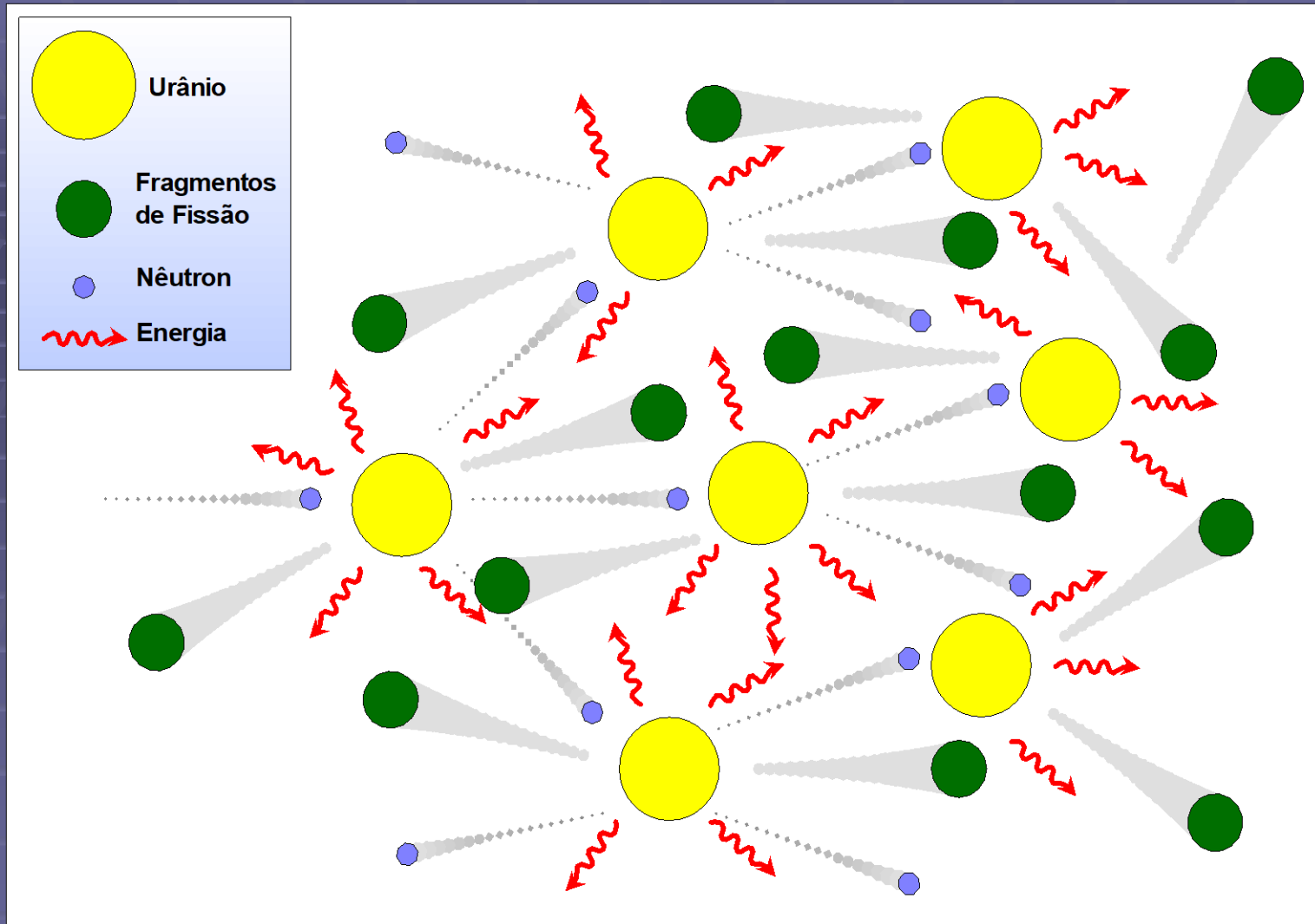
- Alteração nas características do solo em função da abertura de minas;
- Construção de plataformas para poços de petróleo e gás, tubulações, depósitos e tanques de armazenagem;
- Infra-estrutura para transporte e beneficiamento;
- Poluição de águas superficiais;
- Poluição atmosférica;
- Subsidência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

Fontes Alternativas de Energia

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

Energia Nuclear

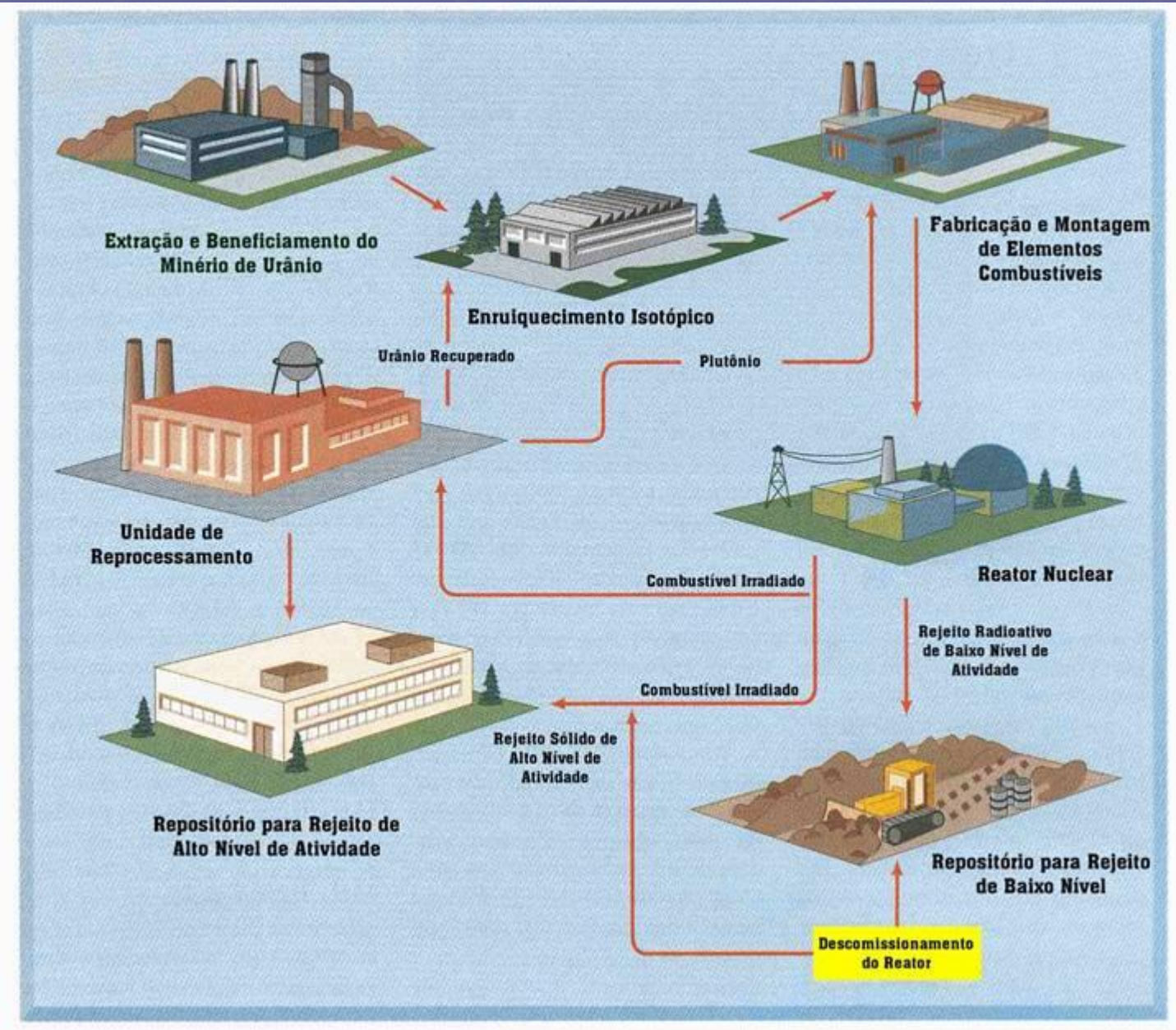
- Energia obtida do núcleo dos átomos de determinados elementos químicos;
- O aproveitamento é feito pelos processos de fissão e fusão nucleares;
- Fissão nuclear:
 - Divisão do núcleo do átomo em fragmentos menores.
- Fusão nuclear:
 - União de dois átomos para formar um mais pesado.



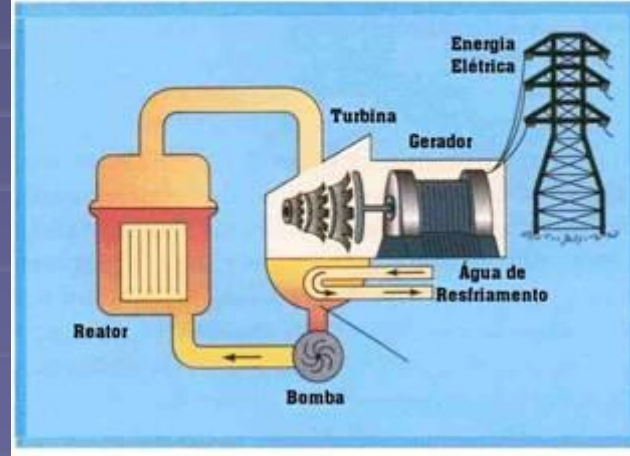
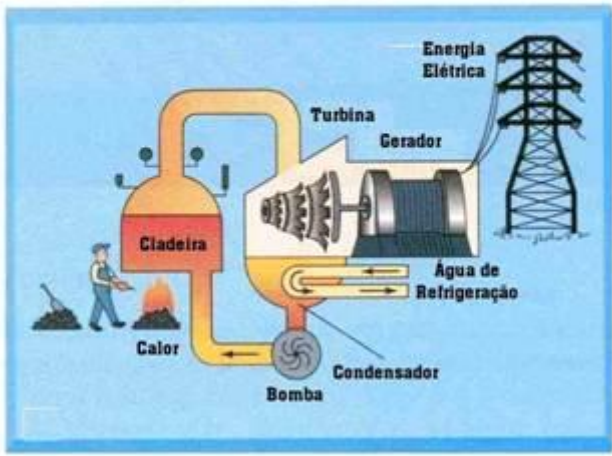
Representação do Processo de Fissão Nuclear

Energia Nuclear

- Em média, um quilograma de óxido de urânio (U_3O_8), produz uma quantidade de energia equivalente a:
 - 11,36 m³ de petróleo;
 - 17,9 toneladas de carvão.
- O urânio natural é constituído de uma mistura de três isótopos, obedecendo a seguinte proporção:
 - U – 238 99,3%;
 - U – 235 0,7%;
 - U – 234 0,005%;



Ciclo do Combustível Nuclear



Comparação entre os Sistemas Convencional e Nuclear para Geração de Energia Elétrica

Nuclear energy

Consumption*

Million tonnes oil equivalent	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Growth rate per annum		Share 2018
												2018	2007-17	
Total World	619.5	610.8	626.2	600.0	559.5	563.8	574.9	582.8	591.8	597.1	611.3	2.4%	-0.4%	100.0%
of which: OECD	517.0	508.5	521.0	488.4	444.0	447.1	450.0	446.8	446.4	443.4	446.1	0.6%	-1.6%	73.0%
Non-OECD	102.5	102.3	105.3	111.7	115.5	116.7	125.0	136.0	145.3	153.7	165.2	7.5%	4.4%	27.0%
European Union	212.2	202.4	207.4	205.2	199.7	198.5	198.3	194.0	190.1	187.8	187.2	-0.3%	-1.2%	30.6%

USO DA ENERGIA NUCLEAR

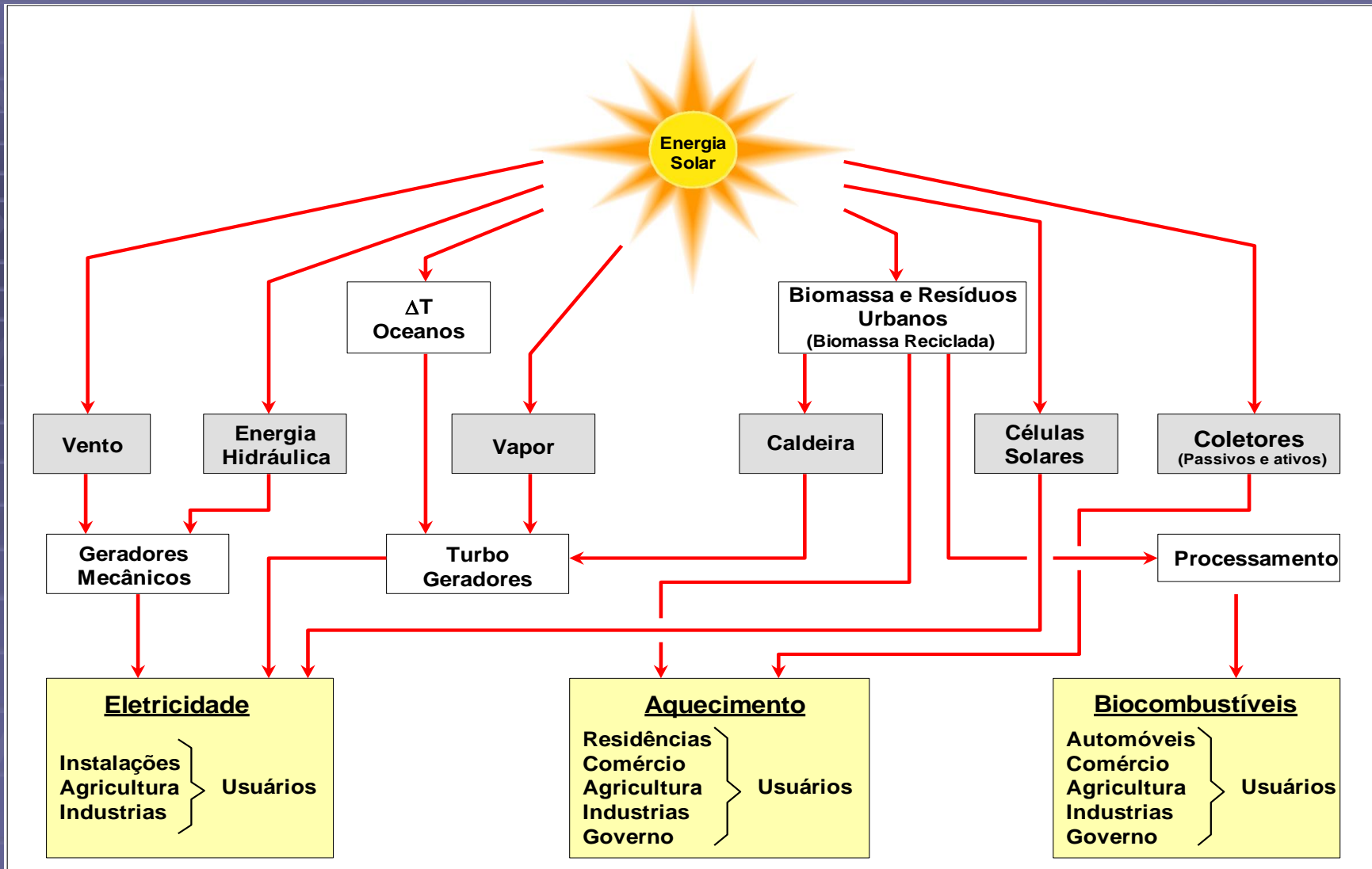
(fonte: BP Statistical Review, 2019)

Impactos Ambientais Associados à Energia Nuclear

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

Fontes Renováveis de Energia

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

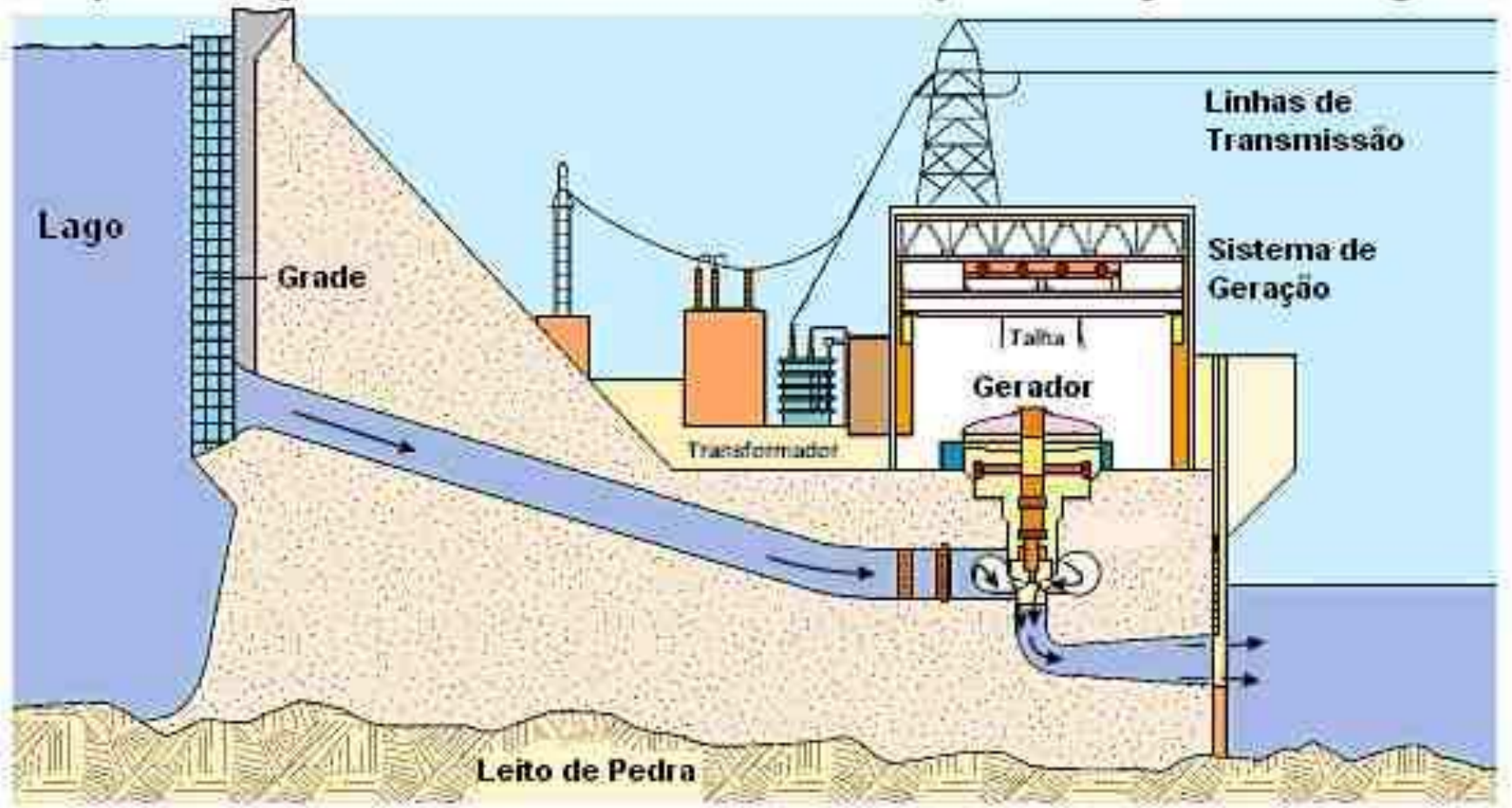


Uso da Energia Proveniente do Sol

Energia Hidráulica

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

Representação de uma Usina Hidroelétrica para Geração de Energia





Convenções Cartográficas

- Capital Federal
- Capitais
- Divisão Estadual

	Existente	Futuro
138 kV		
230 kV		
345 kV		
440 kV		
500 kV		
750 kV		
600 kV CC		

Complexo

- A Paraná
- B Paranapanema
- C Grande
- D Paraíba
- E Paulo Afonso

- Centro de carga
- Número de circuitos existentes

Fonte: ONS, 2008.

ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL - 3ª EDIÇÃO

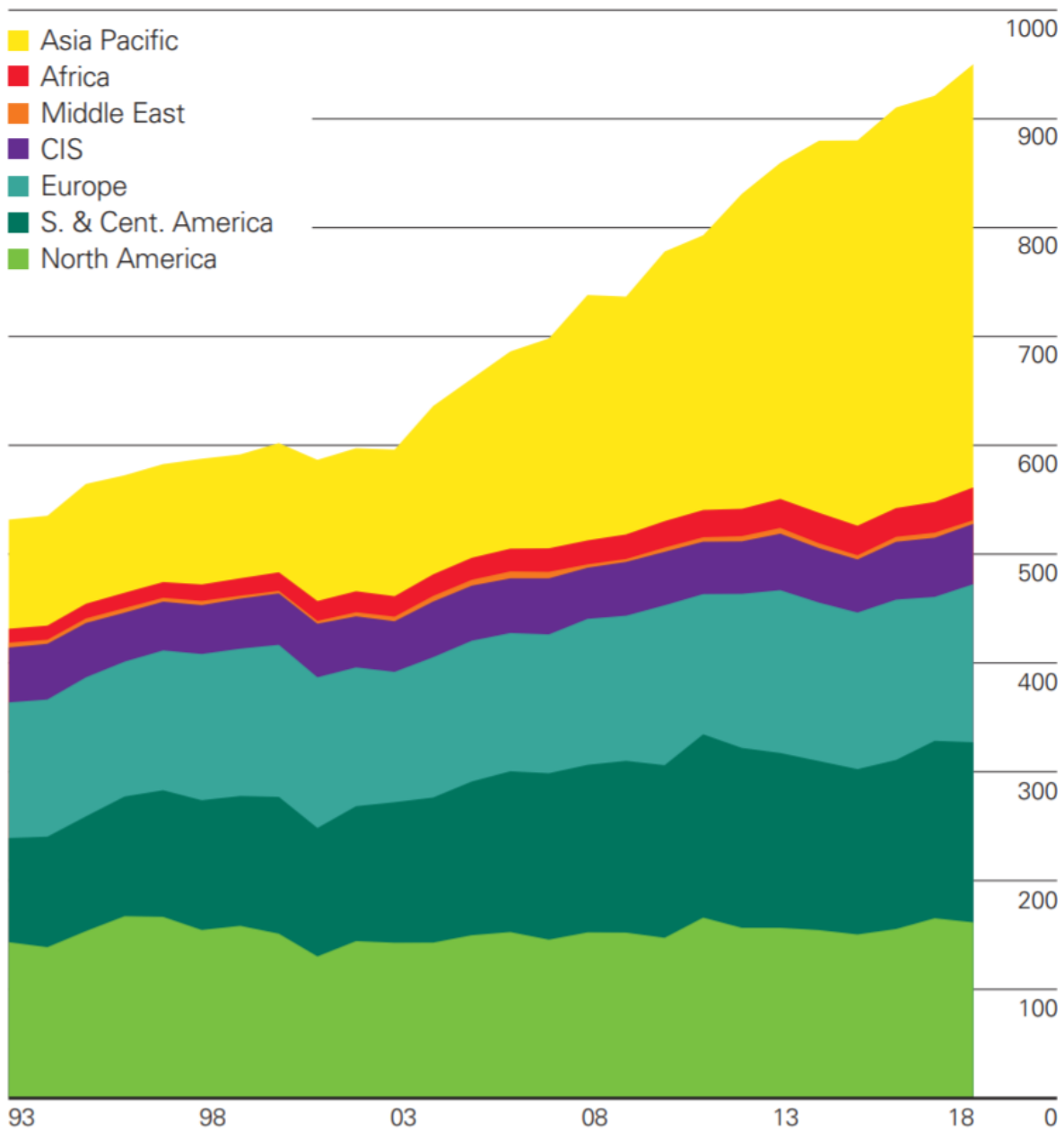
Escala Gráfica: 0 250 500 km



MAPA 1.3 - Sistema de transmissão - Horizontes 2007-2009

Hydroelectricity consumption by region

Million tonnes oil equivalent



USO DA HIDROELETRICIDADE NO MUNDO

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

Energia Hidráulica

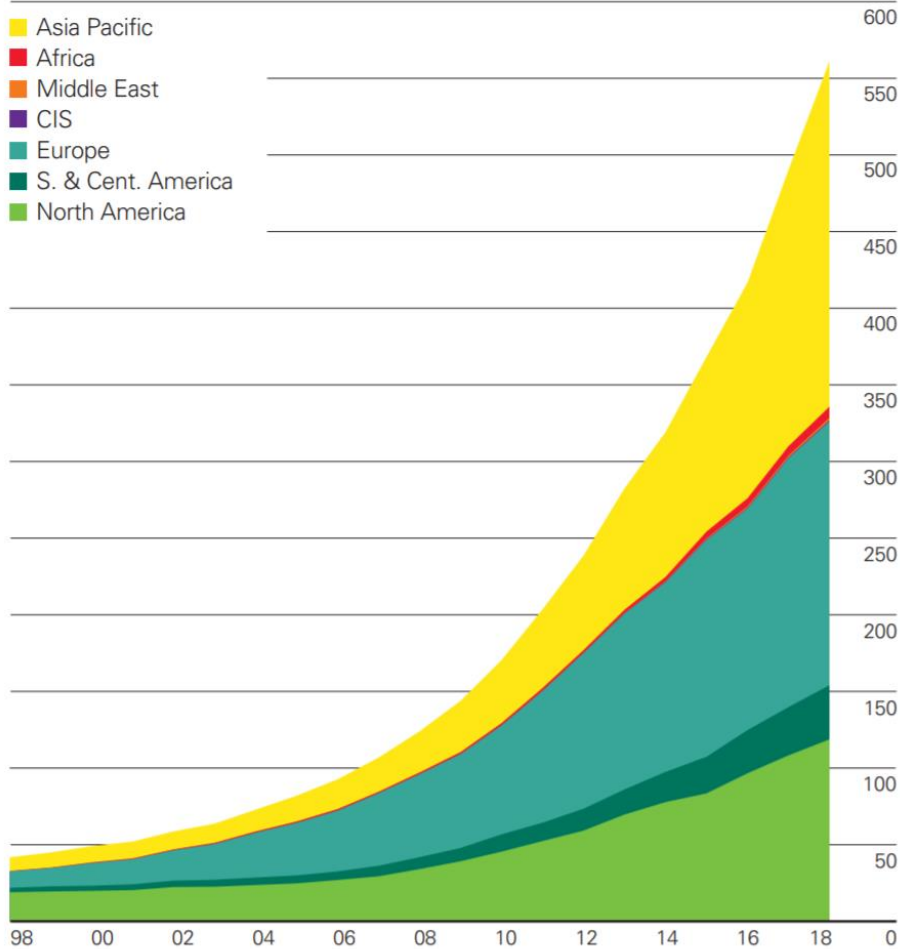
- Eficiência de conversão de até 96 %;
- Baixo custo de produção;
- Impactos ambientais:
 - Relacionados aos reservatórios;
 - Grandes áreas alagadas;
 - Alteração das características do fluxo e da qualidade da água.

ENERGIAS RENOVÁVEIS NO MUNDO

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

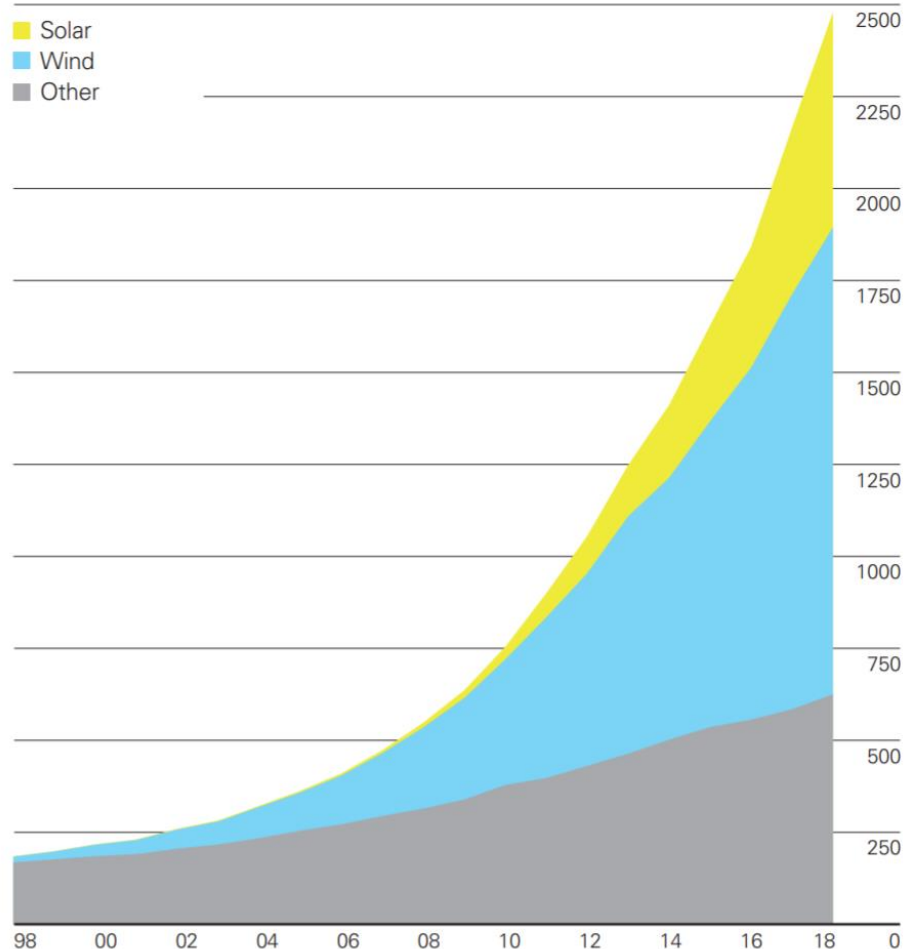
Renewables consumption by region

Million tonnes oil equivalent



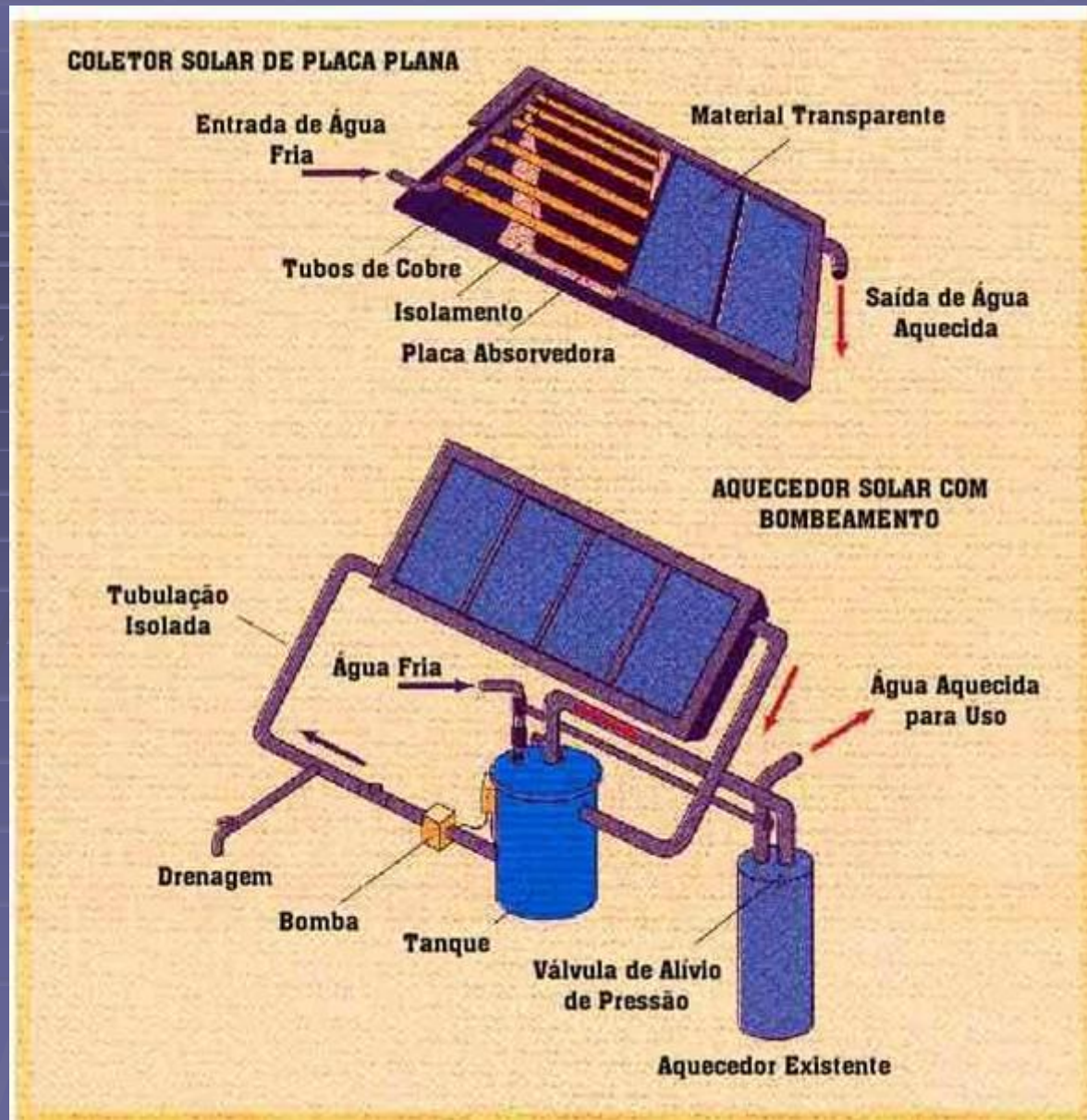
Renewables generation by source

Terawatt-hours



Renewable energy in power generation (excluding hydro) increased by 14% in 2018, slightly below 10-year average growth (16%). However, its increase in energy terms (71 mtoe) was slightly below the record-breaking increase of 2017. China accounted for 45% of global growth and its consumption has increased 20-fold in the last 10 years.

Wind (142 TWh) contributed more to renewable generation growth than solar (131 TWh). Wind has accounted for around 50% of renewables generation in the last few years. Solar has constantly increased its share and now represents 24%, 13 percentage points higher than in 2013.



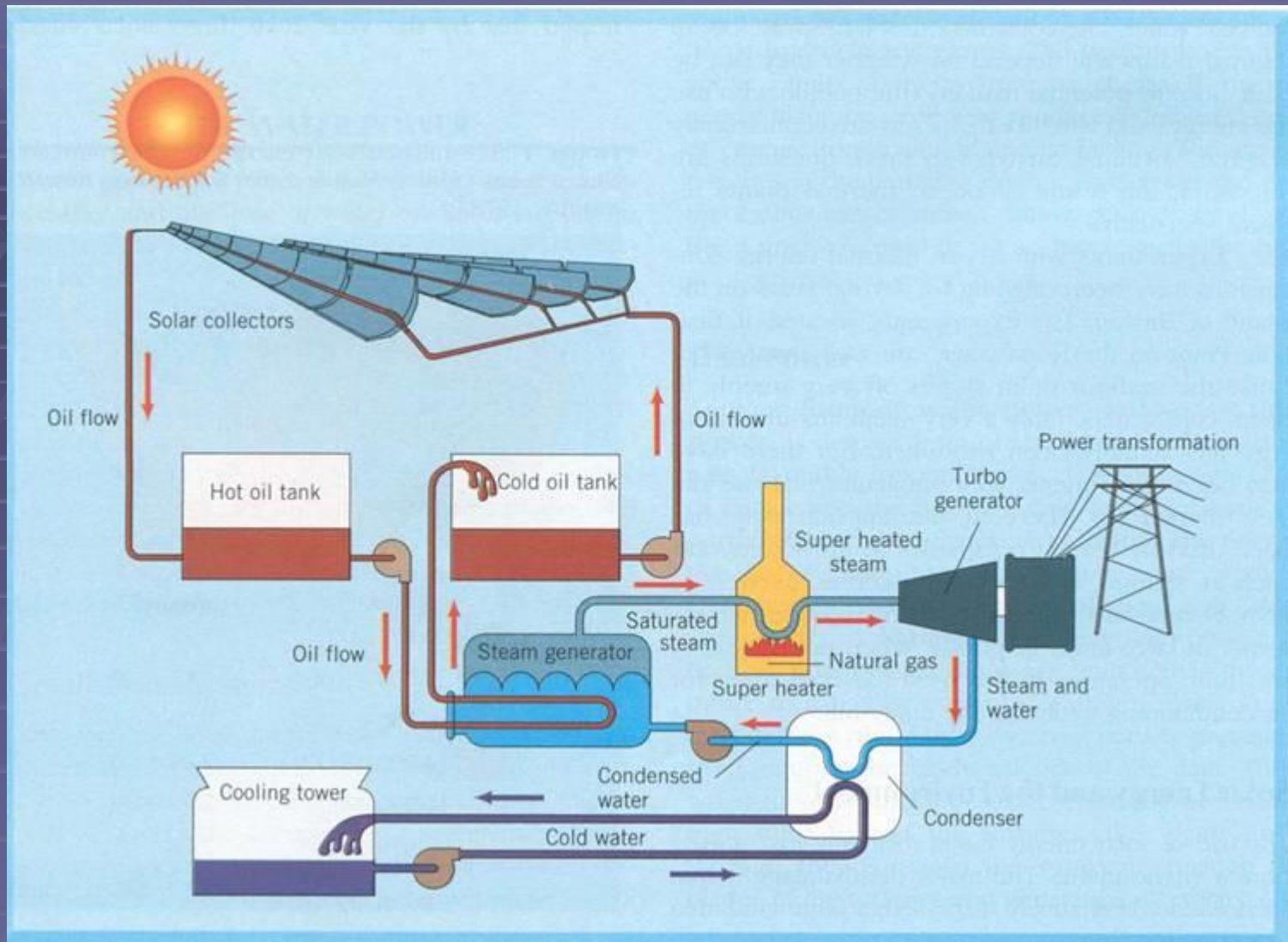
Representação Esquemática de um Painel Solar



Luz International Solar Farm

(capacidade de produção para atender 540.000 pessoas – USA)

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

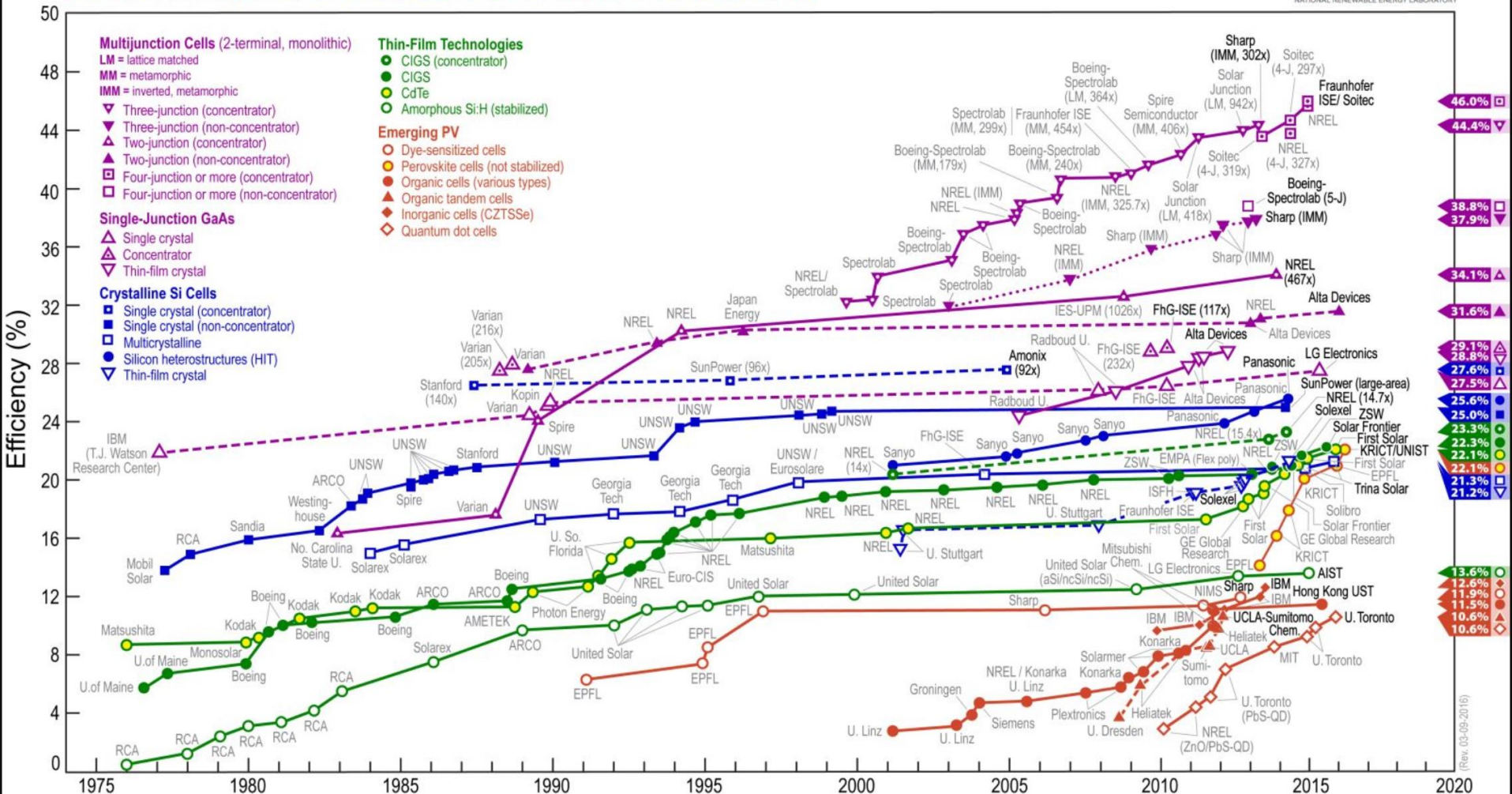


**Representação Esquemática da Usina Luz International
(Deserto de Mojave, Sul da Califórnia)**

Energia Solar Direta

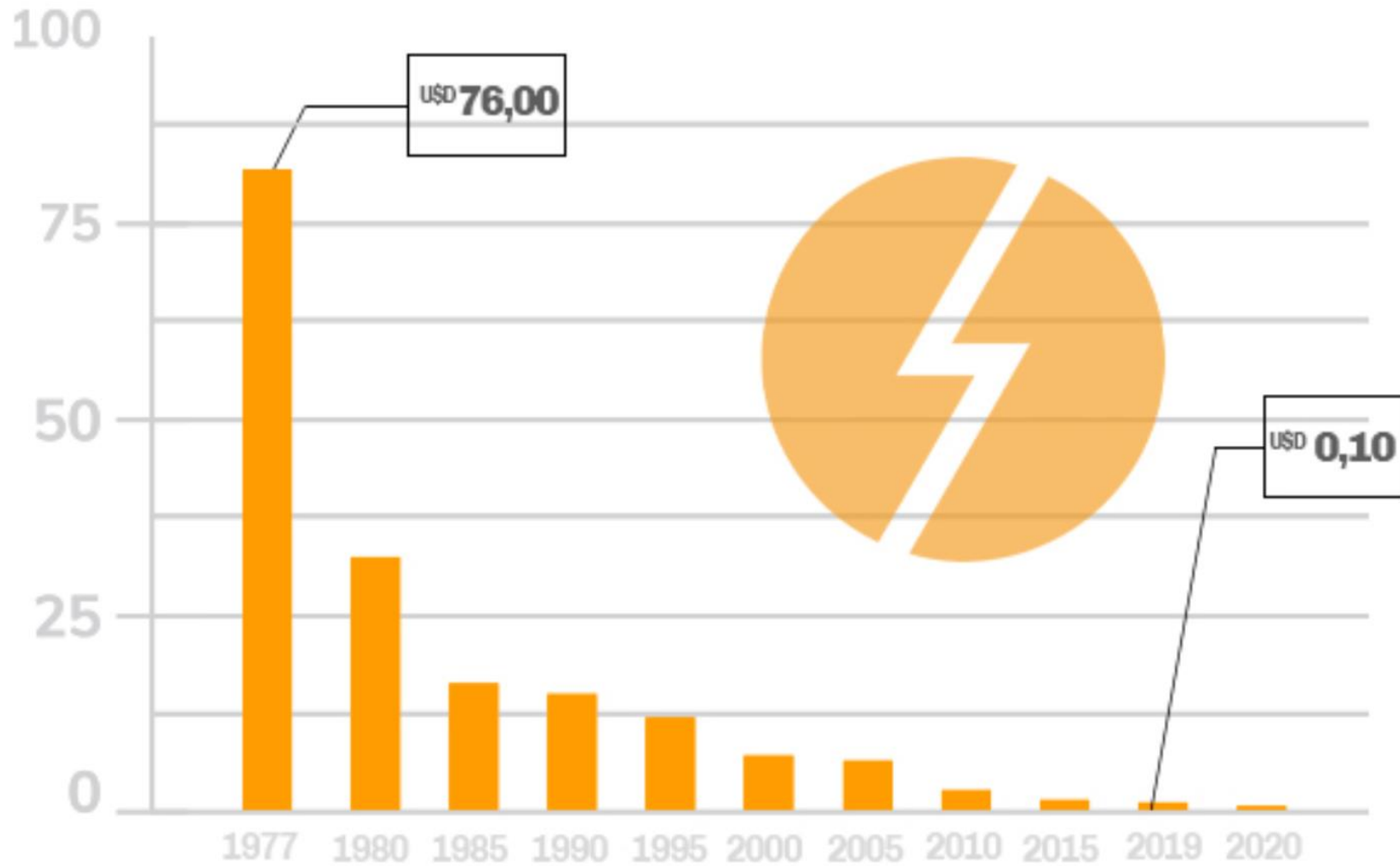
- Células fotovoltaicas:
 - Convertem a luz do sol diretamente em energia elétrica, utilizando um material semicondutor sólido.
 - São utilizadas células solares feitas de silício, ou outro material, e componentes eletrônicos, apresentando poucas ou nenhuma parte móvel.
 - Eficiência de conversão de energia solar em energia elétrica varia de 10% a 30%;
 - A eficiência está evoluindo e o preço está caindo

EFICIÊNCIA DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS



(Rev. 03-09-2016)

PREÇO DA CÉLULA FOTOVOLTAICA



Utilização da Energia Solar no Mundo

Geração e Potência Instalada Solar no Mundo - 2016

País	Geração (TWh)	% da Geração Total	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Expansão no Ano (GW)
1 China	66,2	1,1	78.070	13,2	34,5
2 Estados Unidos	56,8	1,3	40.300	18,6	14,7
3 Japão	49,5	4,9	42.750	14,9	8,6
4 Alemanha	38,2	5,9	41.275	10,8	1,5
5 Itália	22,9	8,1	19.279	13,7	0,4
6 Espanha	13,6	5,0	5.490	28,3	0,1
7 Índia	11,9	0,8	9.010	18,8	4,0
8 Reino Unido	10,3	3,1	11.727	11,0	2,0
9 França	8,3	1,5	7.130	13,8	0,6
10 Austrália	7,2	2,8	5.488	15,8	0,8
11 Coreia do Sul	5,2	0,9	4.350	15,2	0,9
12 Grécia	4,0	8,2	2.611	17,5	0,0
13 África do Sul	3,3	1,3	1.544	27,6	0,5
14 Canadá	3,1	0,5	2.715	13,4	0,2
15 Bélgica	3,0	3,6	3.422	10,1	0,2
Outros	29,7	0,4	26.313	14,6	6,3
Mundo	333,1	1,4	301.473	14,4	75,1
% do mundo	1,4		4,7		34,9

Uso da Energia Solar no Brasil

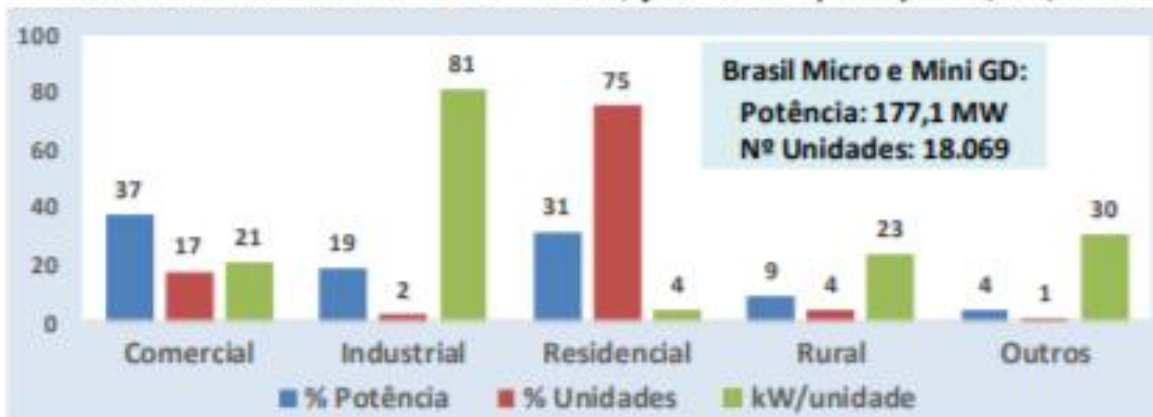
Instalações Solares no Brasil

Tipo de Registro na Aneel	MW			nº de Instalações		
	2015	2016*	2017**	2015	2016*	2017**
Outorga e Registro na ANEEL	21,2	23,0	311,7	24	42	60
Distribuída (telhado)***	10,8	61,7	126,6	1.250	7.811	15.609
Total	32,0	84,7	438,3	1.274	7.853	15.669

* dados de 30/12/2016 ** dados de 09/10/2017 *** Informação das Distribuidoras

** 177,1 MW e 18.069 usuários, se consideradas todas as fontes

Potência Instalada Micro e Mini GD, por Setor (MW) - 09/10/2017



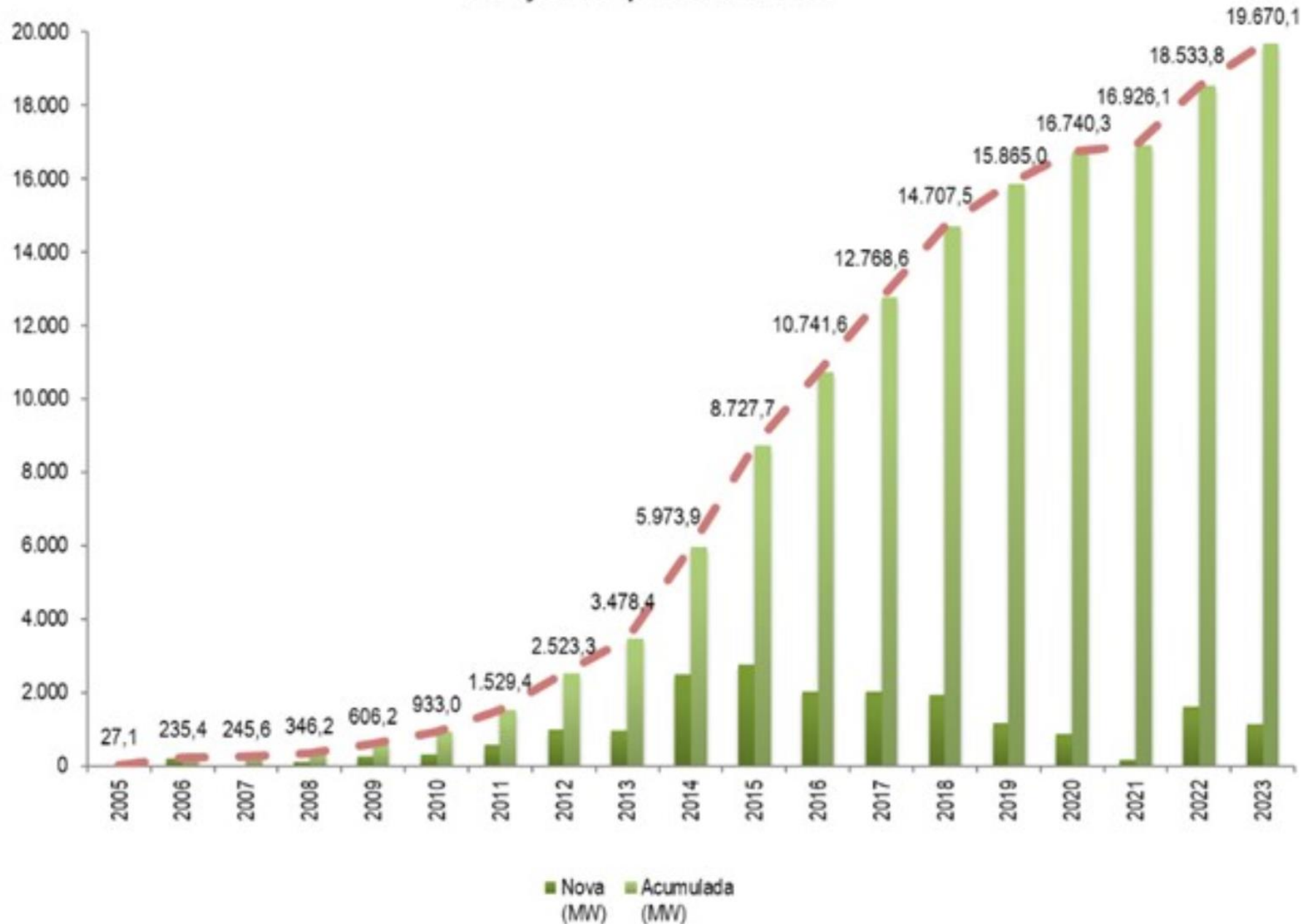
Energia Solar Direta

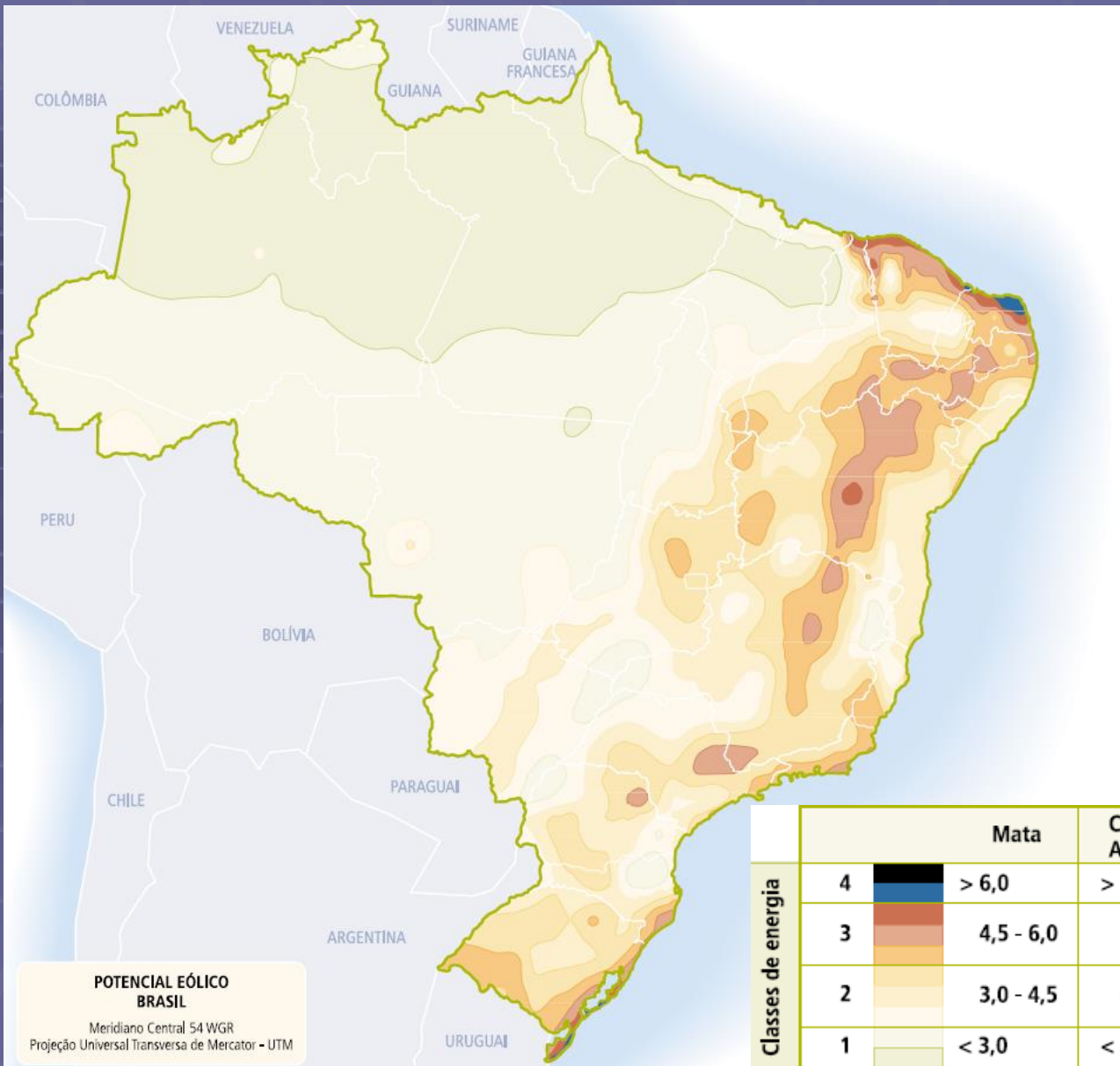
- Tecnologia em expansão; custo ainda elevado para grandes centrais geradoras
- Não ocorre a emissão de poluentes para o meio ambiente;
- Impactos ambientais resultantes da extração dos recursos naturais para a fabricação e montagem dos sistemas coletores.




Energia Eólica

- Julho de 1992 geração de energia elétrica a partir de turbinas eólicas, na ilha de Fernando de Noronha com uma turbina de 75 kW;
- A capacidade instalada no Brasil é de 15 GW, 601 parques eólicos, com 7 mil aerogeradores, espalhados em 12 estados.

Evolução da Capacidade Instalada





		Mata	Campo Aberto	Zona Costeira	Morro	Montanha
Classes de energia	4	 > 6,0	> 7,0	> 8,0	> 9,0	> 11,0
	3	 4,5 - 6,0	6,0 - 7,0	6,0 - 7,0	7,5 - 9,0	8,5 - 11,0
	2	 3,0 - 4,5	4,5 - 6,0	4,5 - 6,0	6,0 - 7,5	7,0 - 8,5
	1	 < 3,0	< 4,5	< 4,5	< 6,0	< 7,0

Regiões com Maior Potencial Eólico do País



Empreendimentos de Geração Eólica no Brasil

Energia Eólica

- Aspectos ambientais:
 - Projetos de demonstração indicam que as vibrações dos moinhos de vento podem produzir ruídos objetáveis;
 - A paisagem local é alterada;
 - Ocupação de grandes áreas para a instalação dos moinhos;
 - Morte de pássaros que colidem com as pás dos moinhos.

Biomassa

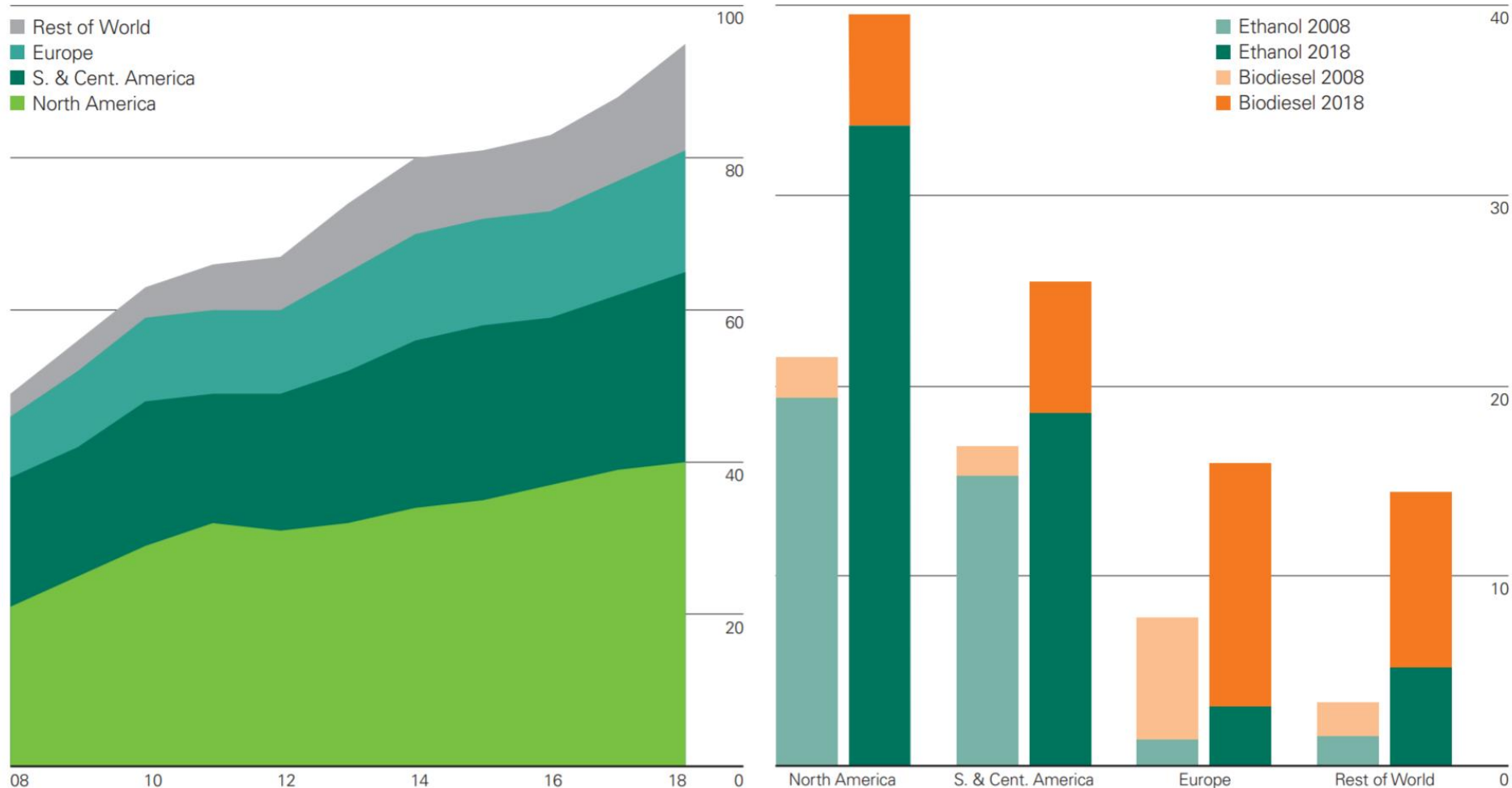
- Novo nome dado ao mais antigo combustível utilizado pelo Homem;
- Matéria orgânica pode ser queimada diretamente ou convertida para uma forma mais conveniente e depois queimadas para o aproveitamento da energia.
- Até o final do século XIX a madeira foi a principal fonte de energia em todo o Mundo.

USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO MUNDO

(fonte: BP Statistical Review, 2019)

World biofuels production

Million tonnes oil equivalent



Biofuels production growth averaged 9.7% in 2018, the highest growth since 2010 and slightly above the 10-year average. Brazil (3.1 mtoe) and Indonesia (2.2 mtoe) together accounted for almost two thirds of global growth (8.5 mtoe). By fuel, ethanol production in 2018 totalled 60.4 mtoe with North America accounting for 56%. Biodiesel production in 2018 amounted to 34.9 mtoe with Europe representing 37%.

Biomassa

- Fontes de biomassa combustível incluem os produtos florestais e agrícolas, lixo urbano que pode ser incinerado, lixívia proveniente da produção de celulose;
- No Brasil uma grande fonte de biomassa para combustível são as culturas de cana-de-açúcar, que fornecem o etanol utilizado nos automóveis e o bagaço da cana;
- Atualmente tem sido bastante pesquisada a produção de biodiesel.