GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

João Martins (jf.martins@fct.unl.pt)

Faculdade de Ciências e Tecnologia

(MEER + MERCEUS)

NOTA PRÉVIA...

- Estas apresentações têm por **único** objectivo constituir um elemento base de apoio às aulas teóricas da disciplina de GESTÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA dos cursos MIEEC e MEER da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade NOVA de Lisboa. Constituem assim uma base de trabalho para os alunos da disciplina, que no entanto são vivamente aconselhados a consultar a bibliografia recomendada, ou outra, dentro do domínio específico.
- Os apontamentos foram elaborados tendo por fonte a bibliografia recomendada para a disciplina.
- A figuras e fotos (quando não originais) foram retiradas da bibliografia recomendada para a disciplina.

Gestão de Energia Elétrica

- Introdução
- Energia
- Panorama atual (um mundo em constante crescimento...)
- Panorama atual (um mundo em constante crescimento... Mas mesmo assim com grandes deficiências...)
- Perspetivas de futuro
- Áreas de intervenção

Objetivos

- Entender a importância e dimensão da energia
- Perspetivar o panorama atual
- Entender os vários cenários energéticos
- Enquadrar as diferentes opções

INTRODUÇÃO



ENERGIA SEGURA, LIMPA E EFICIENTEMENTE UTILIZADA?

- Factos:
  - O consumo de energia subiu 45% desde 1980
  - Prevê-se que em 2100 este consumo seja 3 vezes maior do que o consumo atual
  - Os paises emergentes estão a aproximar-se dos niveis de consumo dos paises desenvolvidos





UTILIZAÇÃO DE RECURSOS

TODAS ENERGIAS RENOVÁVEIS



UTILIZAÇÃO DE RECURSOS



ENERGIA



O QUE É A ENERGIA?

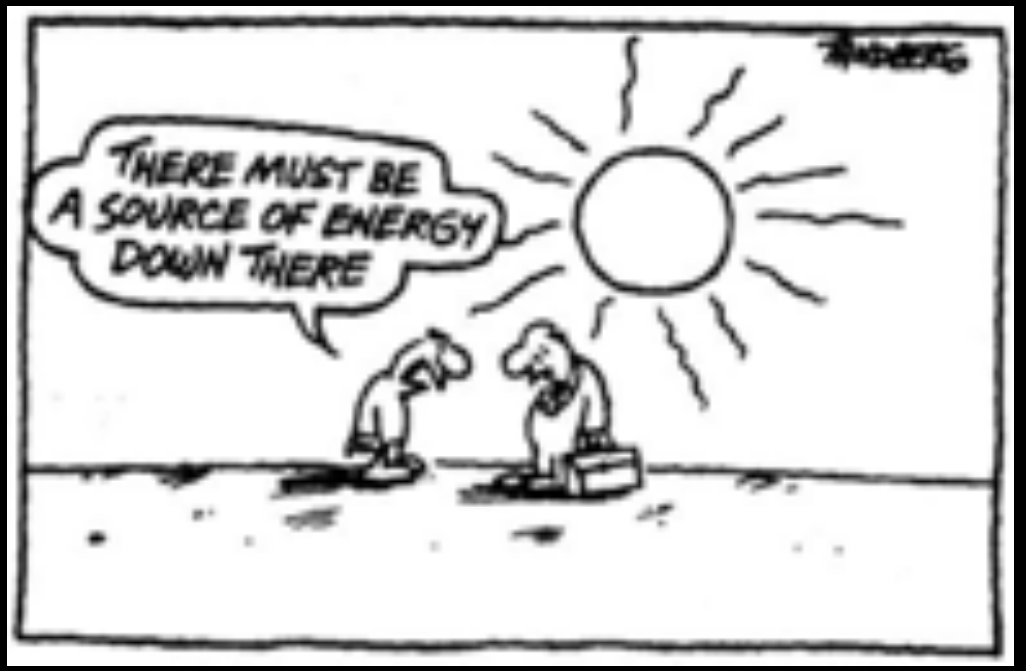
- Quantidade escalar que caracteriza a capacidade de um sistema físico para realizar trabalho, e que é conservada para qualquer transformação do sistema.
  (Fonte: ELECTROPEDIA.ORG IEC 60050 – Vocabulário Internacional Electrotécnico)

- A energia existe sob diversas formas que se podem transformar entre elas...

O QUE É A ENERGIA?

- Aquilo que serve para provocar calor, luz, trabalho...

- Formas de energia:
  - Energia mecânica
  - Energia potencial
  - Energia cinética
  - Energia química
  - Energia nuclear
  - Energia eletromagnética
  - Energia radiante
  - Energia térmica



O QUE É A ENERGIA?

Forma de Energia	Exemplos
Energia potencial	Hídrica
Energia cinética	Ventos, marés
Energia térmica	Geotermia
Energia radiante	Solar
Energia química	Petróleo, gás, biomassa
Energia nuclear	Urânio

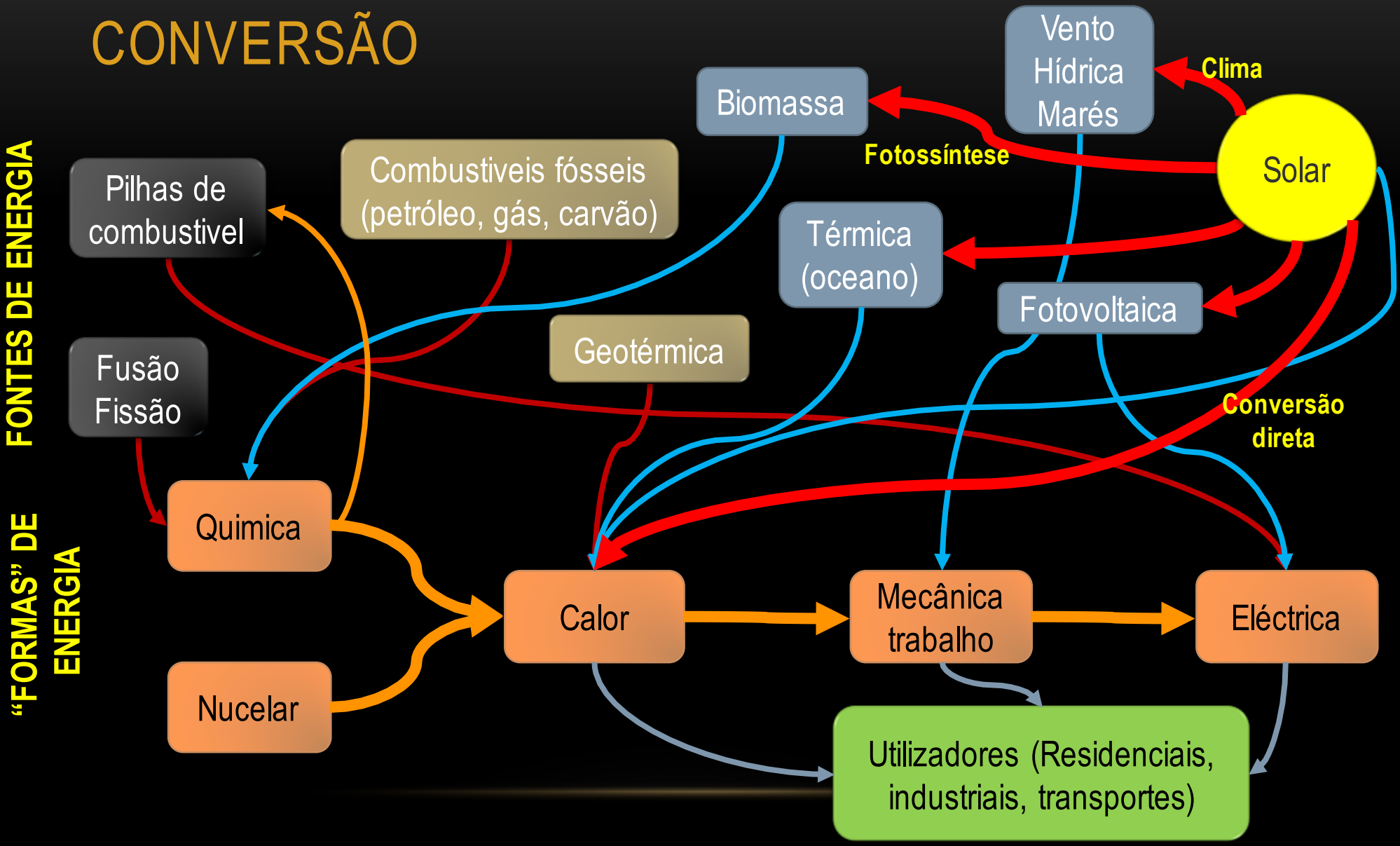
O QUE É A ENERGIA?



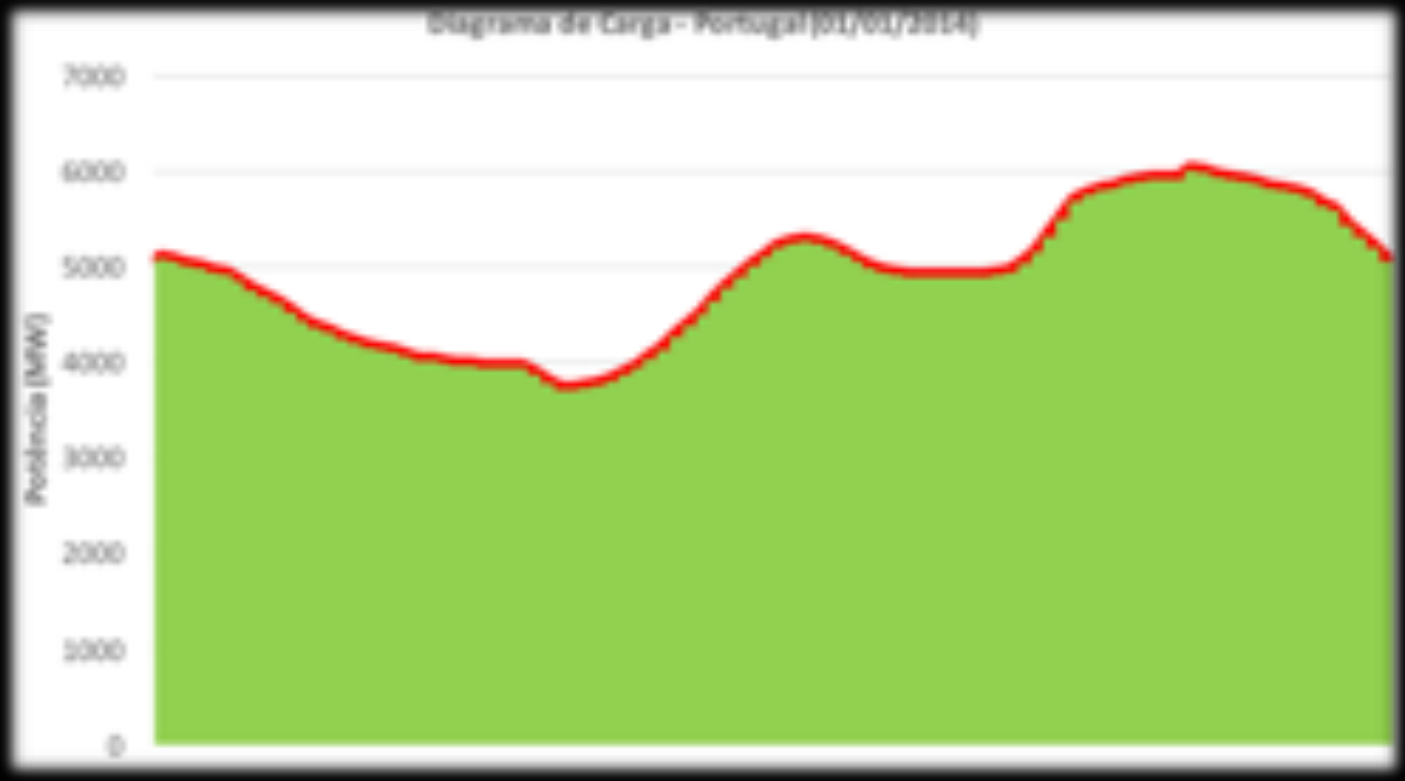
- **Energia Primária**
  - Fontes de energia
- **Energia Final**
  - Transformação de energia
- **Energia Util**
  - Conversão de energia
- **Energia Produtiva**
  - Utilização de energia



FONTES DE ENERGIA E PROCESSOS DE CONVERSÃO



ENERGIA VERSUS POTÊNCIA

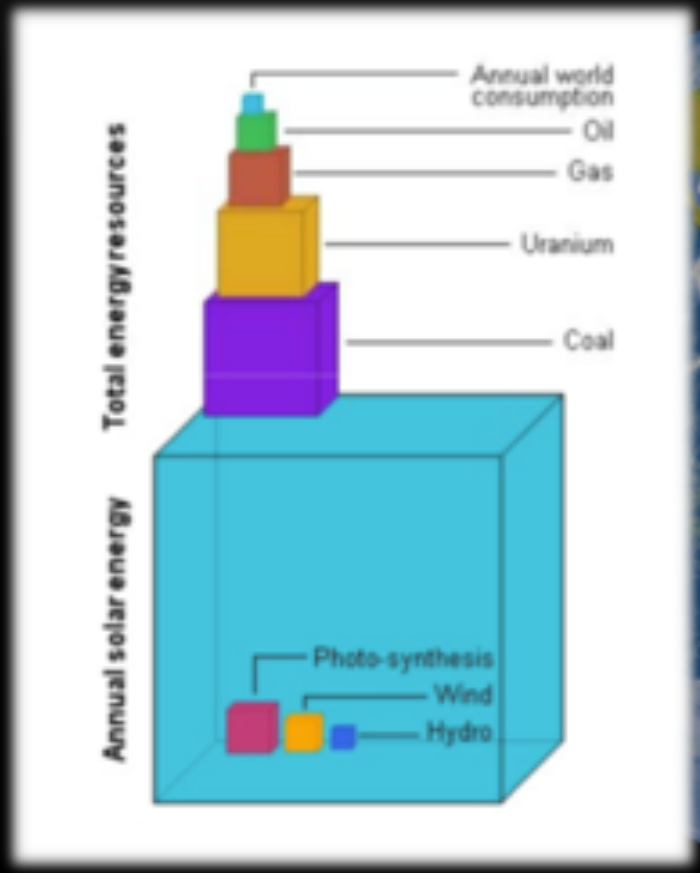


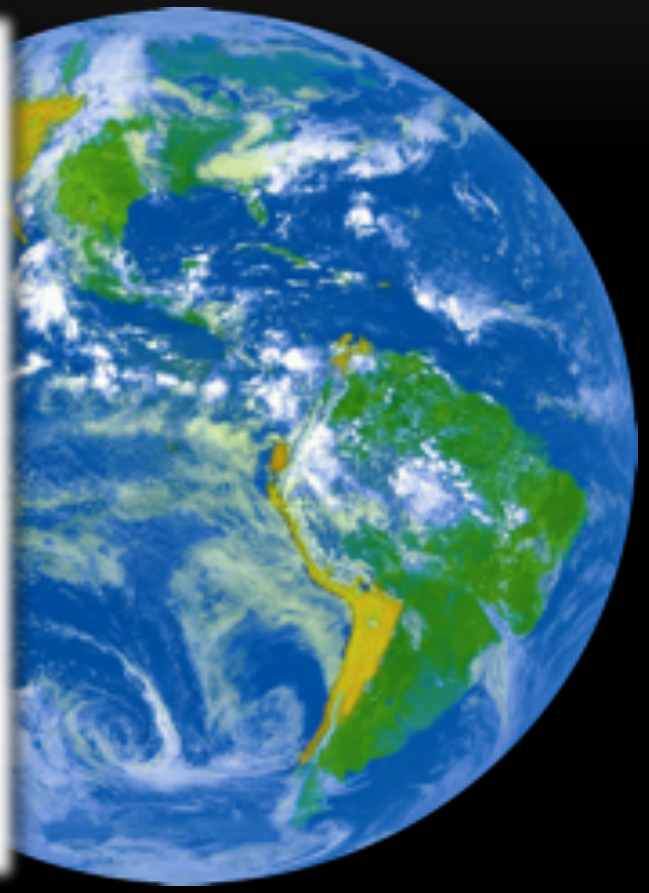
Fonte: REN

ESCALA DE POTÊNCIA

Equipamento	Potência típica [W]
Telemóvel	2
Computador portátil	10
Corpo humano	100
CV	735
Secador de cabelo	1500
Automóvel	130×10^3
Turbina eólica	2×10^6
Avião (Boeing 757)	5×10^6
Central de produção de energia elétrica	1×10^9
Potência entregue pelo Sol à Terra	174×10^{15}

OS RECURSOS ENERGÉTICOS "EM POUCAS PALAVRAS"





Fonte: World Energy Council
Foto: NASA

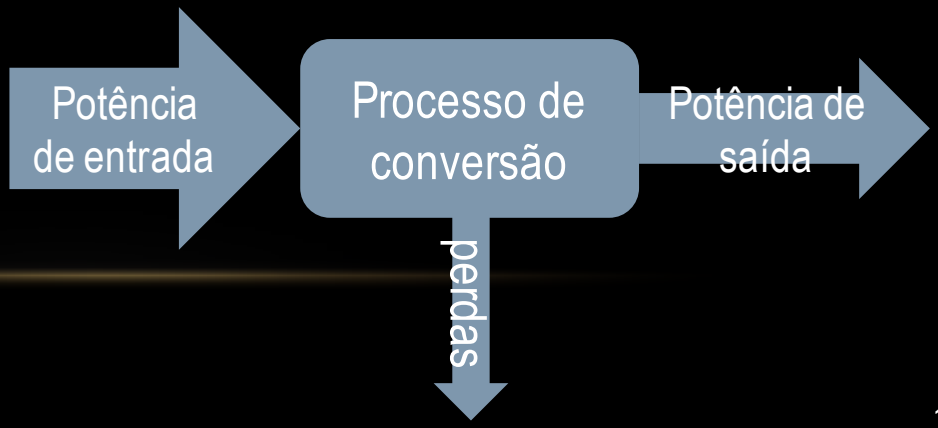
MÉTRICAS

FONTES DE ENERGIA	MÉTODOS DE CONVERSÃO
Densidade de Energia (energia/volume)	Eficiência
Energia Especifica (energia/massa)	Emissões de CO_2
Estado	Utilização de recursos (água...)
Impurezas	Utilização de espaço (território...)
Custo associado	Custo associado

EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO (MÉTRICA FUNDAMENTAL)

- Electrical and magnetic devices / Behaviour and use
- **Efficiency: ratio of output power to input power of a device**
- Note – If the output power and/or input power is electric, active power is meant.

(Fonte: ELECTROPEDIA.ORG IEC 60050 – Vocabulário Internacional Electrotécnico)



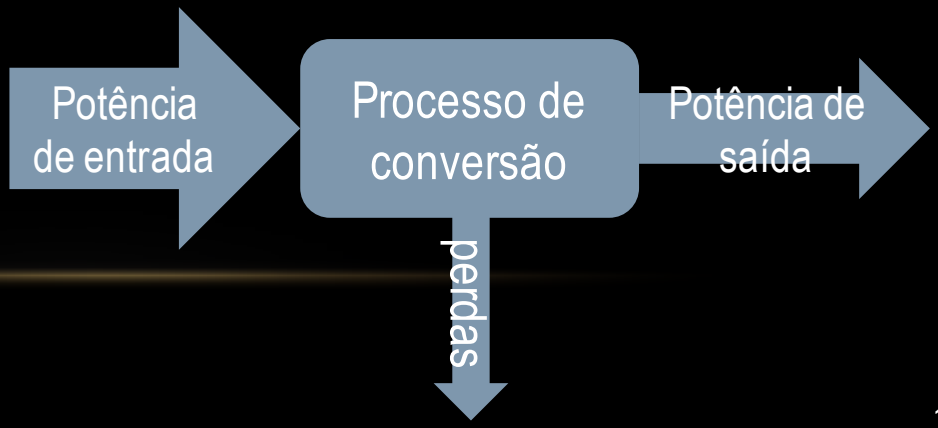
EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO (MÉTRICA FUNDAMENTAL)

- Quando se produz trabalho...

$$\eta = \frac{\text{Potência de saida}}{\text{Potência de entrada}}$$

- Quando se produzem vetores de energia...

$$\eta = \frac{\text{Contéudo energético do produto de saida}}{\text{Contéudo energético do produto bruto}}$$



UNIDADES DE ENERGIA

- **Tonelada equivalente de petróleo (tep)**
  - Corresponde ao calor libertado na combustão de uma tonelada de petróleo cru, aproximadamente 42×10^9 J
  - ***1 kWh corresponde a $8{,}9 \times 10^{-5}$ tep***



COEFICIENTES DE REDUÇÃO A TEP (COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS EM TONELADAS)

Combustivel	Coeficiente de redução (tep/t)
Petróleo bruto	1,007
Gases de petróleo liquefeitos	1,140
Gás de refinaria	1,130
Gasolina	1073
Petróleo e gasóleo	1,045
Thick fuelóleo	0,969
Thin fuelóleo	0,984
White Spirit	0,950
Gasolina Pesada	1,073
Lubrificantes, betume, perafina e outros	0,950

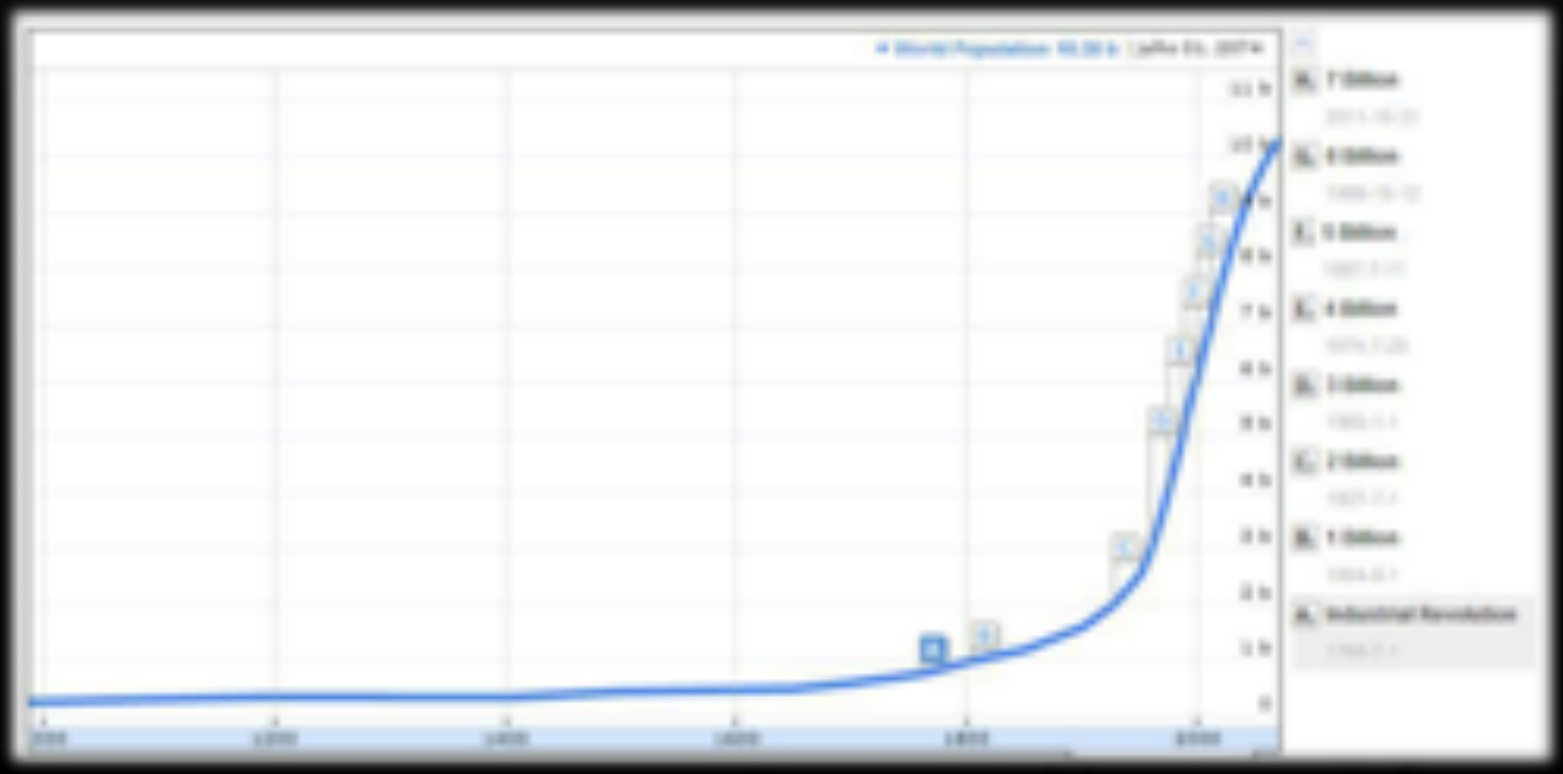
COEFICIENTES DE REDUÇÃO A TEP (COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS EM LITROS)

Combustivel	Redução
1000 litros de gasóleo	0,835 tep
1000 litros de petróleo	0,785 tep
1000 litros de gasolina super	0,750 tep
1000 litros de gasolina normal	0,720 tep
Gás natural	0,91 tep / 103 m^3
Gas da cidade, gás de coque	0,42 tep / 103 m^3
Gás de alto forno	0,09 tep / 103 m^3

PANORAMA ATUAL (UM MUNDO EM CONSTANTE CRESCIMENTO...)



AUMENTO DA POPULAÇÃO MUNDIAL AO LONGO DO TEMPO



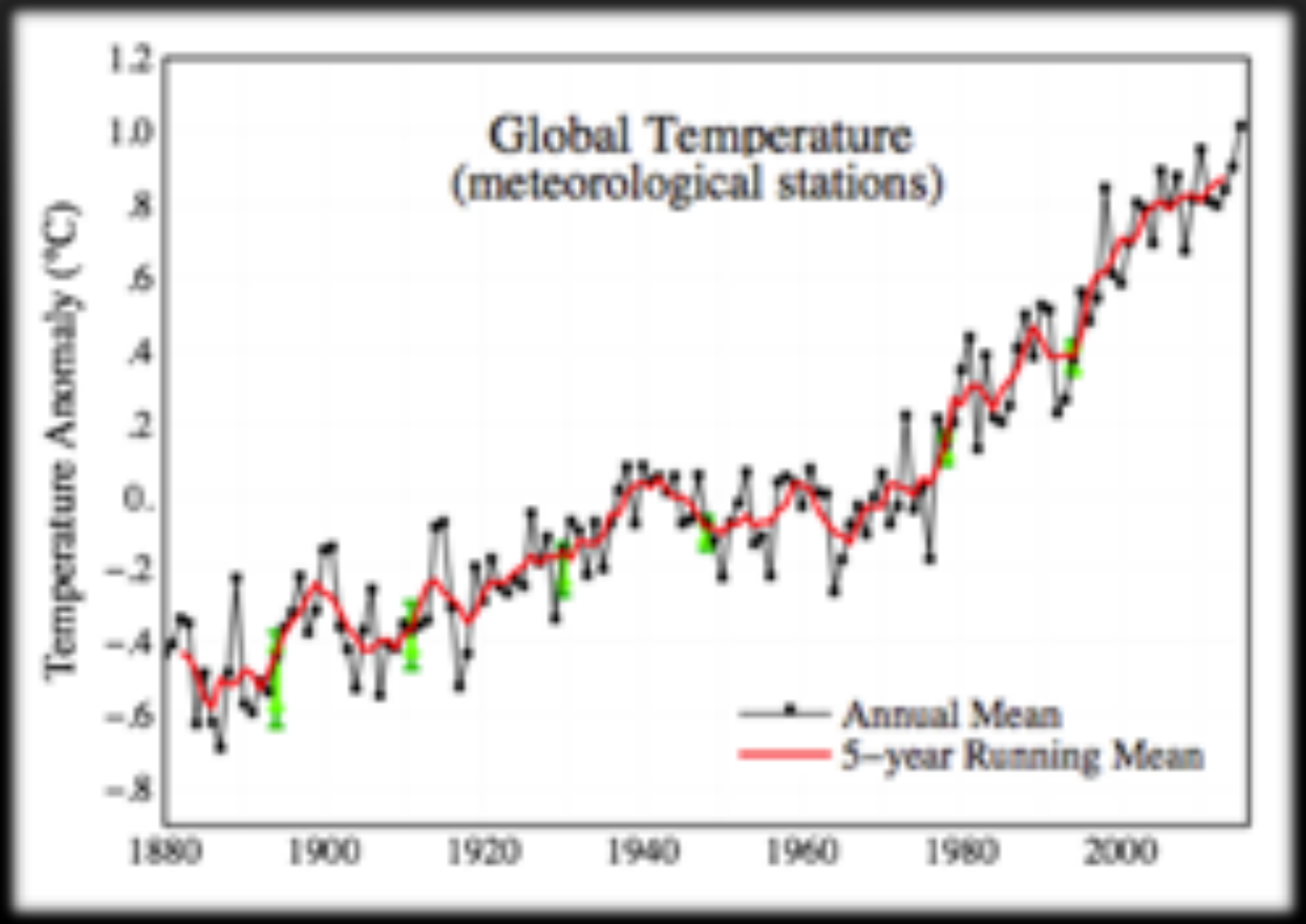
Fonte: worldometers.info

AUMENTO DAS EMISSÕES DE CO_2, AO LONGO DO TEMPO, NAS VARIAS REGIÕES



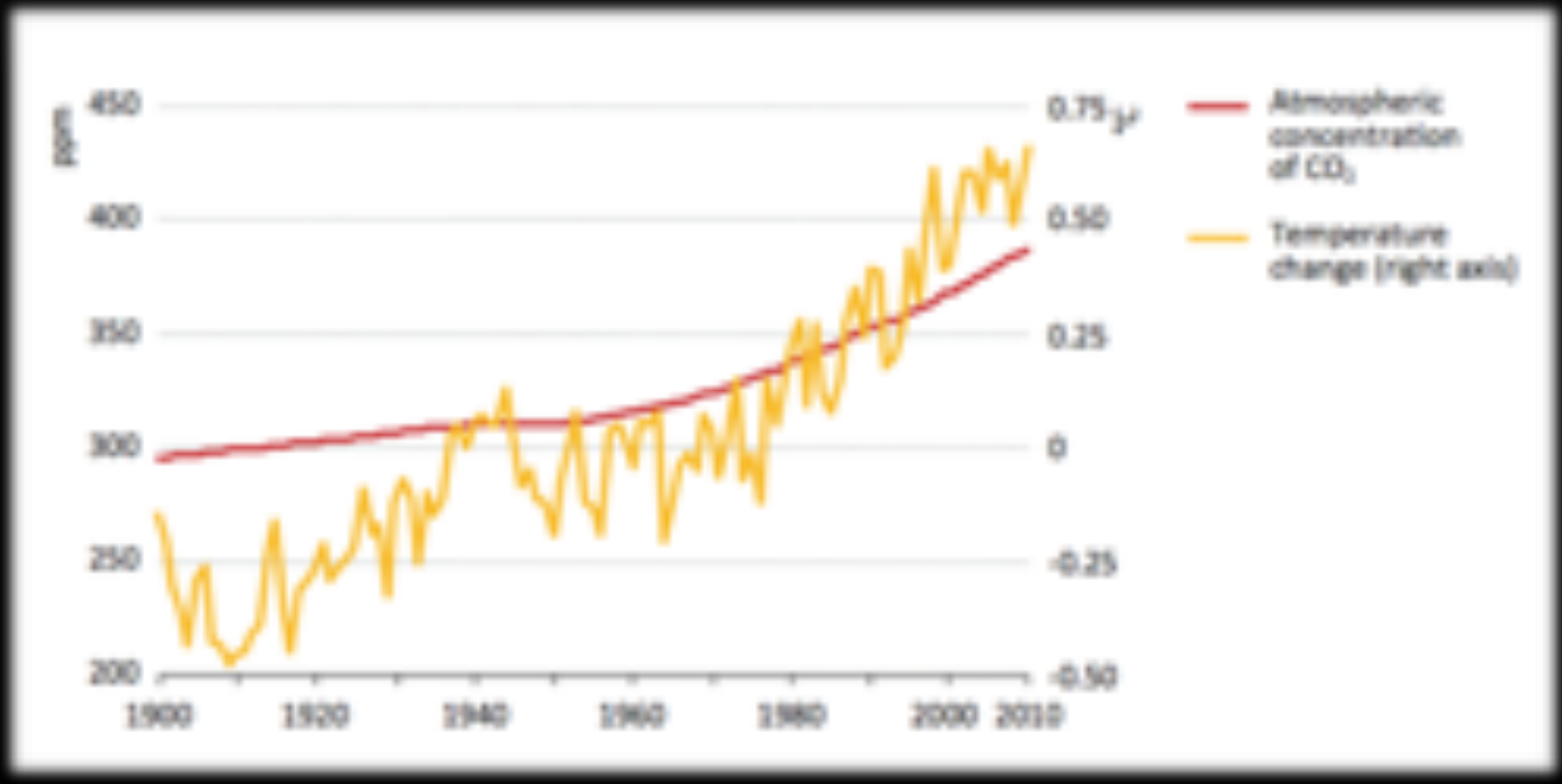
Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

AUMENTO DA TEMPERATURA AO LONGO DO TEMPO



Fonte: GISTEMP Team, 2016: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP). NASA Goddard Institute for Space Studies. http://data.giss.nasa.gov/gistemp/.

AUMENTO DA TEMPERATURA, E DA CONCENTRAÇÃO DE CO_2, AO LONGO DO TEMPO



Fonte: World Energy Outlook Special Report 2013: Redrawing the Energy Climate Map

PANORAMA ATUAL (UM MUNDO EM CONSTANTE CRESCIMENTO... MAS MESMO ASSIM COM GRANDES DEFICIÊNCIAS...)

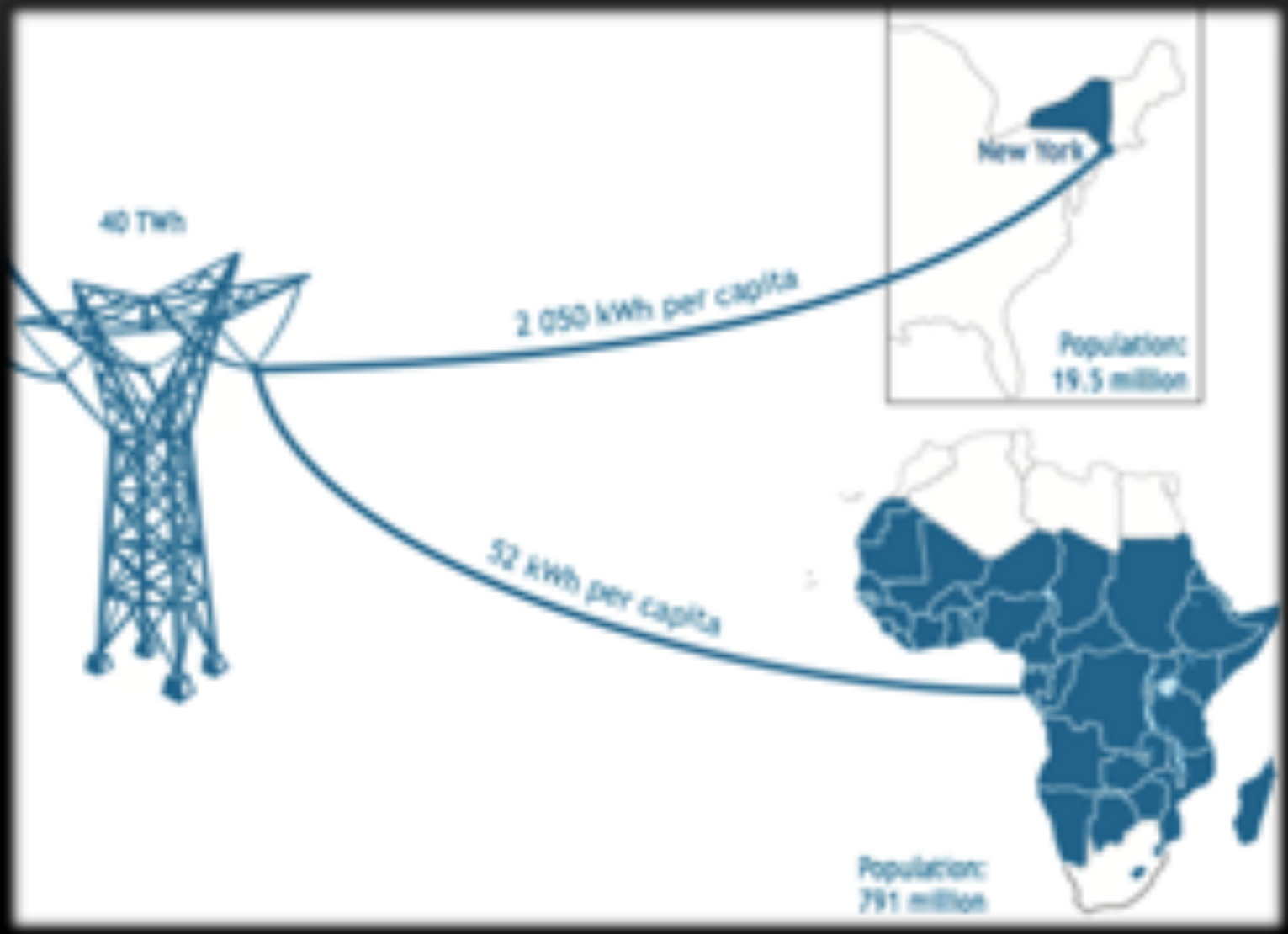


NÚMERO DE PESSOAS SEM ACESSO A ELETRICIDADE



Fonte: World Energy Outlook 2010

NÚMERO DE PESSOAS SEM ACESSO A ELETRICIDADE



NÚMERO DE PESSOAS SEM ACESSO A ELETRICIDADE

Table 8.2 • Targets in the Universal Modern Energy Access Case

	2015		2030	
	Rural	Urban	Rural	Urban
Access to electricity	Provide 257 million people with electricity access	100% access to grid	100% access, of which 30% connected to the grid and 70% either mini-grid (75%) or off-grid (25%)	100% access to grid

NÚMERO DE PESSOAS SEM ACESSO A ELETRICIDADE

$312 bilhões— custo dos subsídios ao consumo de combustíveis fósseis em 2009.

$57 bilhões— custo do apoio dado a energias renováveis em 2009.

$36 bilhões por ano — custo para acabar com a pobreza global por volta de 2030.

Acrescentando menos de 2% às tarifas de eletricidade, nos países da OCDE, conseguir-se-ia angariar dinheiro suficiente para fornecer eletricidade à população global em 20 anos.

WEO2010

NÚMERO DE PESSOAS SEM ACESSO A ELETRICIDADE



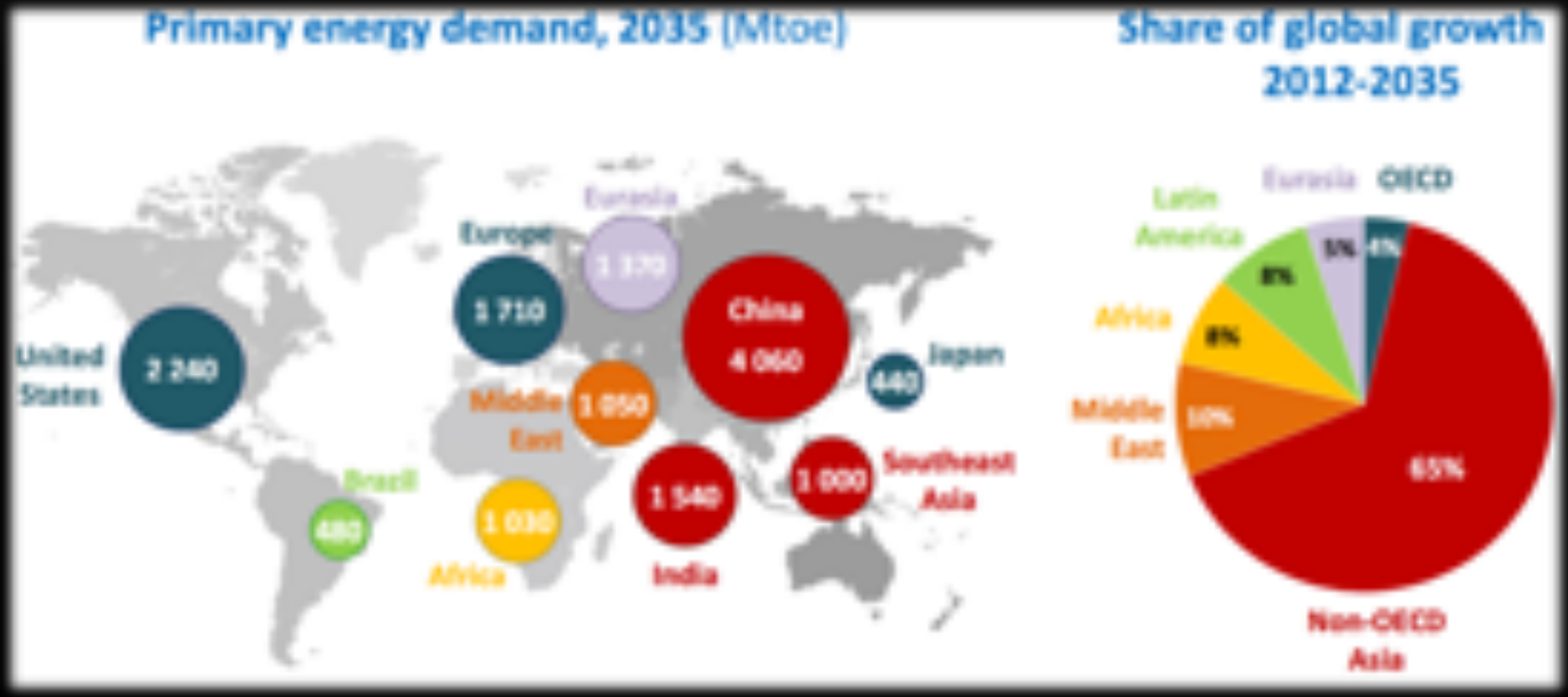
PROCURA DE ENERGIA PRIMÁRIA



- Hoje a percentagem de combustíveis fósseis no mix total é de 82%, valor igual ao que era há 25 anos atrás...
- O crescimento das renováveis só reduzirá este valor para 75%, em 2035 !!!

Fonte: World Energy Outlook 2013

PROCURA DE ENERGIA PRIMÁRIA



Fonte: World Energy Outlook 2013

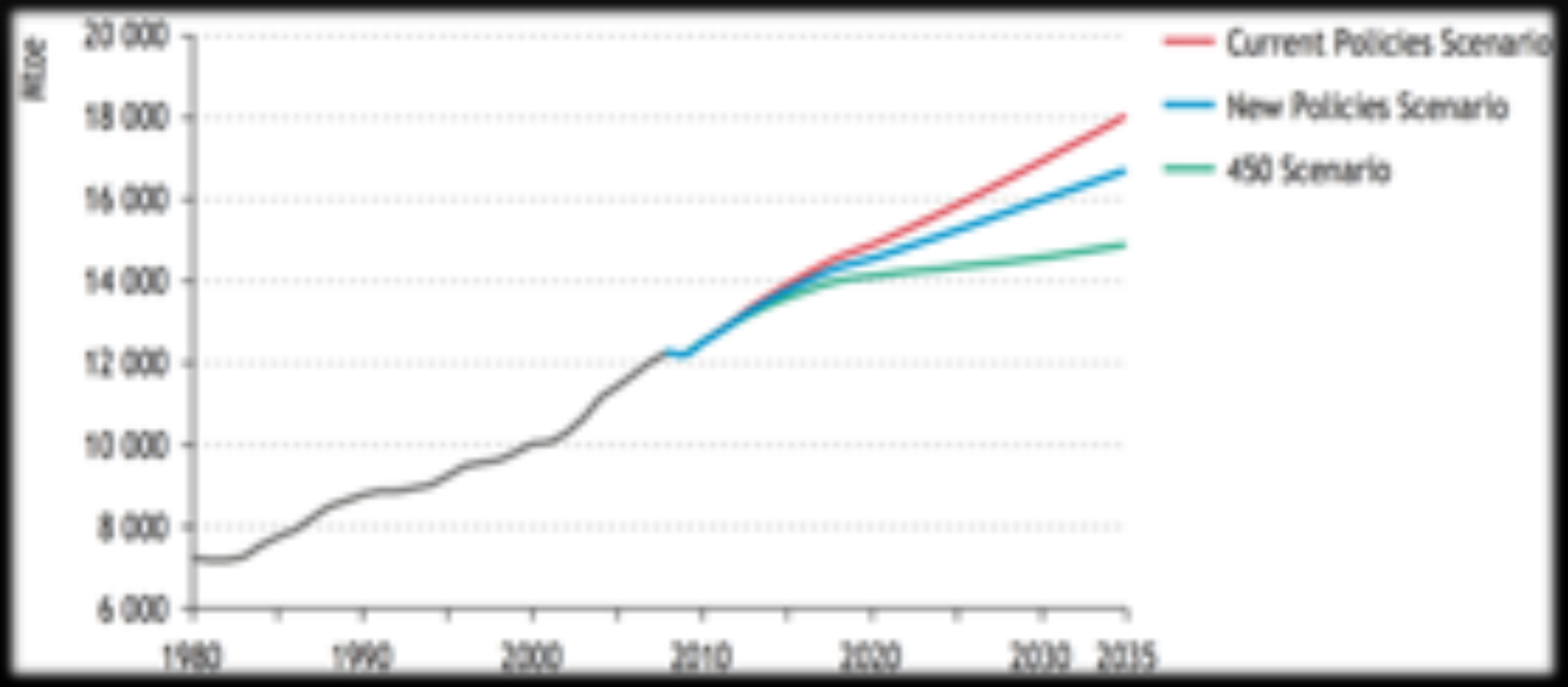
PERSPETIVAS DE FUTURO



PERSPECTIVAS DE FUTURO / WORLD ENERGY OUTLOOK 2010

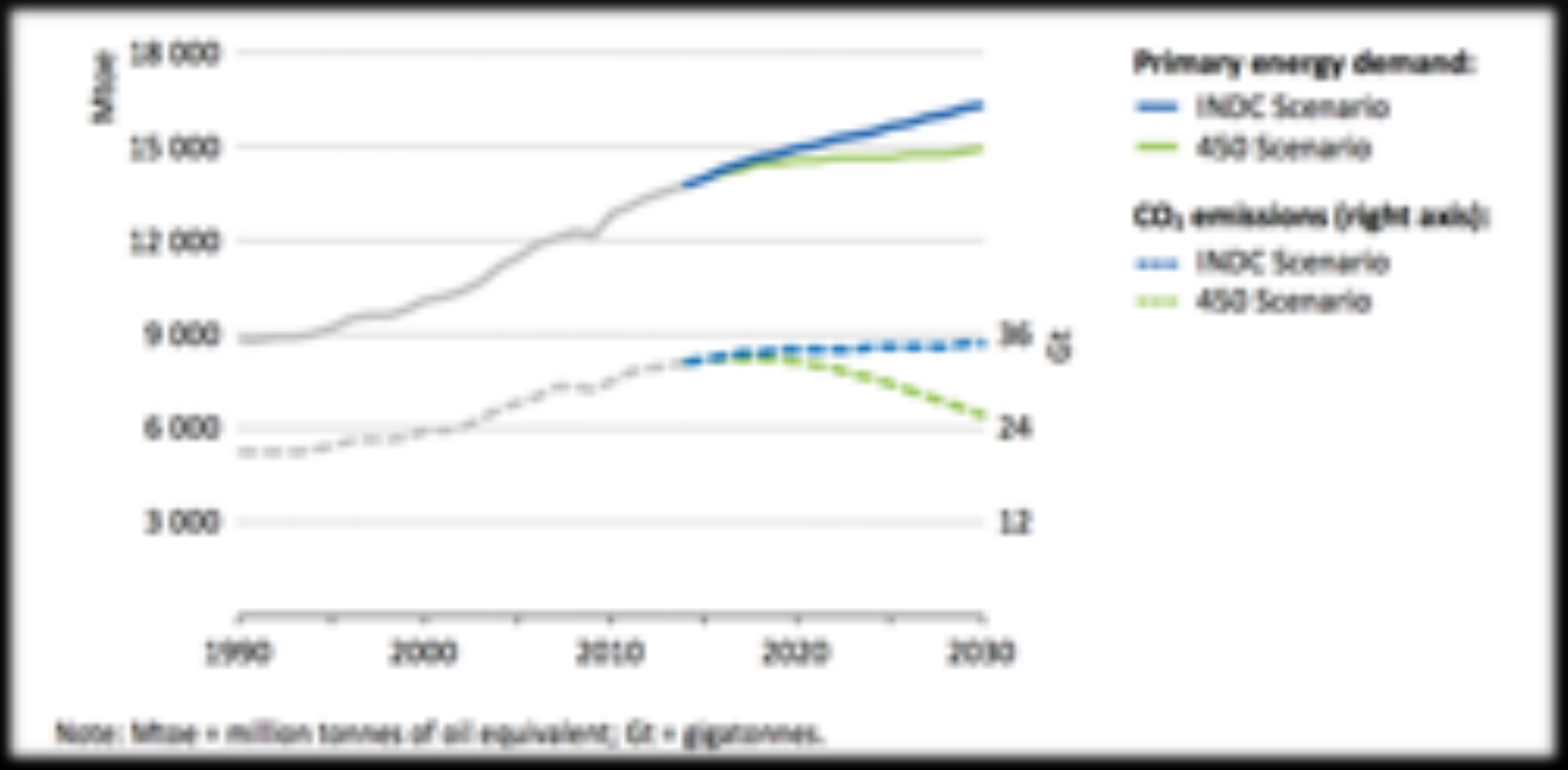
- **Current Policies Scenario** (anteriormente chamado Reference Scenario)
  - Não se consideram alterações nas politicas existentes em 2010
- **New Policies Scenario**
  - Toma em consideração os compromissos anunciados pelos paises ... Re-designado no WEO2015 como **Intended Nationally Determined Contributions (INDCs)**
- **450 Scenario**
  - Considera um cenário consistente com o objectivo de limitar um aumento global de temperatura de 2ºC, limitando a concentração de gases de efeito de estufa na atmosfera a cerca de 450 partes por milhão de CO^2.

PROCURA DE ENERGIA PRIMÁRIA POR CENÁRIO



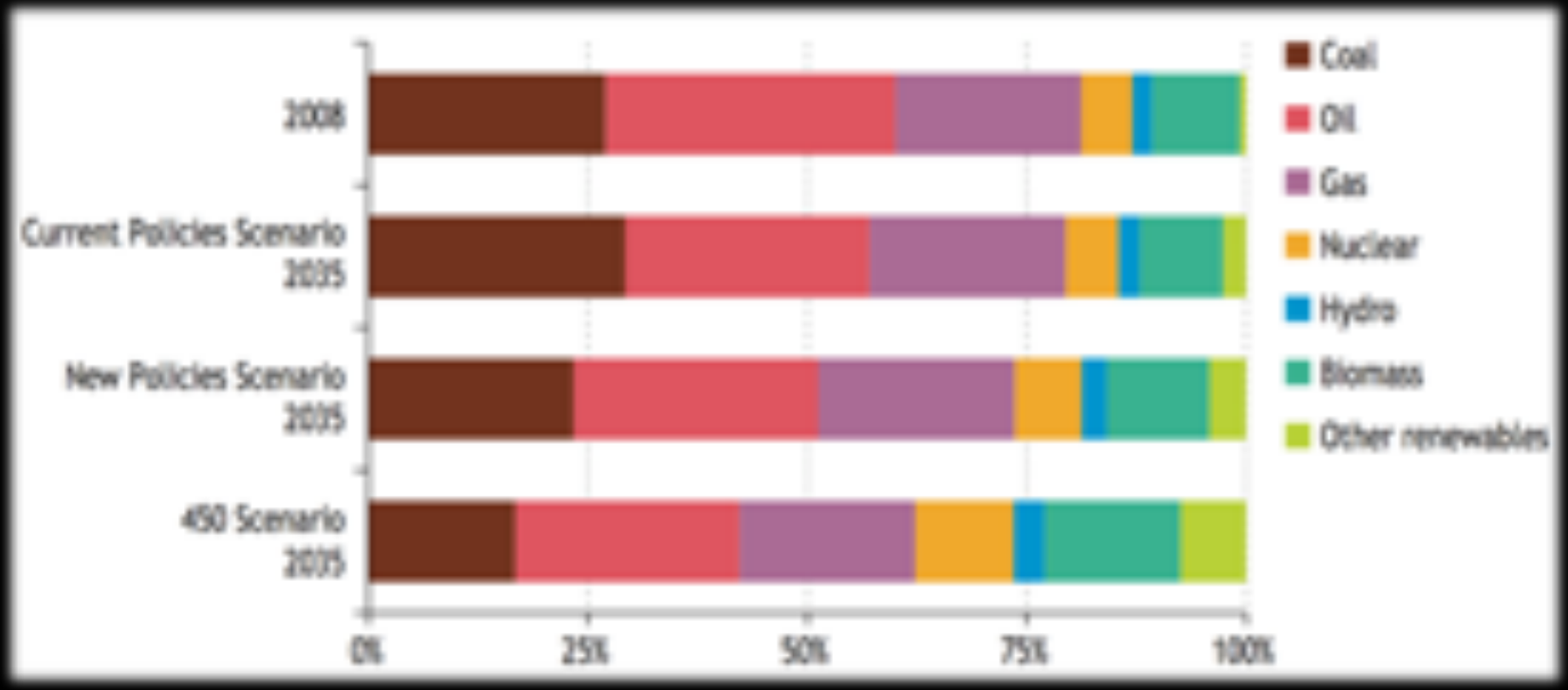
Fonte: World Energy Outlook 2013

PROCURA DE ENERGIA PRIMÁRIA, E EMISSÕES DE CO_2 RELACIONADAS, POR CENÁRIO



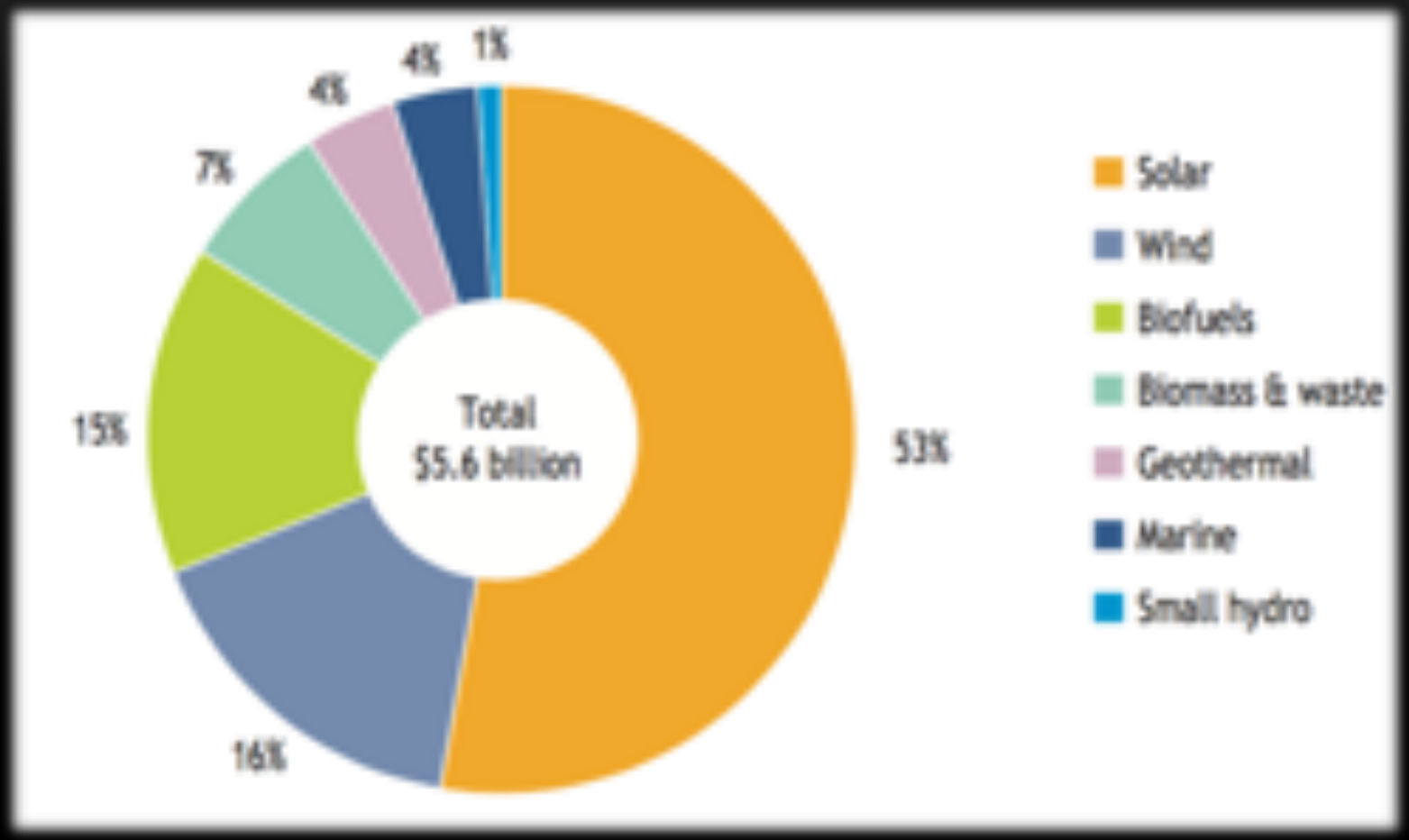
Fonte: World Energy Outlook 2015

PERCENTAGEM DAS VÁRIAS FONTES DE ENERGIA PRIMÁRIA NA PROCURA, POR CENÁRIO



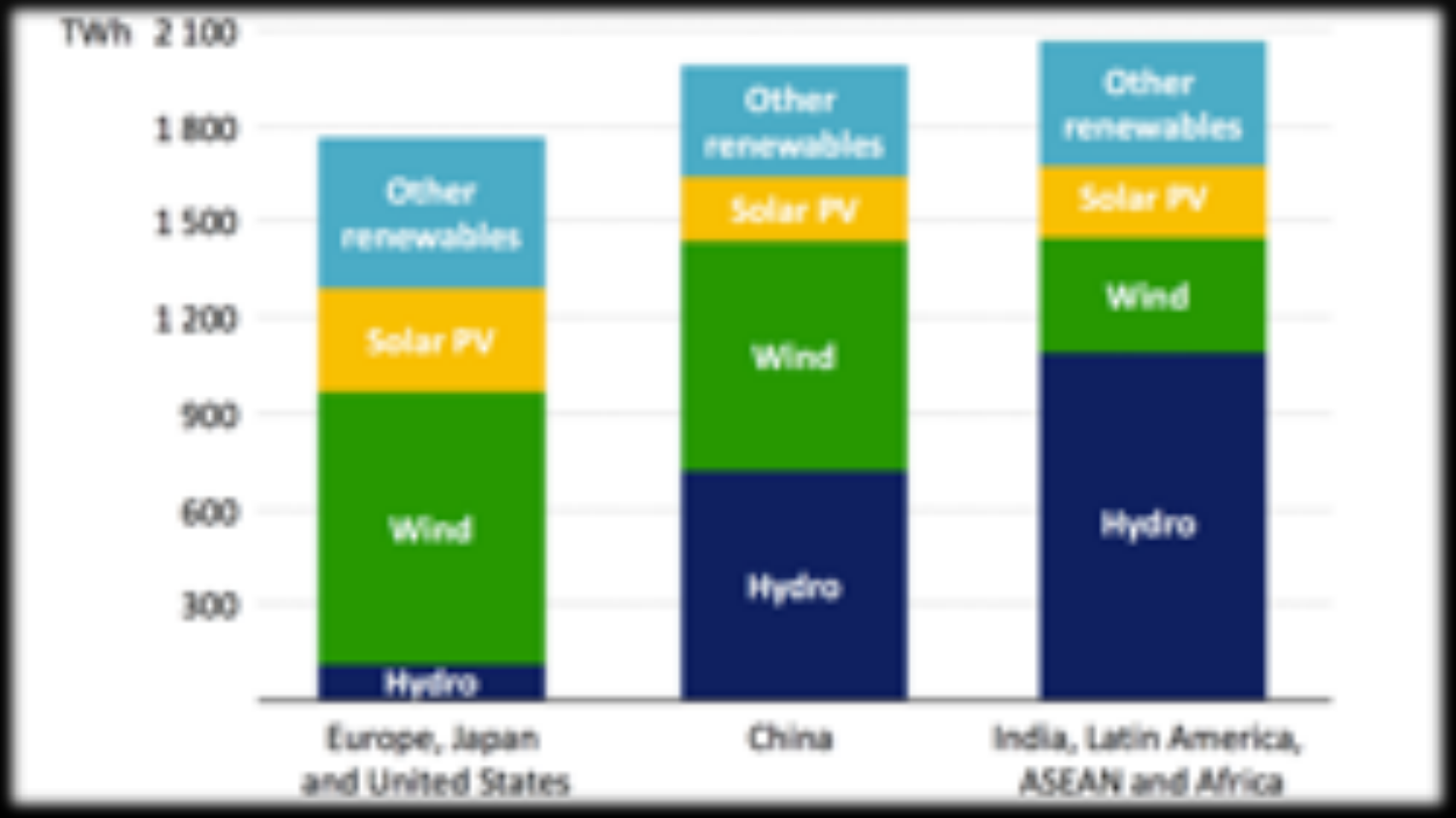
Fonte: World Energy Outlook 2013

INVESTIMENTO GLOBAL EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NA AREA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS, EM 2009



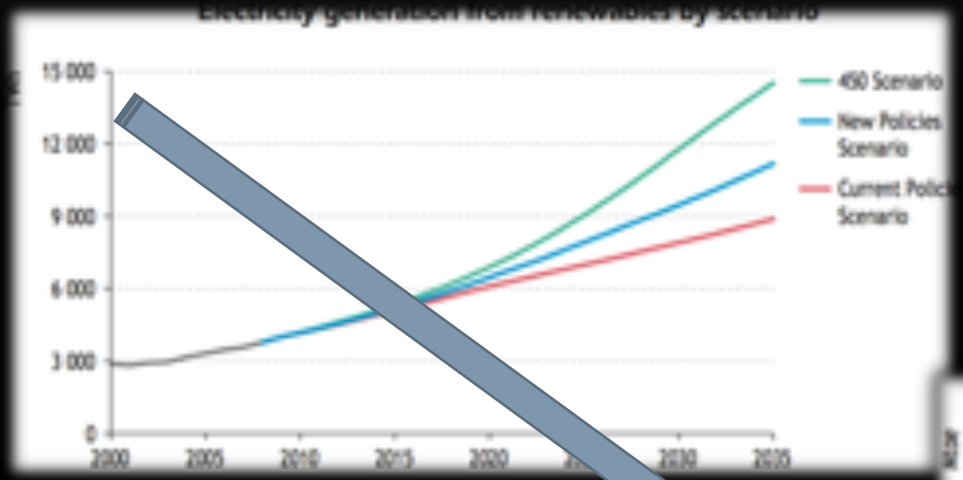
Fonte: World Energy Outlook 2013

AUMENTO NA GERAÇÃO RENOVÁVEL DE ELETRICIDADE (2011-2035)



Fonte: World Energy Outlook 2013

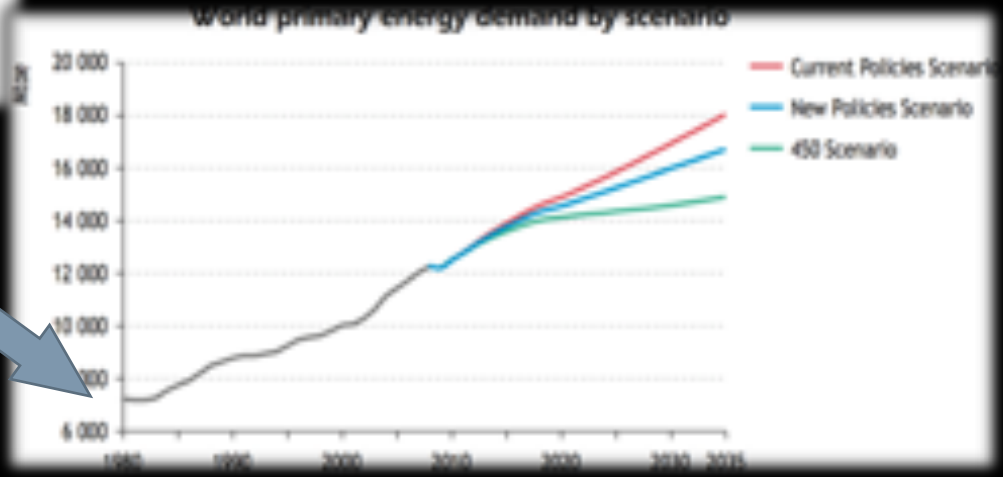
AUMENTO NA GERAÇÃO RENOVÁVEL DE ELETRICIDADE (2011-2035)



1 kWh corresponde a 290 x 10^{-6} tep

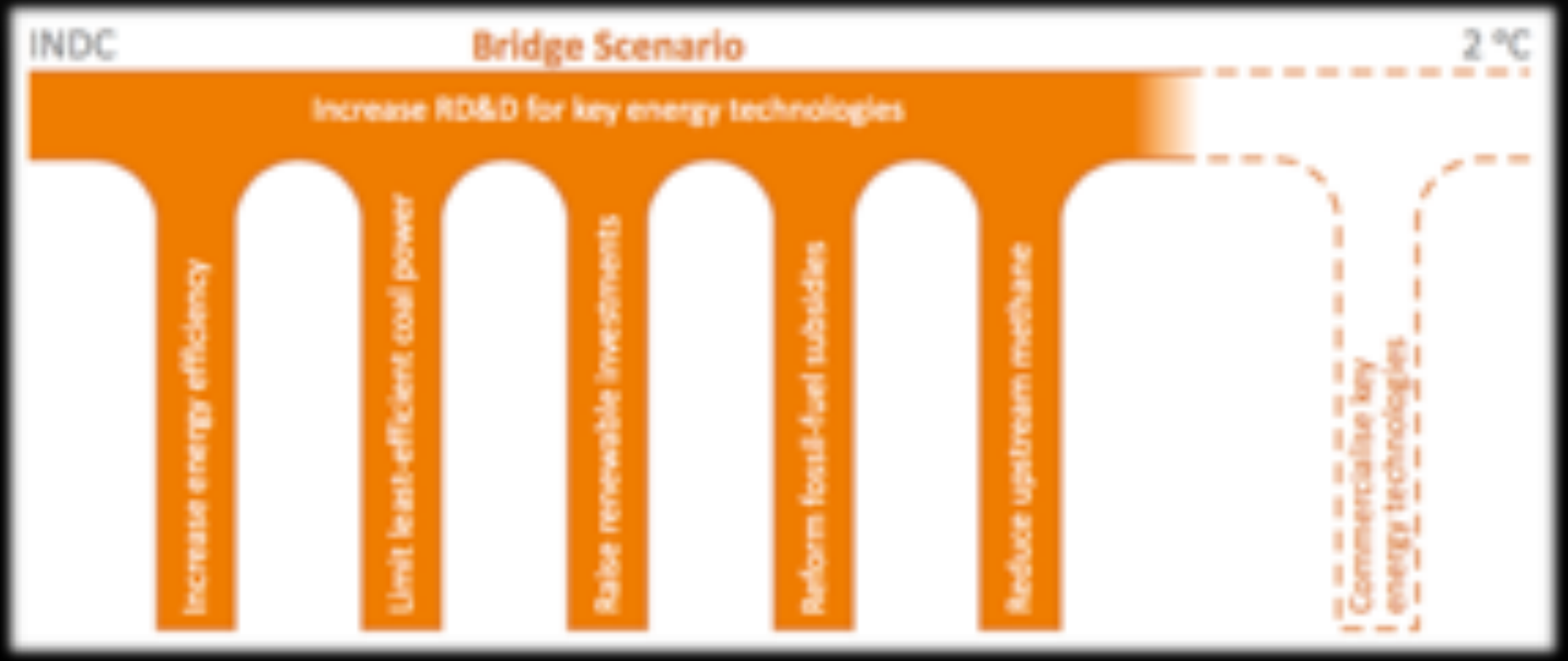
15000 TWh = 4350 Mtep

Cerca de 25% ...



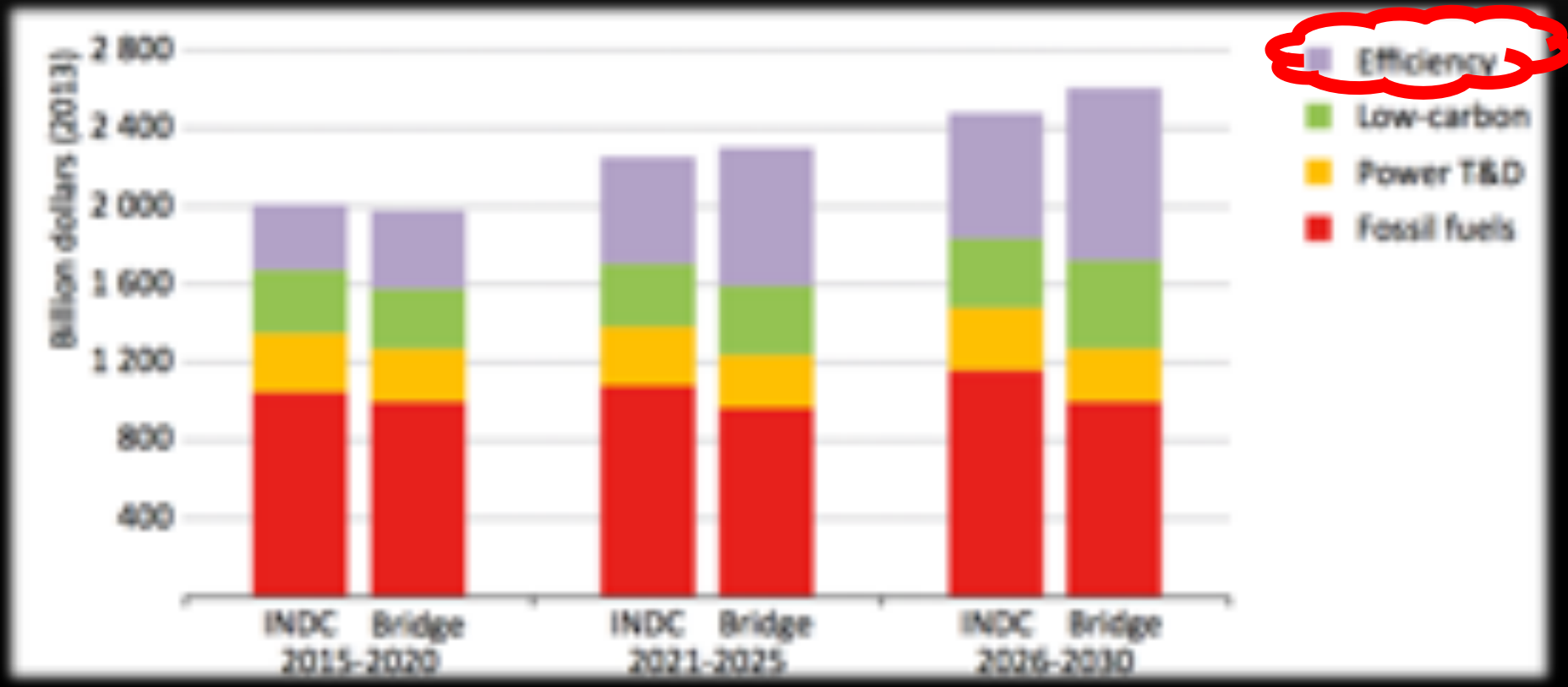
Fonte: World Energy Outlook 2013

PERSPECTIVAS DE FUTURO / WORLD ENERGY OUTLOOK 2015 (BRIDGE SCENARIO)



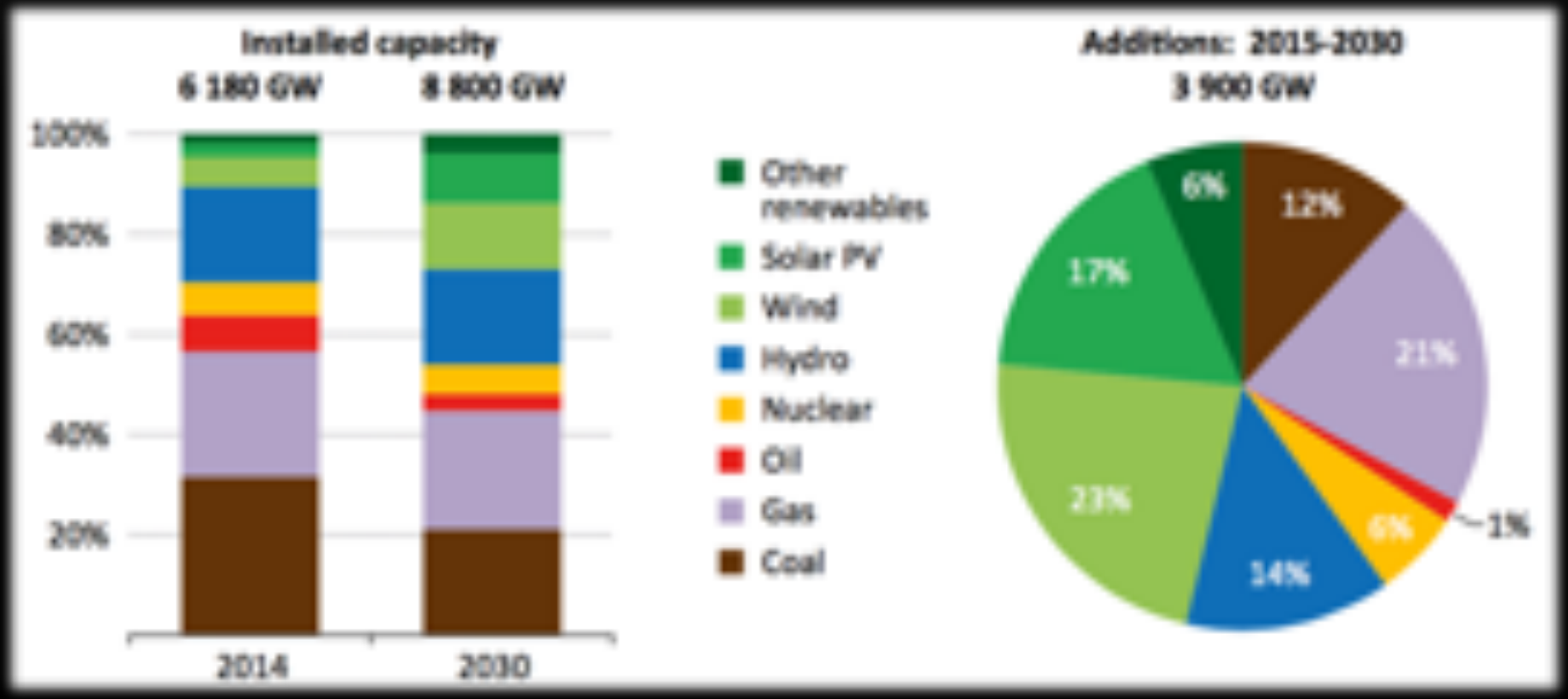
Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

INVESTIMENTO MÉDIO GLOBAL NO SETOR ENERGÉTICO, POR TIPO E POR CENÁRIO



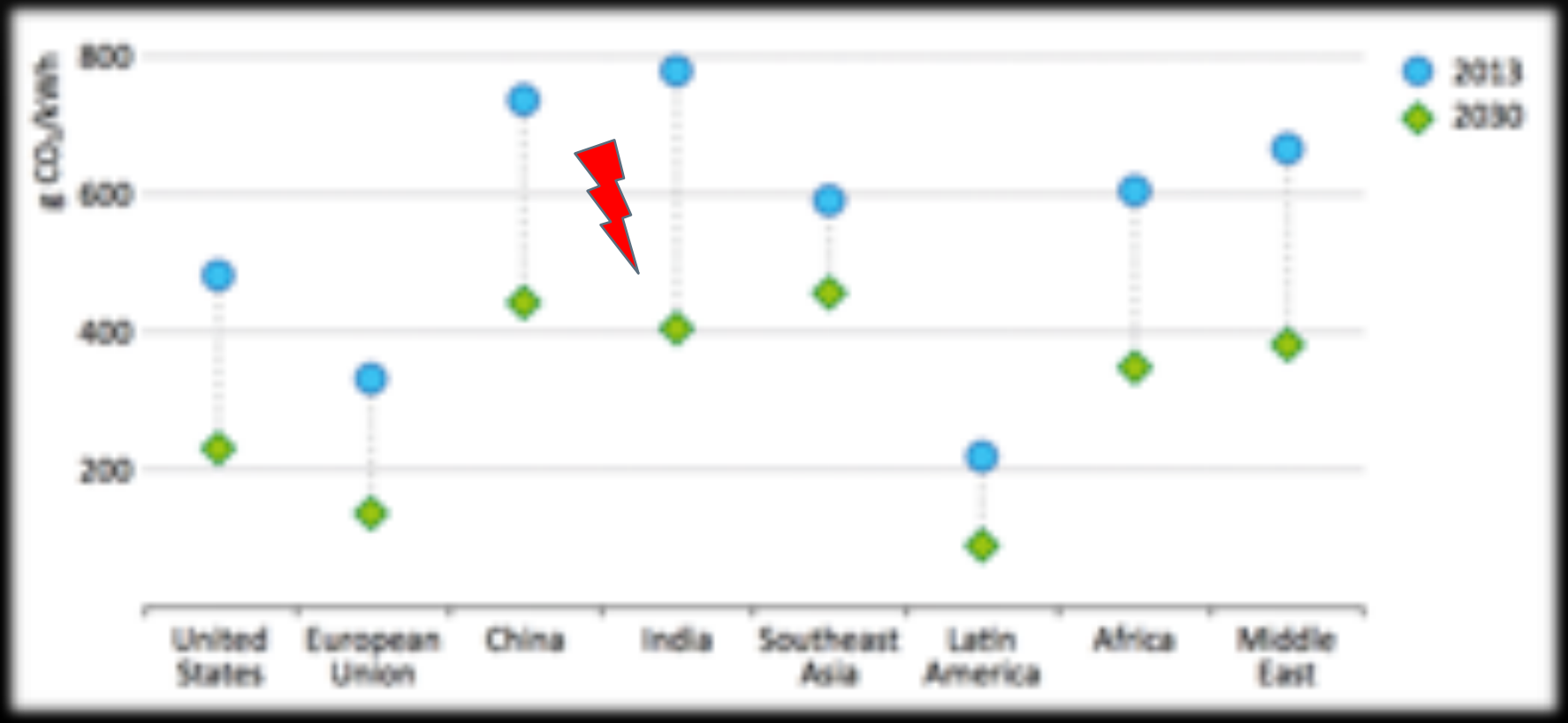
Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

CAPACIDADE DE MIX DE GERAÇÃO MUNDIAL, NO BRIDGE SCENARIO



Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

EMISSÕES MÉDIAS DE CO_2 POR KWH, POR REGIÃO NO BRIDGE SCENARIO



Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

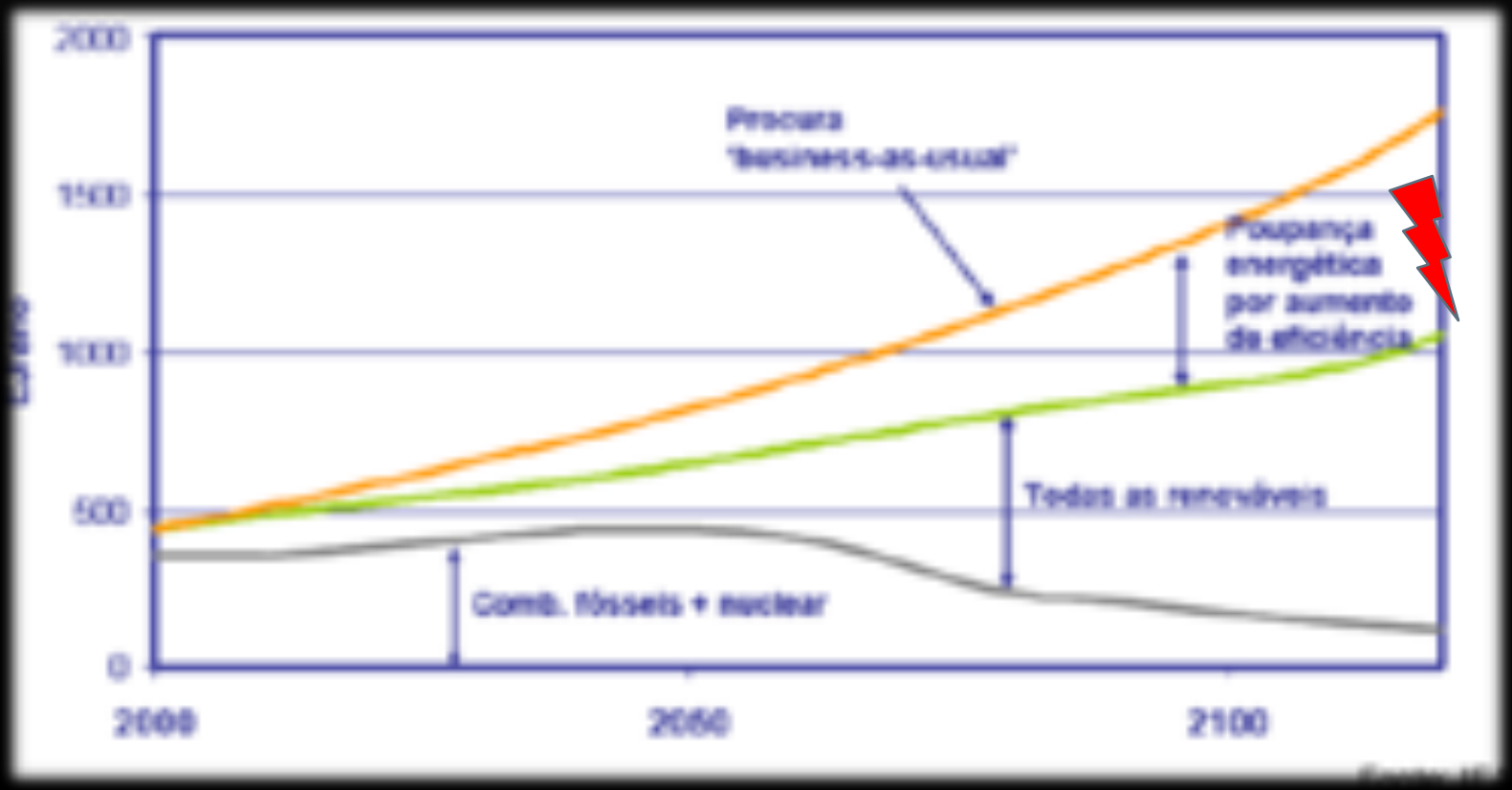
QUAL A NOSSA PEGADA ECOLÓGICA?

Viagem Lisboa-Porto (313 km)

Meio de transporte	CO_2e
Avião	0,04
Bus	0,03
Clio 1.5DCi (2015)	0,03
Clio 1.9D (2000)	0,06
Comboio	0,005

Fonte: http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx

O DESAFIO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Energy efficiency is a way of managing and restraining the growth in energy consumption. Something is more energy efficient if it delivers more services for the same energy input, or the same services for less energy input. For example, when a compact florescent light (CFL) bulb uses less energy (one-third to one-fifth) than an incandescent bulb to produce the same amount of light, the CFL is considered to be more energy efficient.

(Fonte: IEA, http://www.iea.org/topics/energyefficiency/)

Energy efficiency is "using less energy to provide the same service".

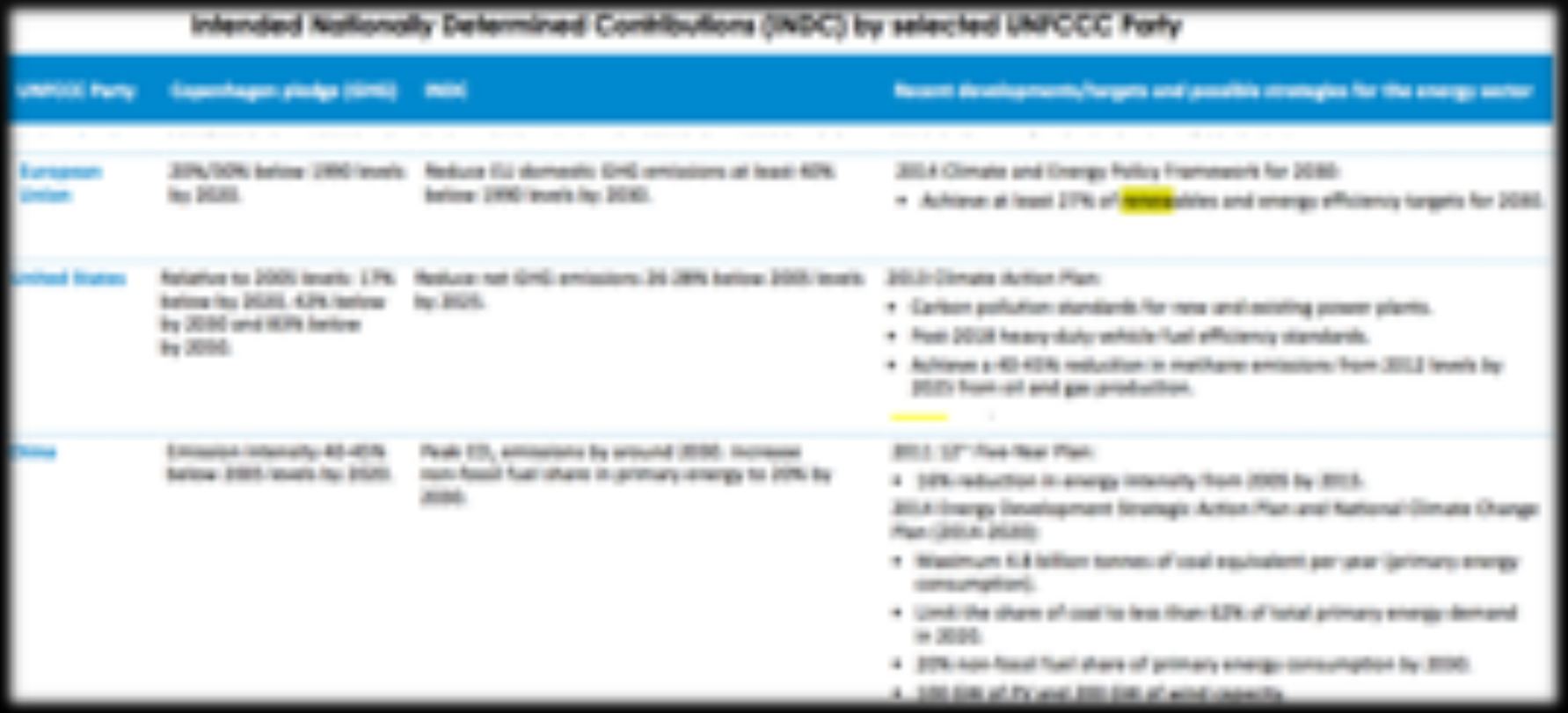
There are other definitions, but this is a good operational one...

Energy efficiency is not energy conservation!!!

Energy conservation is reducing or going without a service to save energy.

(Fonte: E.O. Lawrence, Berkeley National Laboratory, http://eetd.lbl.gov/ee/ee-1.html)

ESTRATÉGIAS NACIONAIS (INDC)

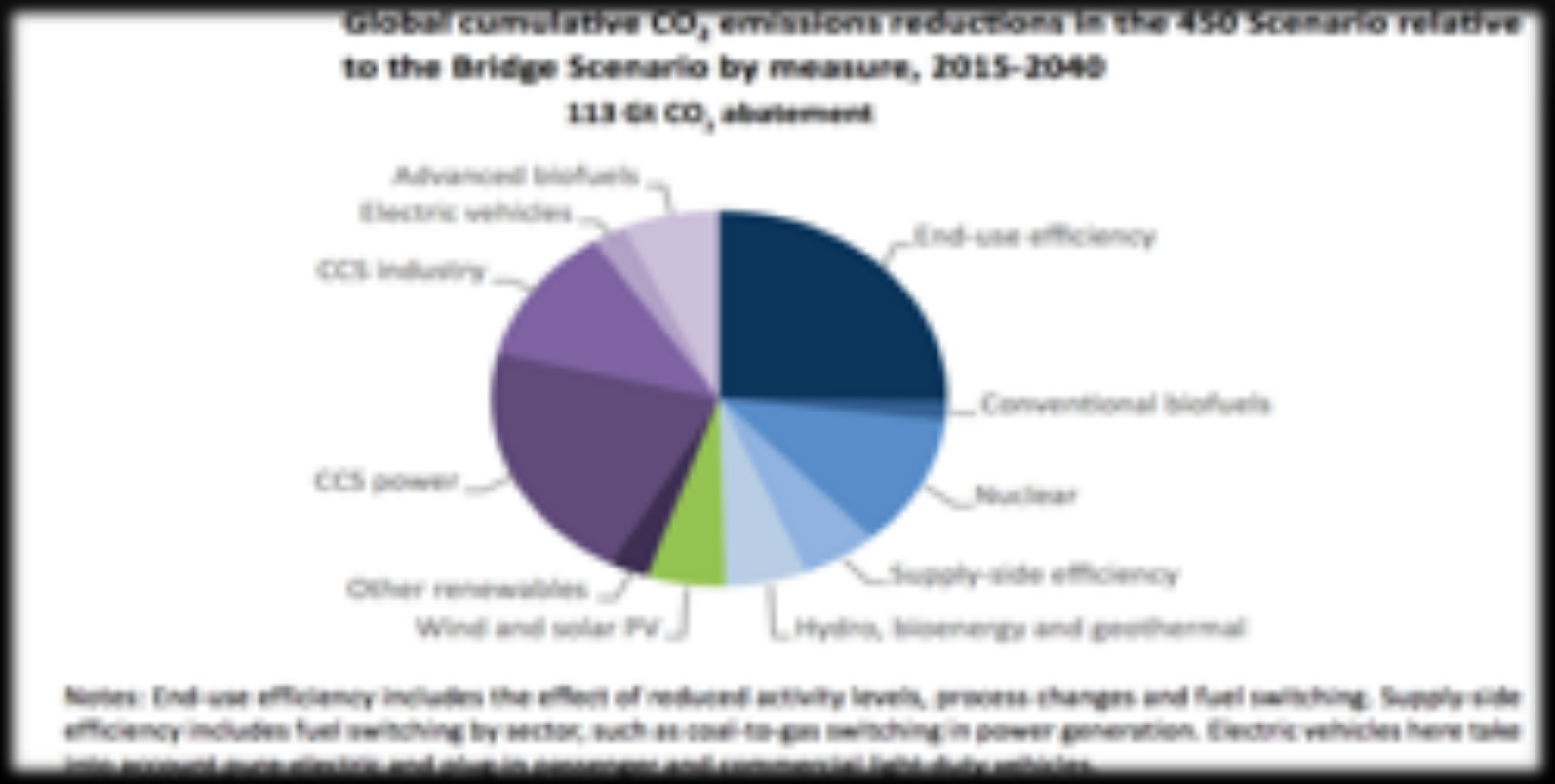


Intended Nationally Determined Contributions (INDC) by selected UNFCCC Party

UNFCCC Party	Copenhagen pledge (GHG)	INDC	Recent developments/targets and possible strategies for the energy sector
European Union	20%/30% below 1990 levels by 2020.	Reduce EU domestic GHG emissions at least 40% below 1990 levels by 2030.	2014 Climate and Energy Policy Framework for 2030: • Achieve at least 27% of renewables and energy efficiency targets for 2030.
United States	Relative to 2005 levels: 17% below by 2020, 42% below by 2030 and 83% below by 2050.	Reduce net GHG emissions 26-28% below 2005 levels by 2025.	2013 Climate Action Plan: • Carbon pollution standards for new and existing power plants. • Post-2018 heavy-duty vehicle fuel efficiency standards. • Achieve a 40-45% reduction in methane emissions from 2012 levels by 2025 from oil and gas production.
China	Emission intensity 40-45% below 2005 levels by 2020.	Peak CO_2 emissions by around 2030; increase non-fossil fuel share in primary energy to 20% by 2030.	2011 12th Five-Year Plan: • 16% reduction in energy intensity from 2005 by 2015. 2014 Energy Development Strategic Action Plan and National Climate Change Plan (2014-2020): • Maximum 4.8 billion tonnes of coal equivalent per year (primary energy consumption). • Limit the share of coal to less than 62% of total primary energy demand in 2020. • 20% non-fossil fuel share of primary energy consumption by 2030. • 200 GW of PV and 200 GW of wind capacity.

Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

ESTRATÉGIAS NACIONAIS (INDC)

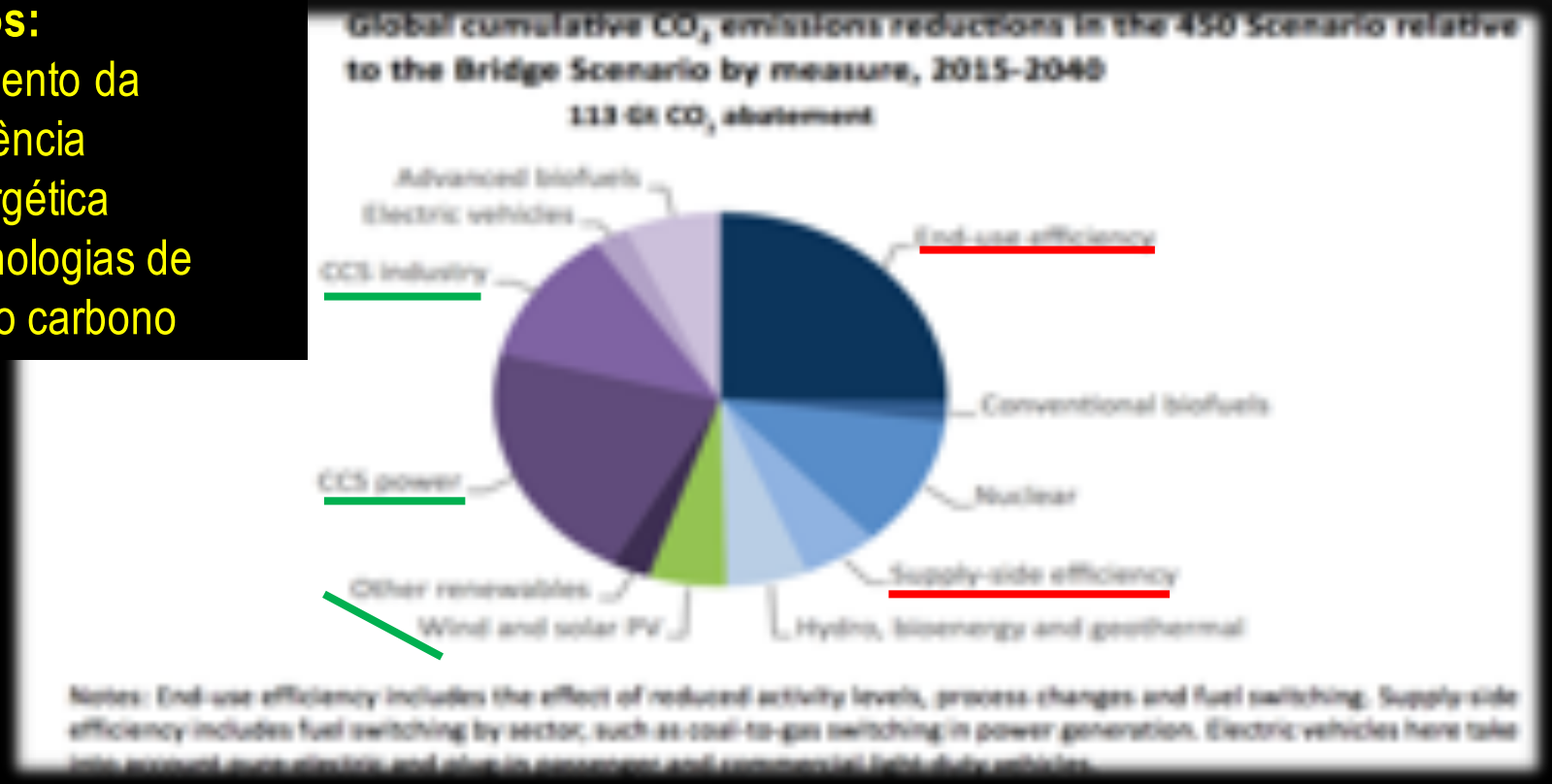


Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

ESTRATÉGIAS NACIONAIS (INDC)

Desafios:

- Aumento da eficiência energética
- Tecnologias de baixo carbono



Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

TECNOLOGIAS DE BAIXO CARBONO

- **Renováveis de natureza variável**
  - Por forma a acomodar uma elevada penetração de renováveis (em particular eólica e fotovoltaica), o sistema elétrico tem de ser equipado com a felxibilidade necessária por forma a manter a fiabilidade da alimentação elétrica.
  - No cenário 450, considera-se que as renováveis de natureza renovável aumentam de 3% (hoje) para mais de 20% (em 2040).

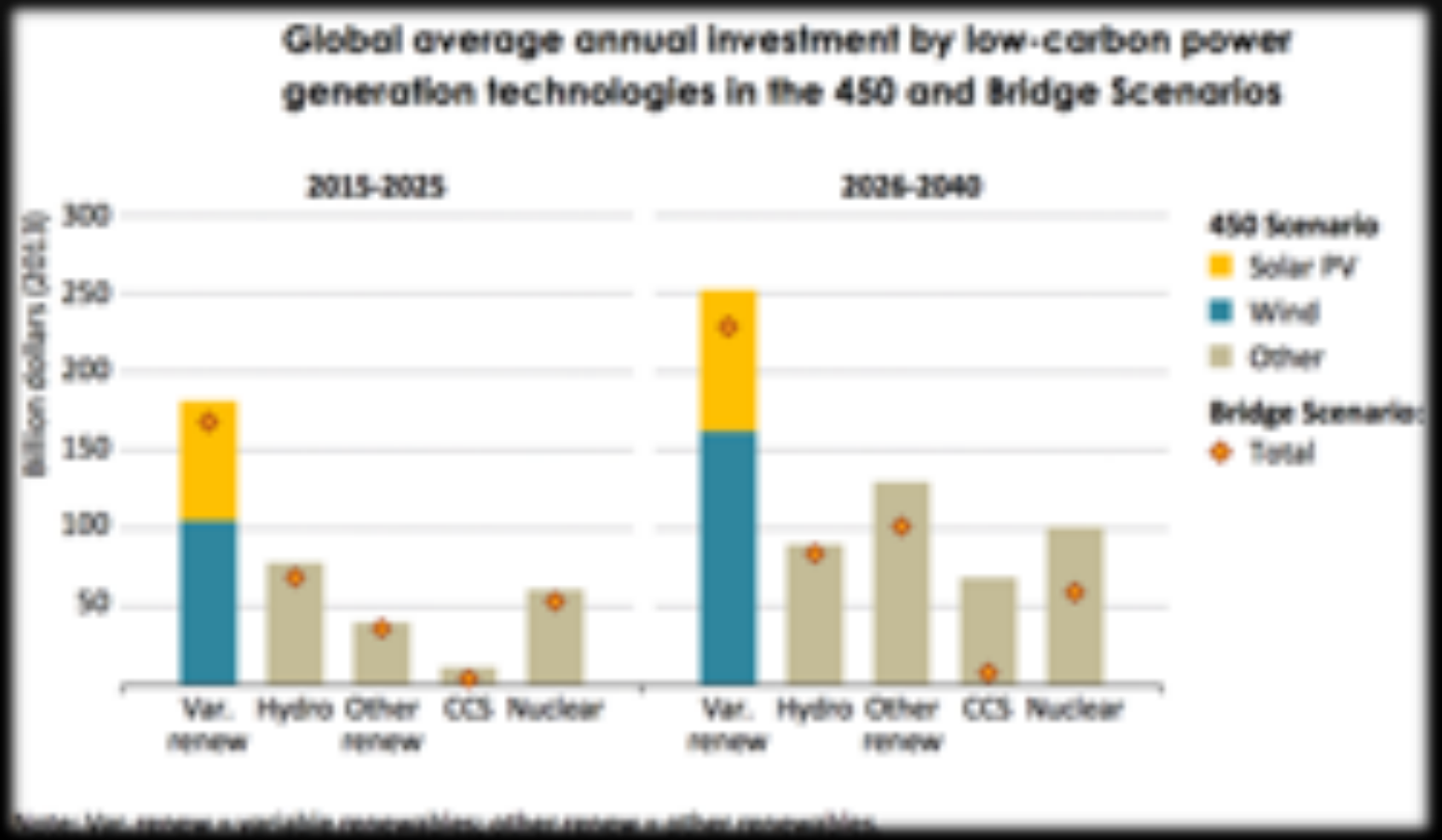
TECNOLOGIAS DE BAIXO CARBONO

- **Captura e armazenamento de carbono**
  - Um alargado desenvolvimento das tecnologias de captura e armazenamento de carbono, na industria e no setor energético, depende de uma substancial diminuição dos custos e de uma identificação das oportunidades de armazenamento.
  - No cenário 450, considera-se que uma rápida expansão das tecnologias de captura e armazenamento de carbono ocorrerá depois de 2025, combinando com o ritmo de expansão da capacidade de queima de gás entre 1990 e 2010.

TECNOLOGIAS DE BAIXO CARBONO

- **Combustíveis alternativos para veículos**
  - Desafios técnicos e relacionas com os consumidores terão de ser superados por forma a acelerar a transição para formas de transporte de baixo carbono, em particular os veículos eléctricos.
  - No cenário 450, considera-se um aumento de vendas dos veículos elétricos, excedendo 40% do total mundial da venda de veículos de passageiros em 2040.

INVESTIMENTO EM TECNOLOGIAS DE BAIXO CARBONO, POR CENÁRIO



Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

DESENVOLVIMENTOS DO SISTEMA ELÉCTRICO

Measure	Adjusts power supply	Adjusts power demand	Speed of power adjustment	Ability to integrate renewables*	Ability to improve power quality**	Affordability
Interconnections	✓		🟢	🟡	🟡	🟢
Conventional capacity						
• Hydropower	✓		🟢	🟡	🟢	🟢
• Coal-fired	✓		🟡	🔴	🟡	🟡
• Gas CCGT	✓		🟡	🟡	🟡	🟡
• Gas and oil GT	✓		🟢	🟡	🟢	🟡
Curtail renewables	✓		🟢	🟢	🟡	🟡
Smart grids	✓	✓	🟢	🟡	🟢	🟡
Energy storage						
• Pumped hydro	✓	✓	🟢	🟢	🟢	🟢
• Batteries	✓	✓	🟢	🟢	🟢	🔴
Demand response		✓	🟢	🟢	🟡	🟢

*Indicates the ability of a system with a high penetration of the measure to integrate high shares of variable renewables, for example, without additional measures conventional capacity (even hydropower) cannot accommodate very high levels of variable renewables. **Indicates the ability of a measure to provide ancillary services, such as frequency regulation.

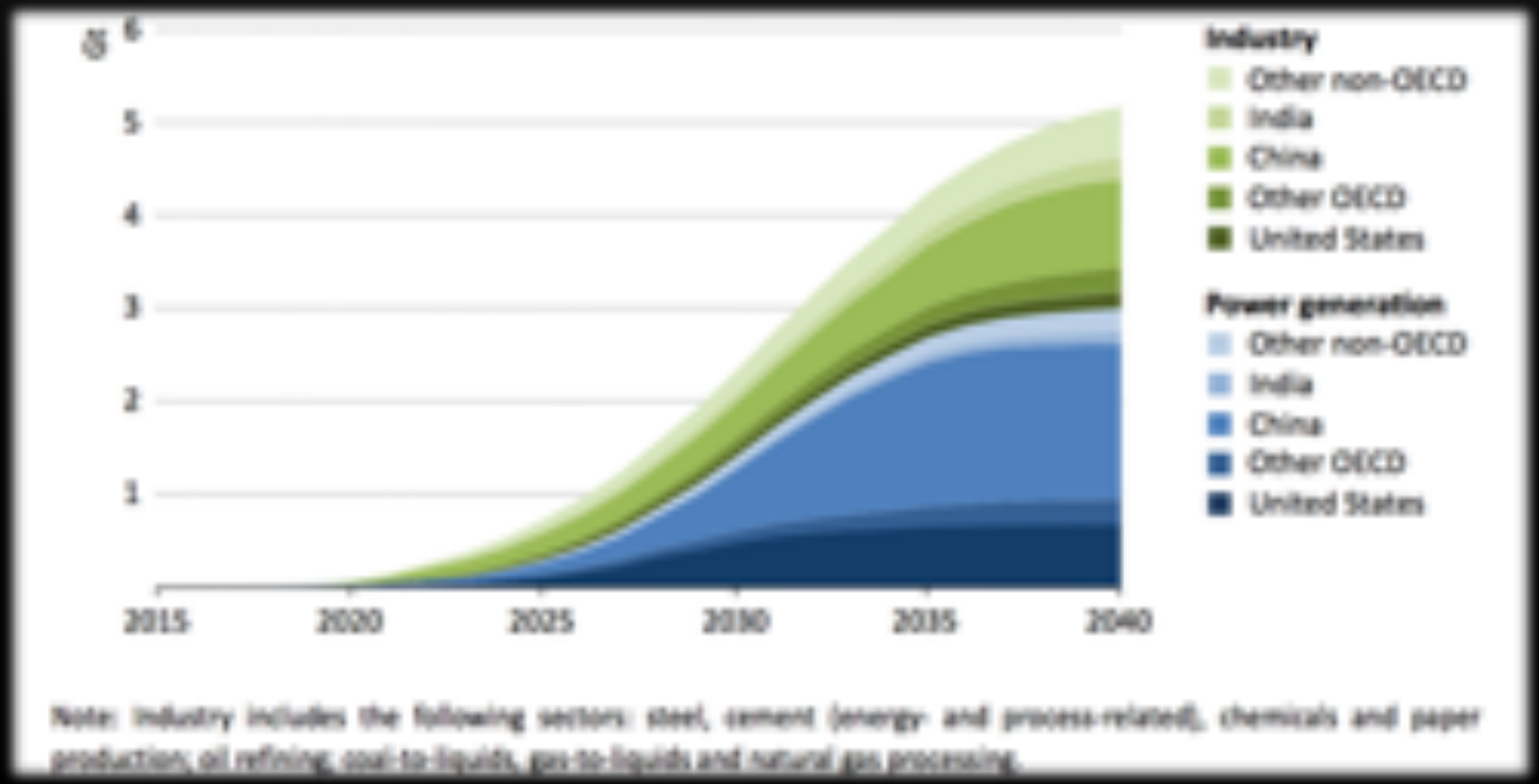
Notes: 🟢 = high, 🟡 = moderate, 🔴 = low to none. CCGT = combined-cycle gas turbine; GT = gas turbine.

Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

DESENVOLVIMENTOS NO SISTEMA ELÉCTRICO

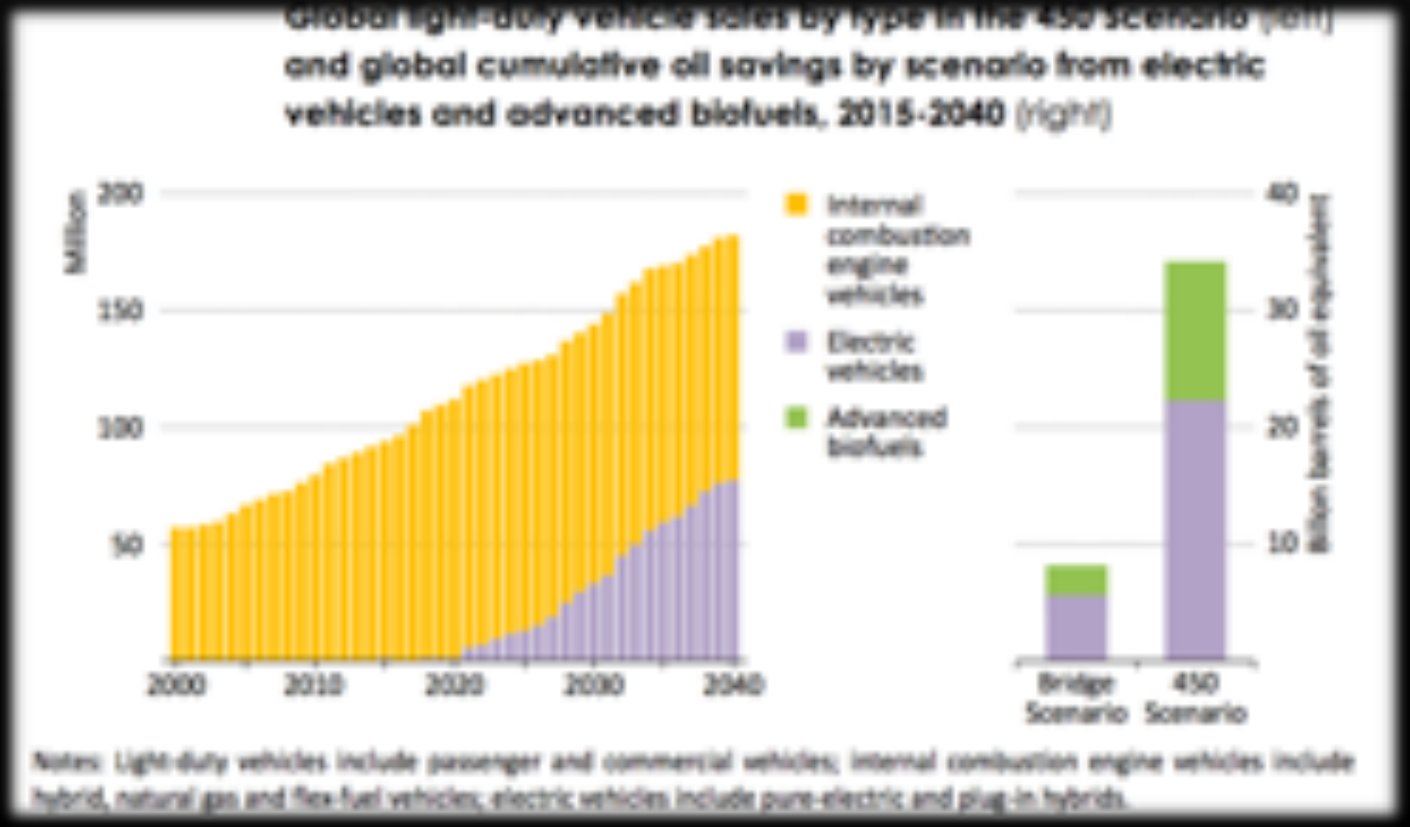
- As tecnologias de armazenamento de energia são capazes de ajustar tanto o fornecimento de eletricidade para a rede como a procura de electricidade, tornando-se medida tanto do lado da oferta como da procura.
- As tecnologias de armazenamento de energia podem ser implantadas em projetos de grande escala, pelos fornecedores de electricidade, ou em projetos de pequena escala, pelas famílias e outros utilizadores finais.
- Apesar das tecnologias de armazenamento de energia terem capacidades de desempenho impressionantes para enfrentar muitas das necessidades relacionadas com a integração das energias renováveis de natureza variável, são ainda relativamente caras.
    - Exceção são os sistemas de bombagem, com custo relativamente baixo, o que explica porque cosntituem quase toda a capacidade de armazenamento de energia ligada à rede.

CAPTURA DE CARBONO NO CENÁRIO 450, POR SETOR E REGIÃO



Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

EVOLUÇÃO NOS COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS PARA VEÍCULOS



Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

ÁREAS DE INTERVENÇÃO

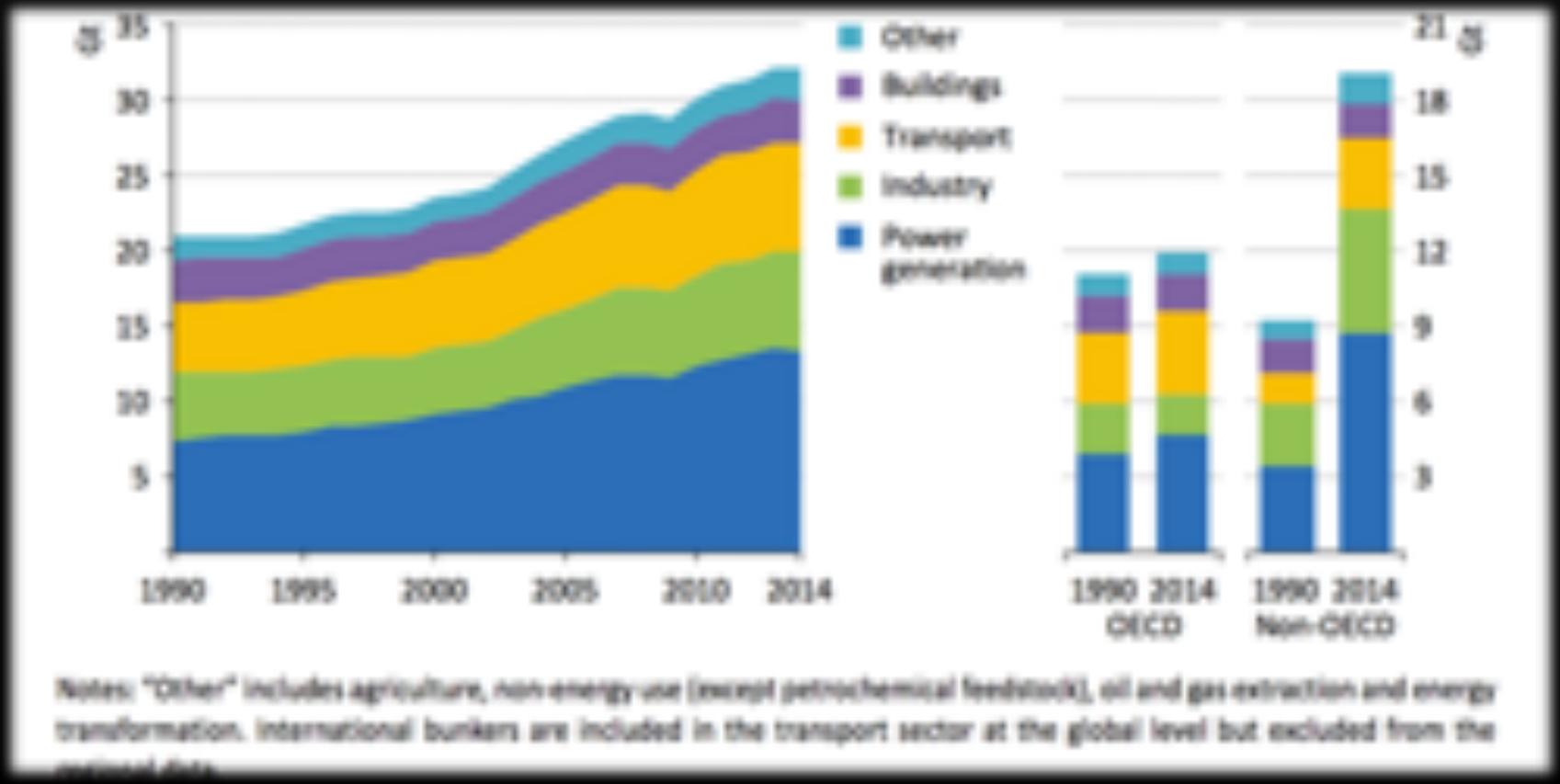


AMBIÇÃO...



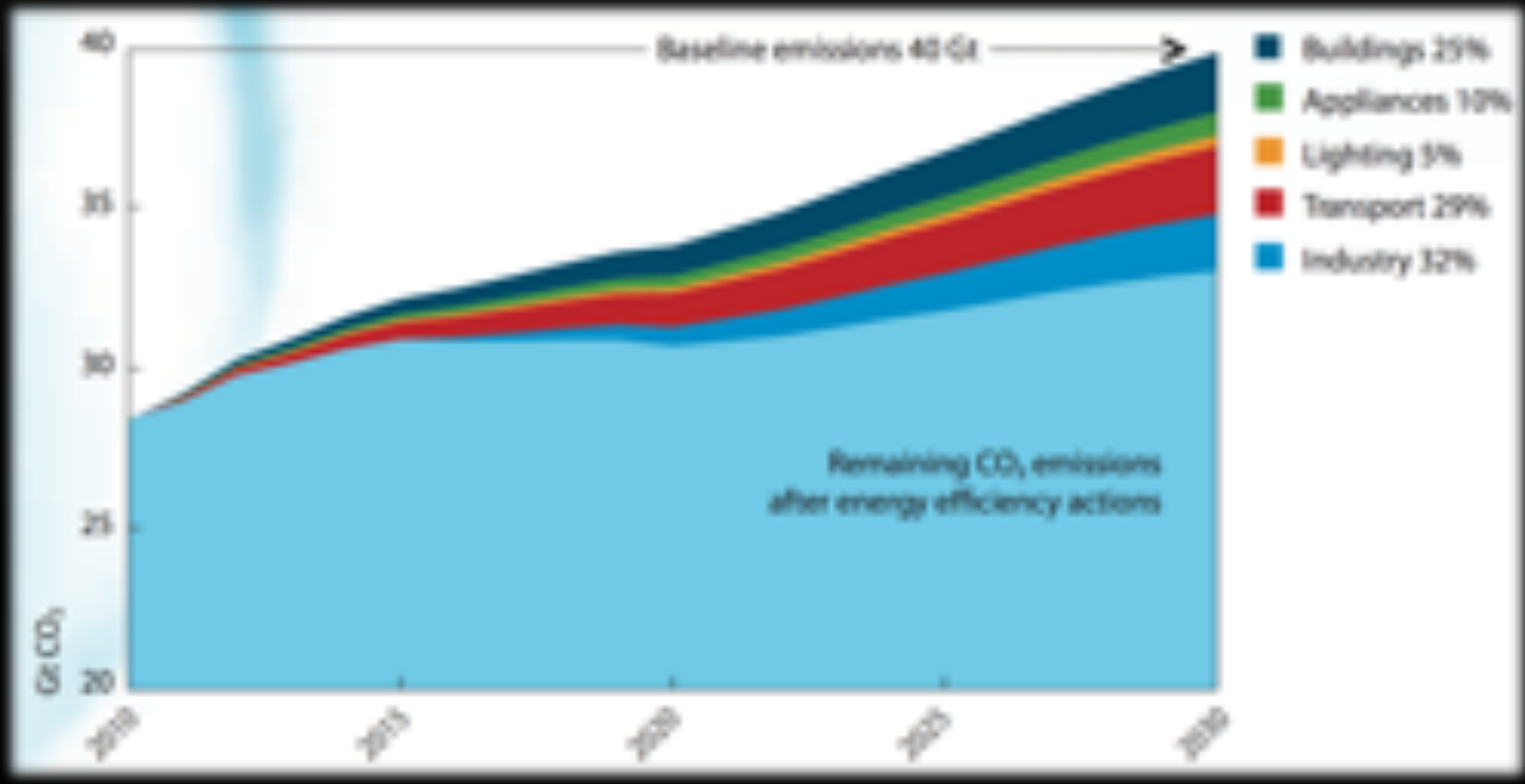
Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

DISTRIBUIÇÃO DAS EMISSÕES DE CO_2, POR SETOR E REGIÃO



Fonte: WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change

POTENCIAIS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO_2 POR AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



Fonte: World Energy Outlook 2010

AGENTES DA TRANSFORMAÇÃO

- Autoridades públicas, centrais e locais (legislação, regulamentação, incentivos e estímulos e ainda fiscalização)
- Agências e organismos específicos para a área da energia (programas e campanhas, assistência técnica, formação)
- Empresas do sector energético (desde que devidamente estimuladas e recompensadas)
- Utilizador final

AGENTES DA TRANSFORMAÇÃO



RESUMO

- A energia é um bem precioso que não deve ser desperdiçado
- O aumento da eficiência energética é o caminho certo para diminuir os impactos negativos nas alterações climáticas
- São vários os agentes de transformação e os setores de atividade... Na realidade quase todos aqueles em que o ser humano tem intervenção...

BIBLIOGRAFIA

- World Energy Outlook
- WEO2015 Special Report on Energy and Climate Change
- World Energy Outlook Special Report 2013: Redrawing the Energy Climate Map
- ELECTROPEDIA.ORG IEC 60050 – Vocabulário Internacional Electrotécnico