

# FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL

1º MINAS MEETING

SEMANA DO MEIO AMBIENTE 2014.



## Painel 6 Expansão das Energias Renováveis



**Amilcar Guerreiro**

*Economia da Energia e do Meio Ambiente*

*Diretor*

**Belo Horizonte, MG**

**04 Junho 2014**

# FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL

1º MINAS MEETING

SEMANA DO MEIO AMBIENTE 2014.



## Expansão das Energias Renováveis no Brasil

### AGENDA

- 1 Panorama atual
- 2 Projeções
- 3 Questões chave



# FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL

1º MINAS MEETING

SEMANA DO MEIO AMBIENTE 2014.



1

## Panorama atual

# Matriz energética brasileira, 2013

OFERTA INTERNA ▶ 296,2 Mtep

## RENOVÁVEIS ▶ 41%

**biomassa da cana**

**16,1%**



**hidráulica<sup>1</sup>**

**12,5%**



**lenha e carvão vegetal**

**8,3%**



**lixívia e outras renováveis**

**4,2%**



<sup>1</sup> Inclui importação de eletricidade oriunda de fonte hidráulica

## NÃO RENOVÁVEIS ▶ 59%

**petróleo e derivados**

**39,3%**



**gás natural**

**12,8%**



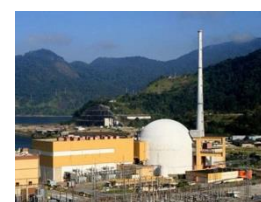
**carvão mineral**

**5,6%**



**urânio**

**1,3%**



Fonte: EPE, BEN 2014

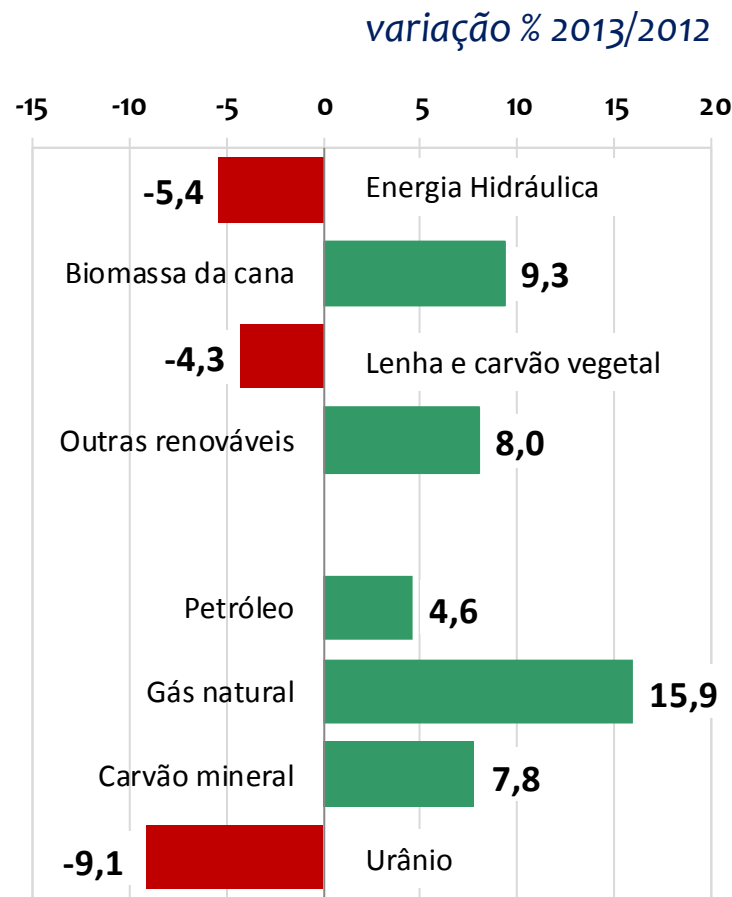
# Matriz energética brasileira, 2013

OFERTA INTERNA ► 296,2 Mtep

em Mtep

Fonte	2013	2012
<b>RENOVÁVEIS</b>	<b>121,5</b>	<b>119,8</b>
Energia hidráulica <sup>1</sup>	37,1	39,2
Biomassa da cana	47,6	43,6
Lenha e carvão vegetal	24,6	25,7
Outras renováveis	12,3	11,4
<b>NÃO RENOVÁVEIS</b>	<b>174,7</b>	<b>163,6</b>
Petróleo	116,5	111,4
Gás natural	37,8	32,6
Carvão mineral	16,5	15,3
Urânio (U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	3,9	4,3

<sup>1</sup> Inclui importação de eletricidade oriunda de fonte hidráulica

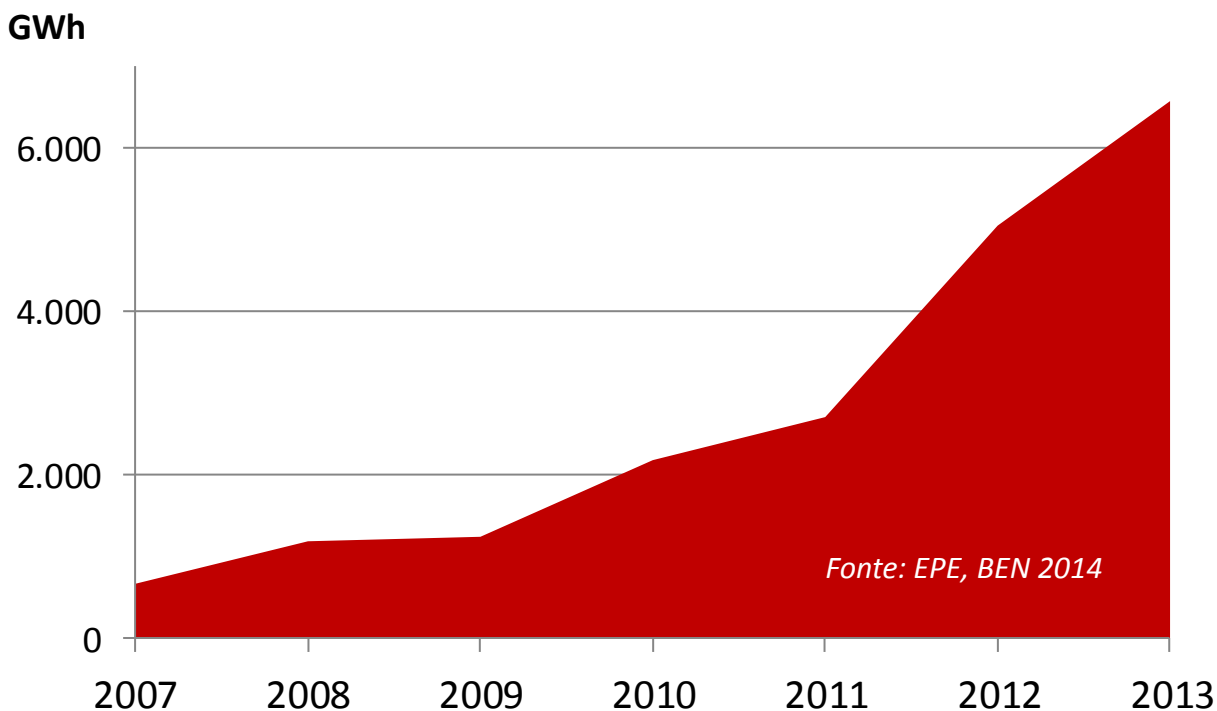


Fonte: EPE, BEN 2014

# Evolução recente da geração eólica

em GWh

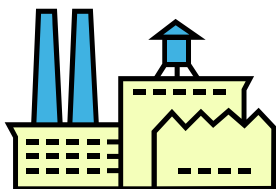
2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	$\Delta$ 13/12
663	1.183	1.238	2.177	2.705	5.050	6.576	30,2%



# Brasil. Consumo final por fonte, 2013

**indústrias**

**33,9%**



**transportes**

**32,0%**



**residências**

**9,1%**



**setor energético**

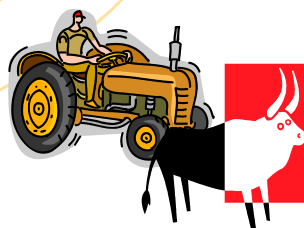
**10,0%**



Fonte: EPE, BEN 2014

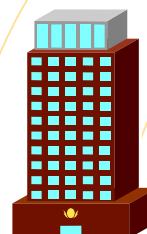
**agropecuária**

**4,1%**



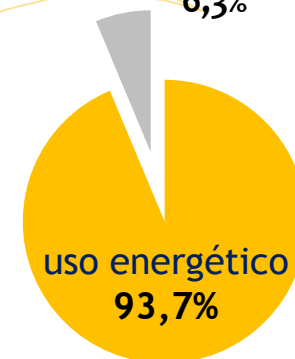
**serviços**

**4,6%**



**uso não energético**

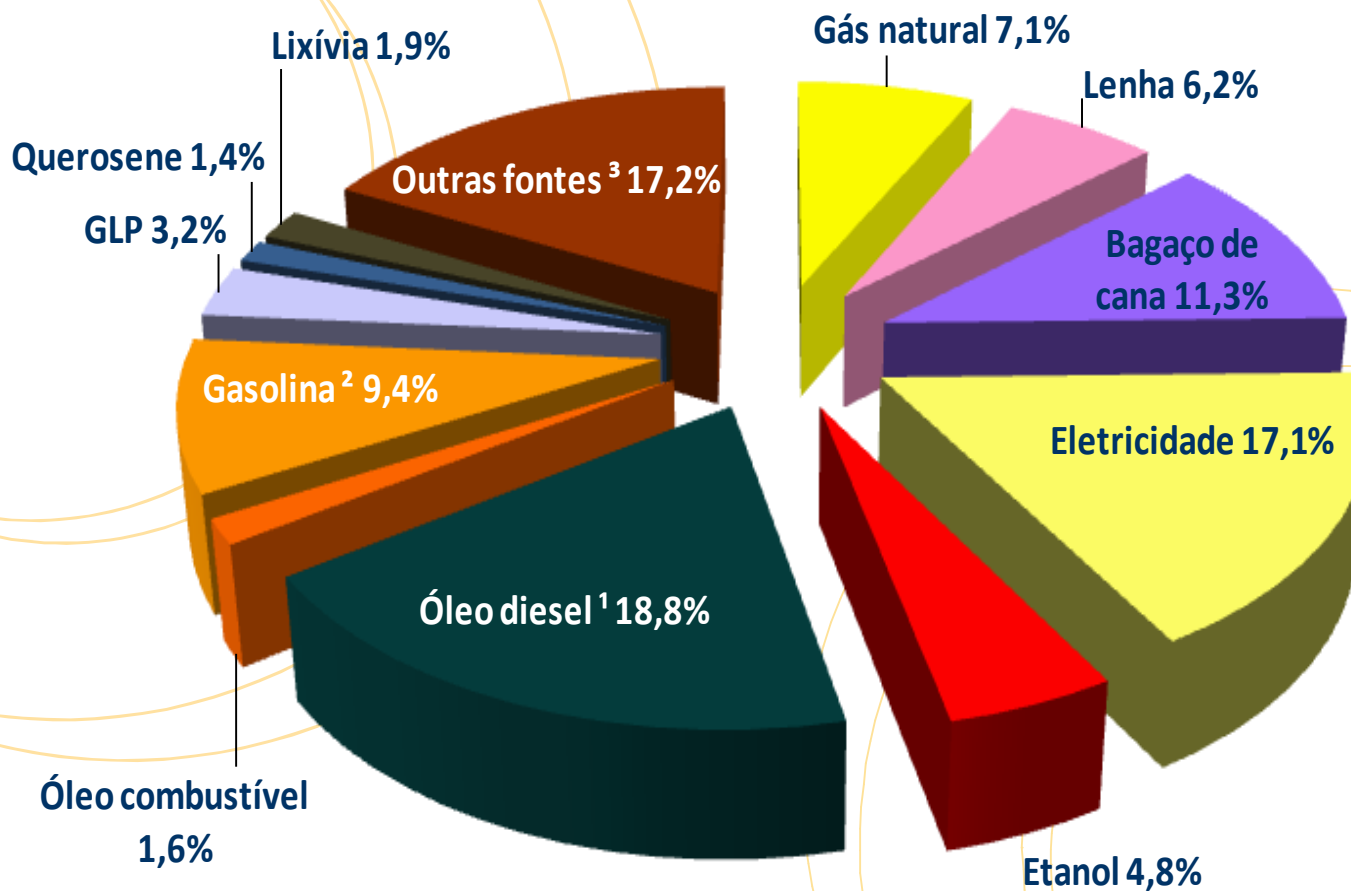
**6,3%**



Produção industrial, transporte de carga e mobilidade das pessoas respondem por **66%** do consumo final de energia no Brasil. **39,7%** da energia usada no consumo final provém de **fontes renováveis**.

# Brasil. Consumo final por fonte, 2013

Consumo final energético: 260,2 Mtep



Fonte: EPE, BEN 2014

<sup>1</sup> Inclui biodiesel

<sup>2</sup> Inclui apenas gasolina A (automotiva)

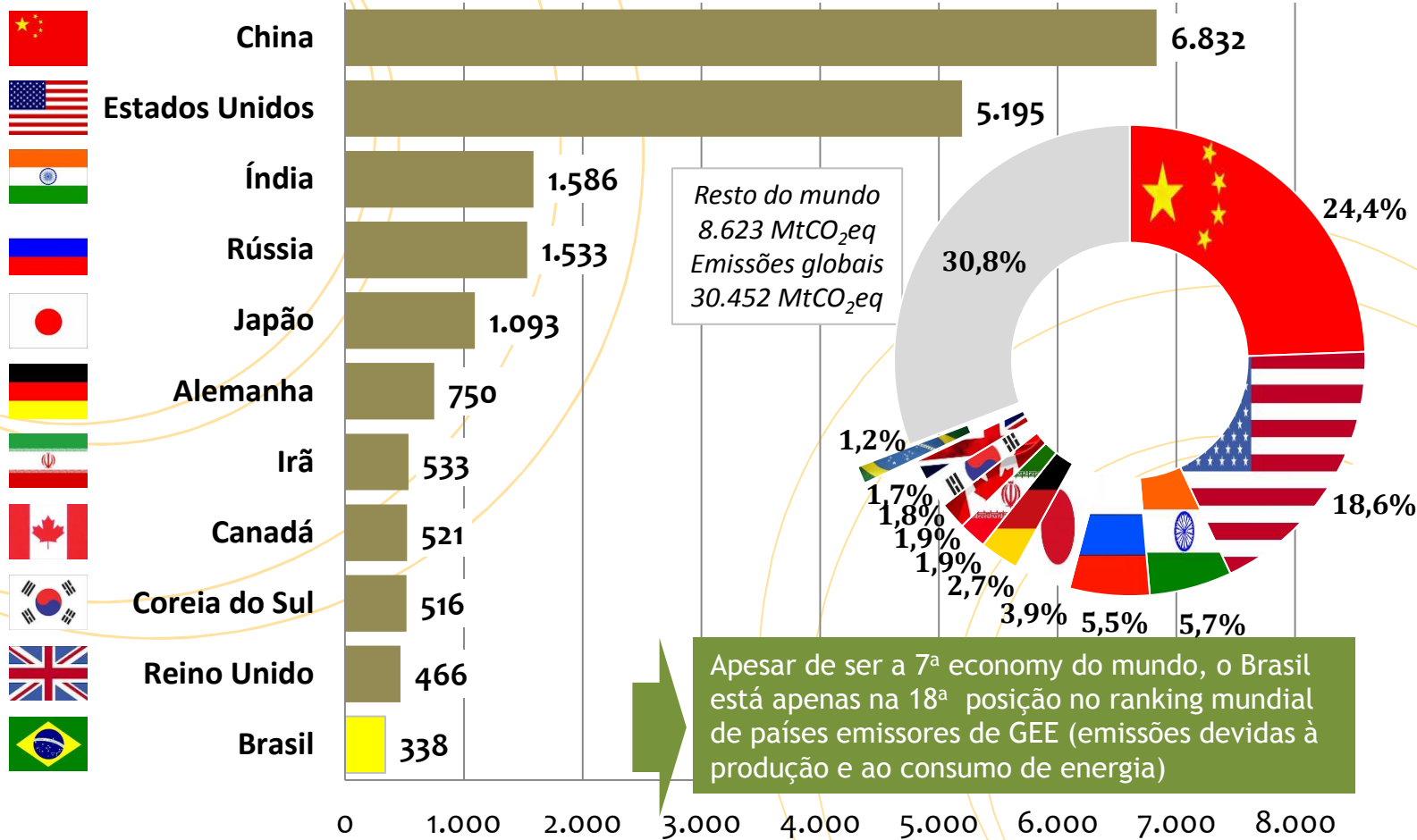
<sup>3</sup> Inclui gás de refinaria, coque de carvão mineral e carvão vegetal, dentre outros



# Emissões de GEE, MtCO<sub>2</sub>eq, 2009

Produção e consumo de energia

Emissões brasileiras em 2013: 459 MtCO<sub>2</sub>-eq



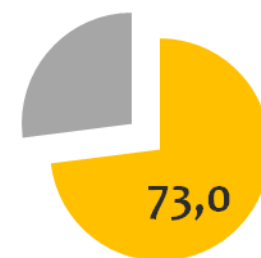
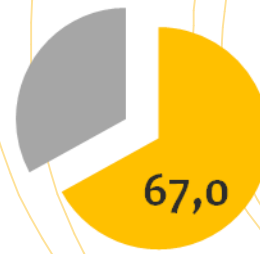
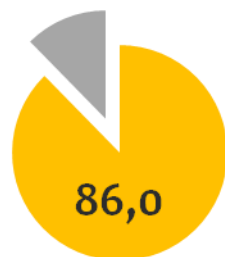
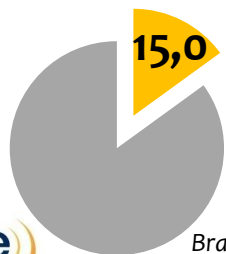
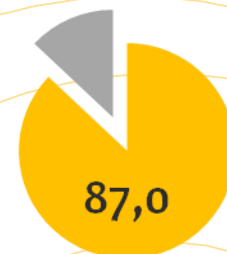
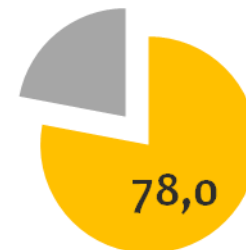
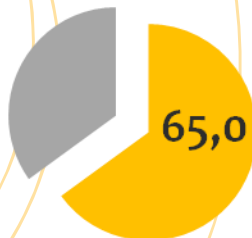
Apesar de ser a 7ª economy do mundo, o Brasil está apenas na 18ª posição no ranking mundial de países emissores de GEE (emissões devidas à produção e ao consumo de energia)

Fontes: AIE, EPE

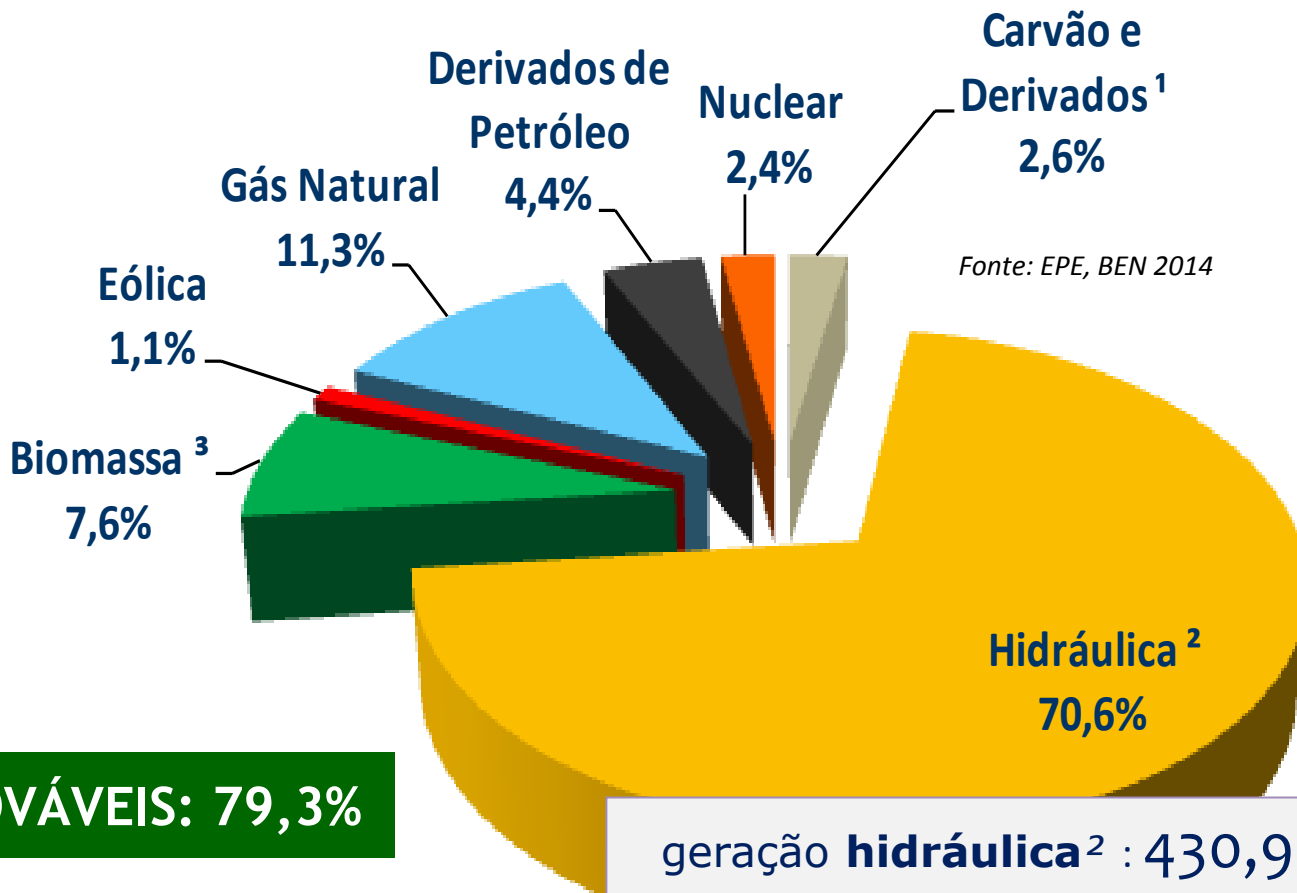
# Emissões antrópicas de GEE

## Participação do setor energético nas emissões totais

Nota: Dados de 2005. Inclui mudanças no uso do solo, desmatamento e consumo de "bunker".  
Fonte: WRI/CAIT (2011)



# Matriz elétrica brasileira, 2013



Fonte: EPE, BEN 2014

<sup>1</sup> Inclui gás de coqueria

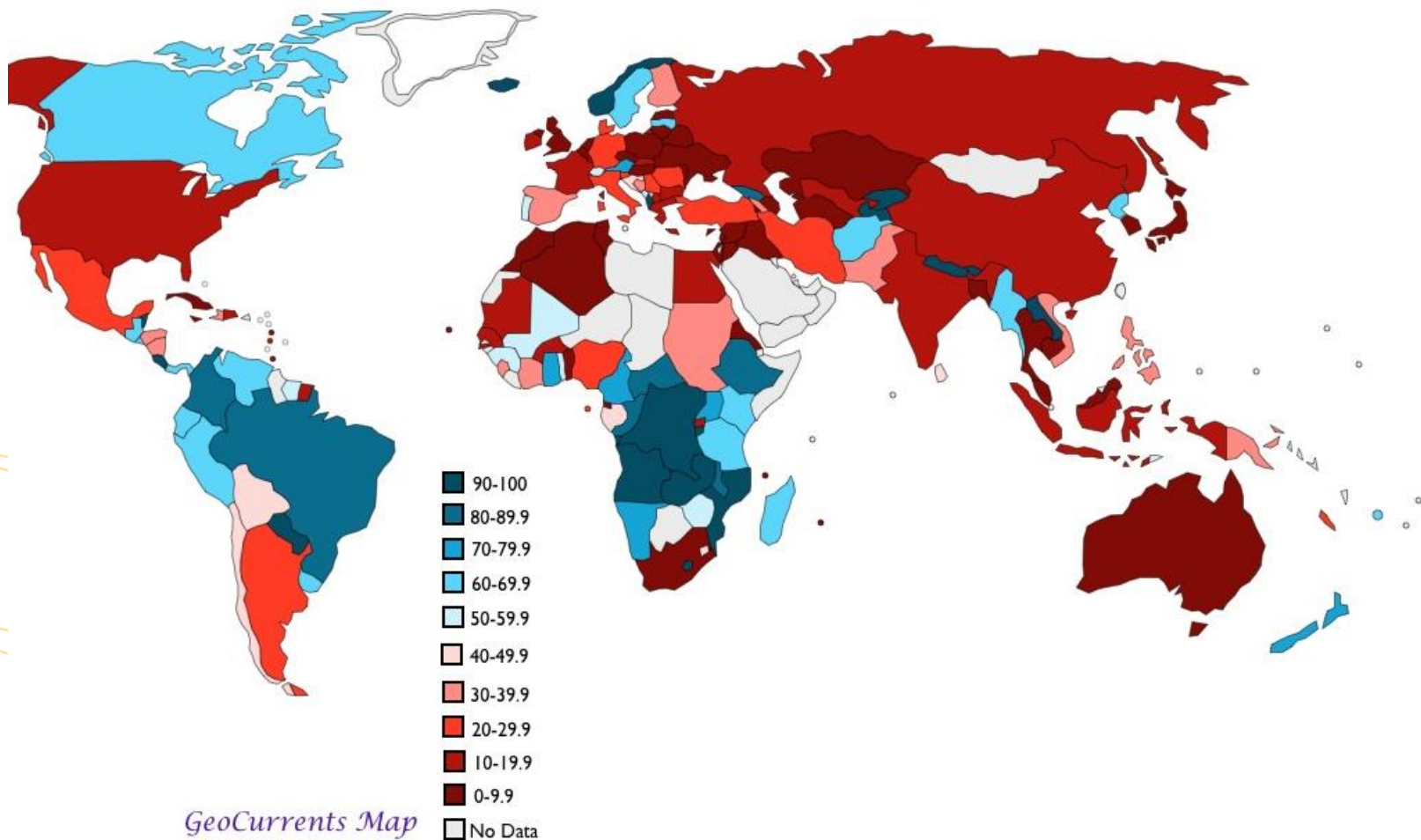
<sup>2</sup> Inclui importação

<sup>3</sup> Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações.

Notas: 1) Não inclui perdas na transformação; 2) Inclui perdas elétricas.

# Percentage of Electricity Generation from Renewable Sources

(Hydro, Geothermal, Solar, Biomass, Wind)



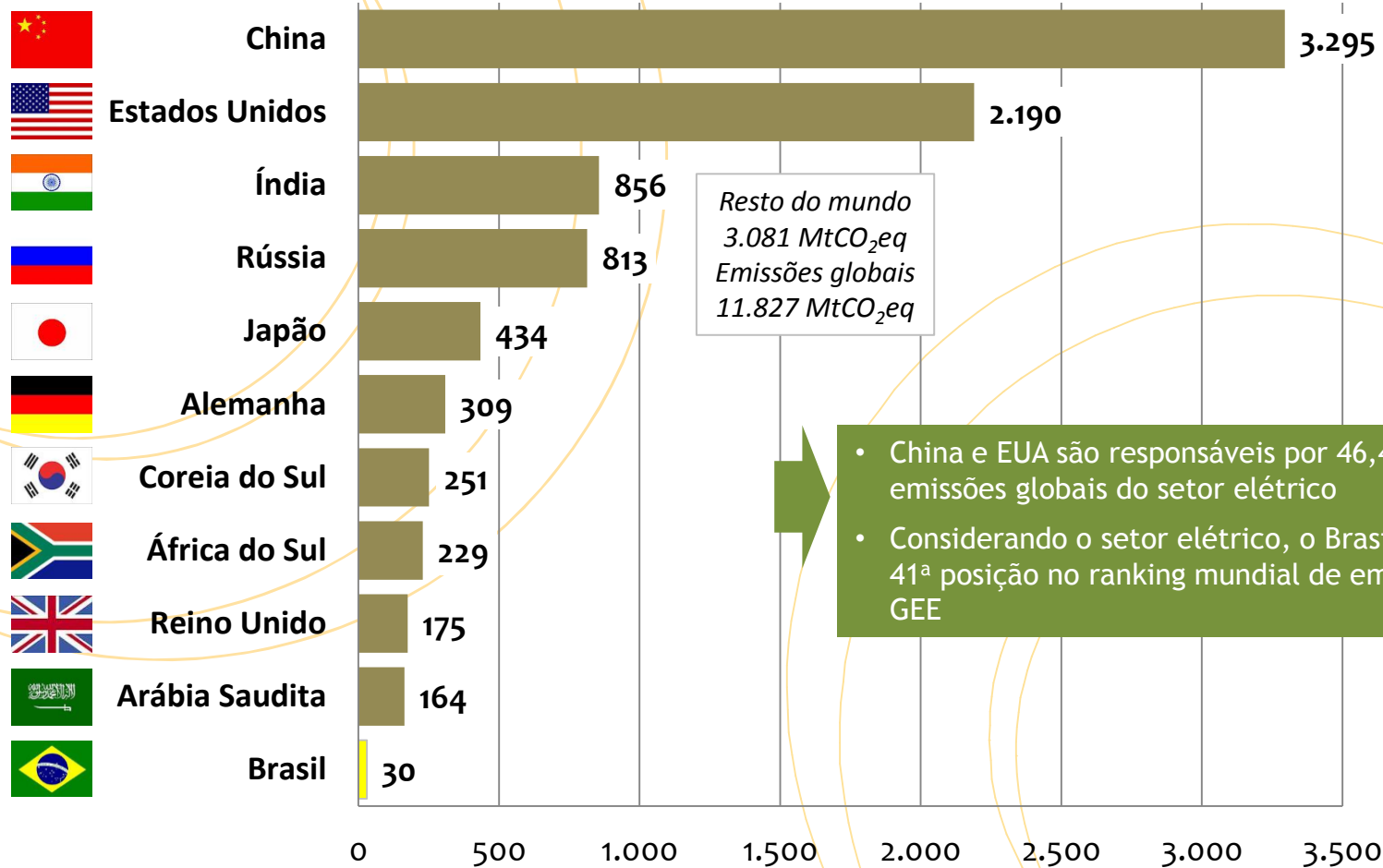
Data Source: [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_by\\_electricity\\_production\\_from\\_renewable\\_sources](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_electricity_production_from_renewable_sources)



# Emissões de GEE, MtCO<sub>2</sub>eq, 2009

Produção e consumo de eletricidade

Emissões brasileiras em 2013: 56 MtCO<sub>2</sub>-eq



- China e EUA são responsáveis por 46,4% das emissões globais do setor elétrico
- Considerando o setor elétrico, o Brasil ocupa a 41ª posição no ranking mundial de emissões de GEE

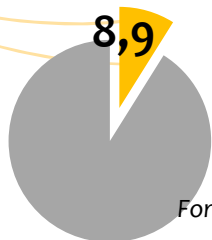
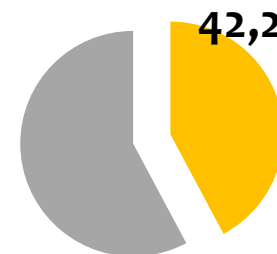
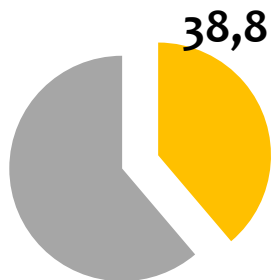
Fontes: AIE, EPE

# Emissões antrópicas de GEE

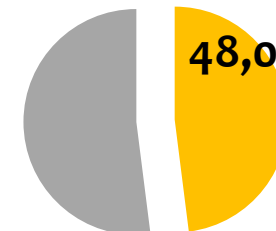
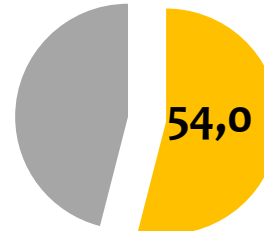
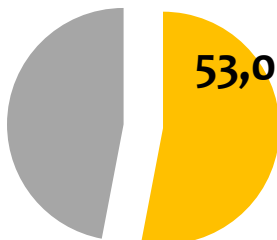
## Participação do setor elétrico nas emissões setor energético

Nota: Dados de 2005. Inclui mudanças no uso do solo, desmatamento e consumo de "bunker".

Fonte: WRI/CAIT (2011)



Fonte: MCT, 2010



em 2013: 12,2%

Fonte: EPE, BEN 2014

# FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL

## 1º MINAS MEETING

SEMANA DO MEIO AMBIENTE 2014.

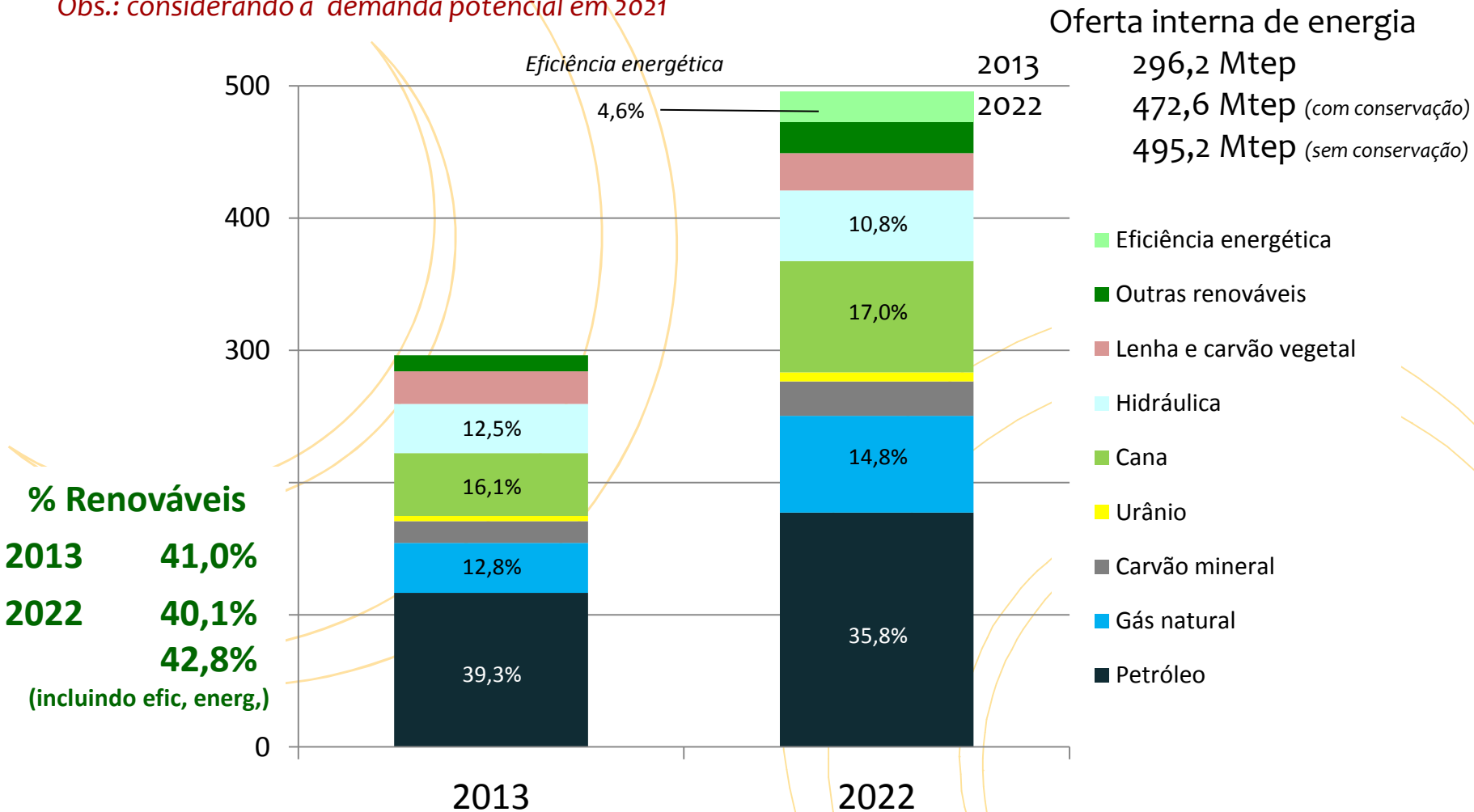


# 2

## Projeções

# ■ Evolução da matriz energética 2013-2022

Obs.: considerando a demanda potencial em 2021



Fontes: BEN 2014, PDE 2022 (EPE)

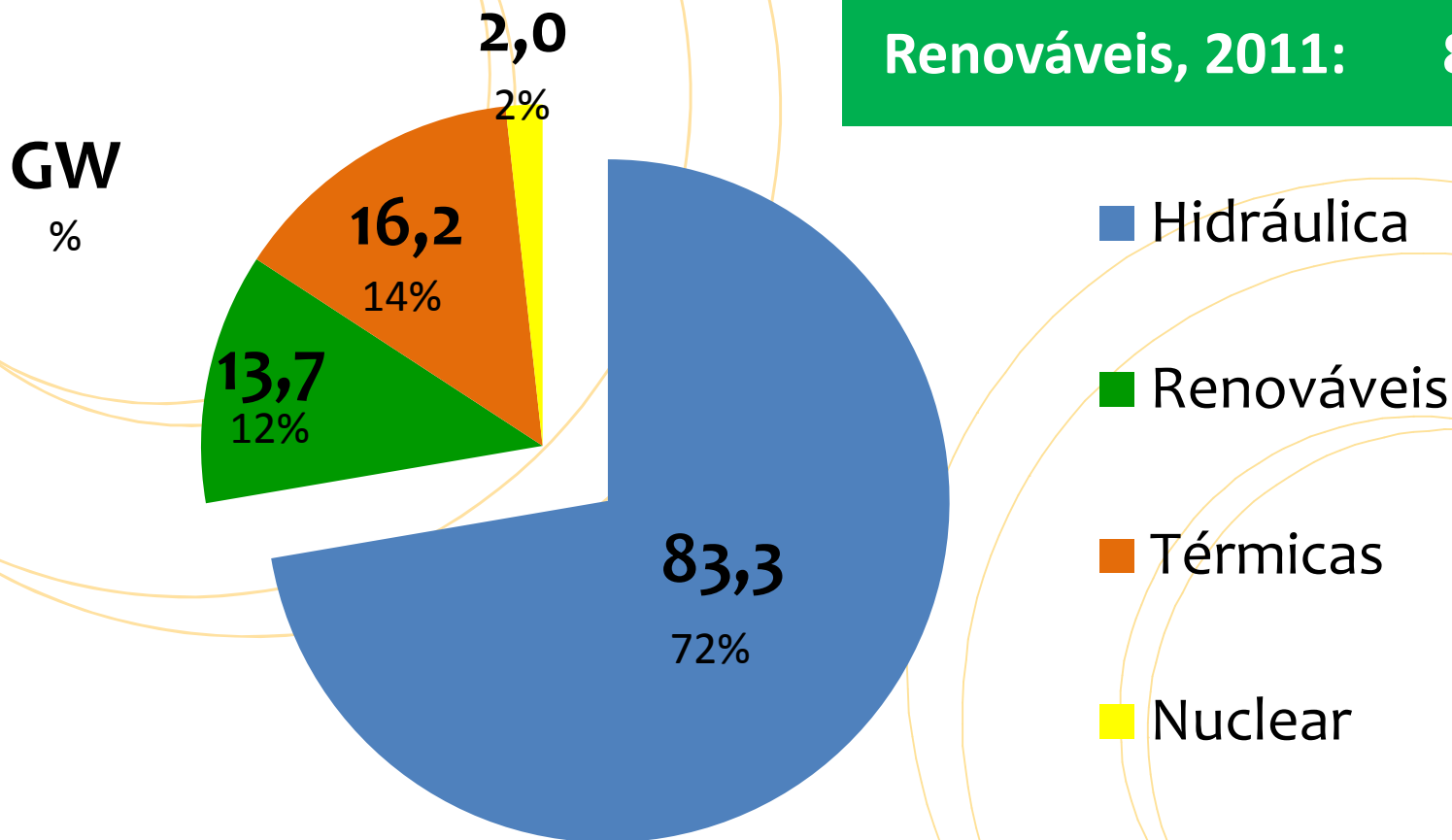
Obs: Hidráulica inclui importação | Outras renováveis: centrais eólicas, resíduos industriais e agrícolas etc



# CAPACIDADE INSTALADA NO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN), 2011

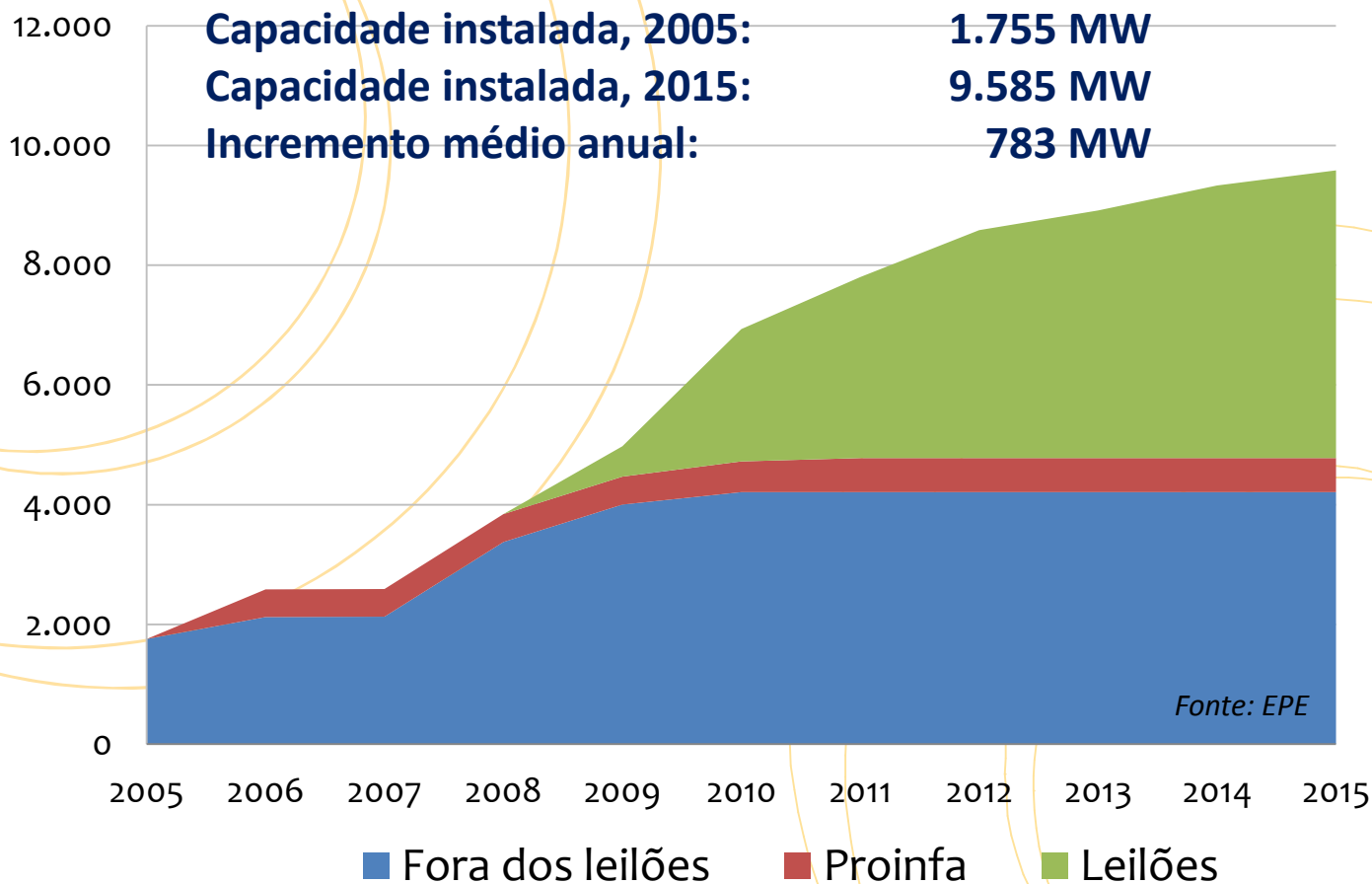
*SIN compreende 99,8% do consumo de eletricidade na rede (exclusive autoprodução)*

**Renováveis, 2011: 84%**



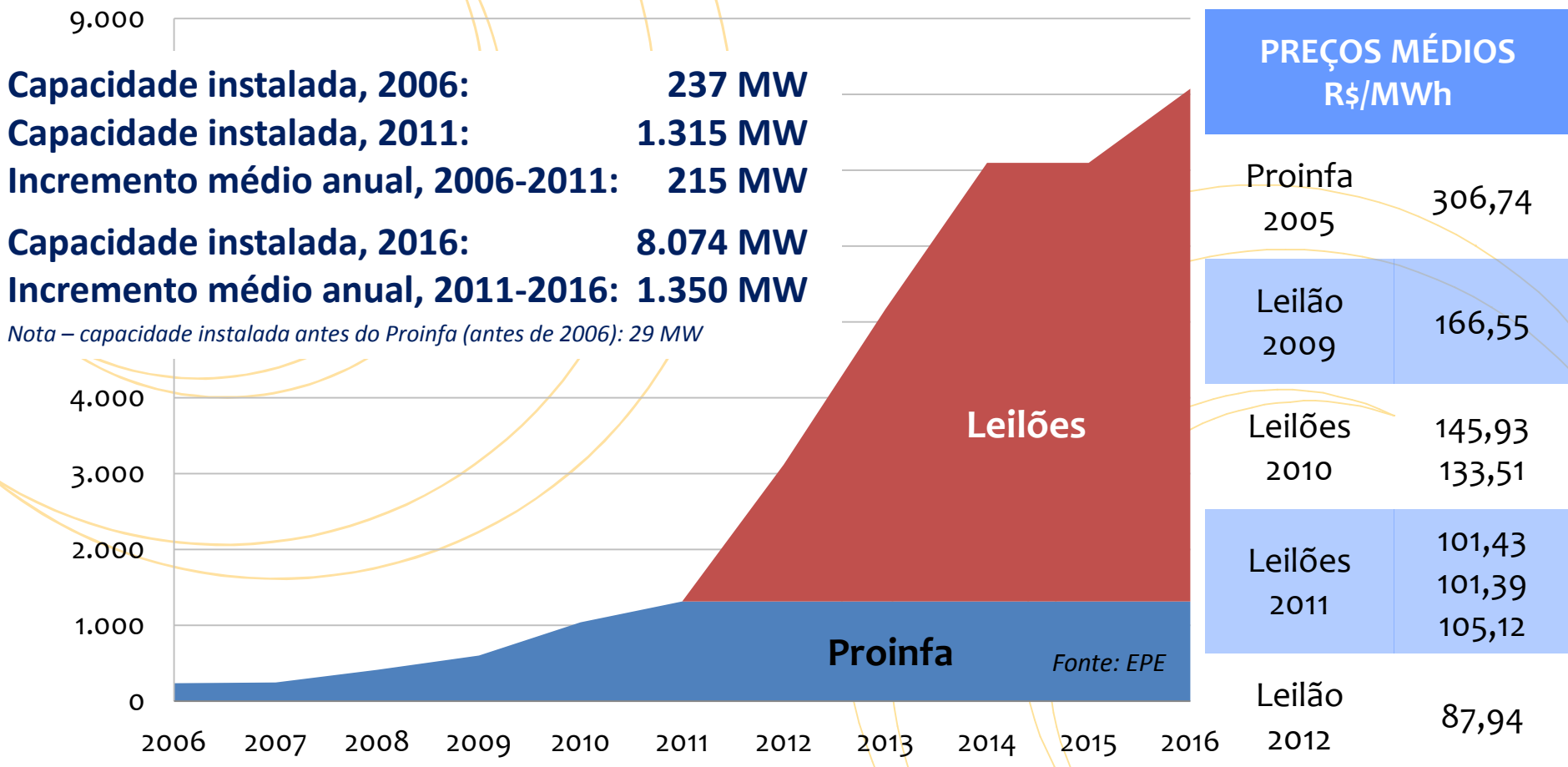
Fonte: EPE (PDE 2021)

# INCREMENTO DA CAPACIDADE INSTALADA EM BIOELETRICIDADE A PARTIR DOS LEILÕES DE EXPANSÃO DA OFERTA, MW

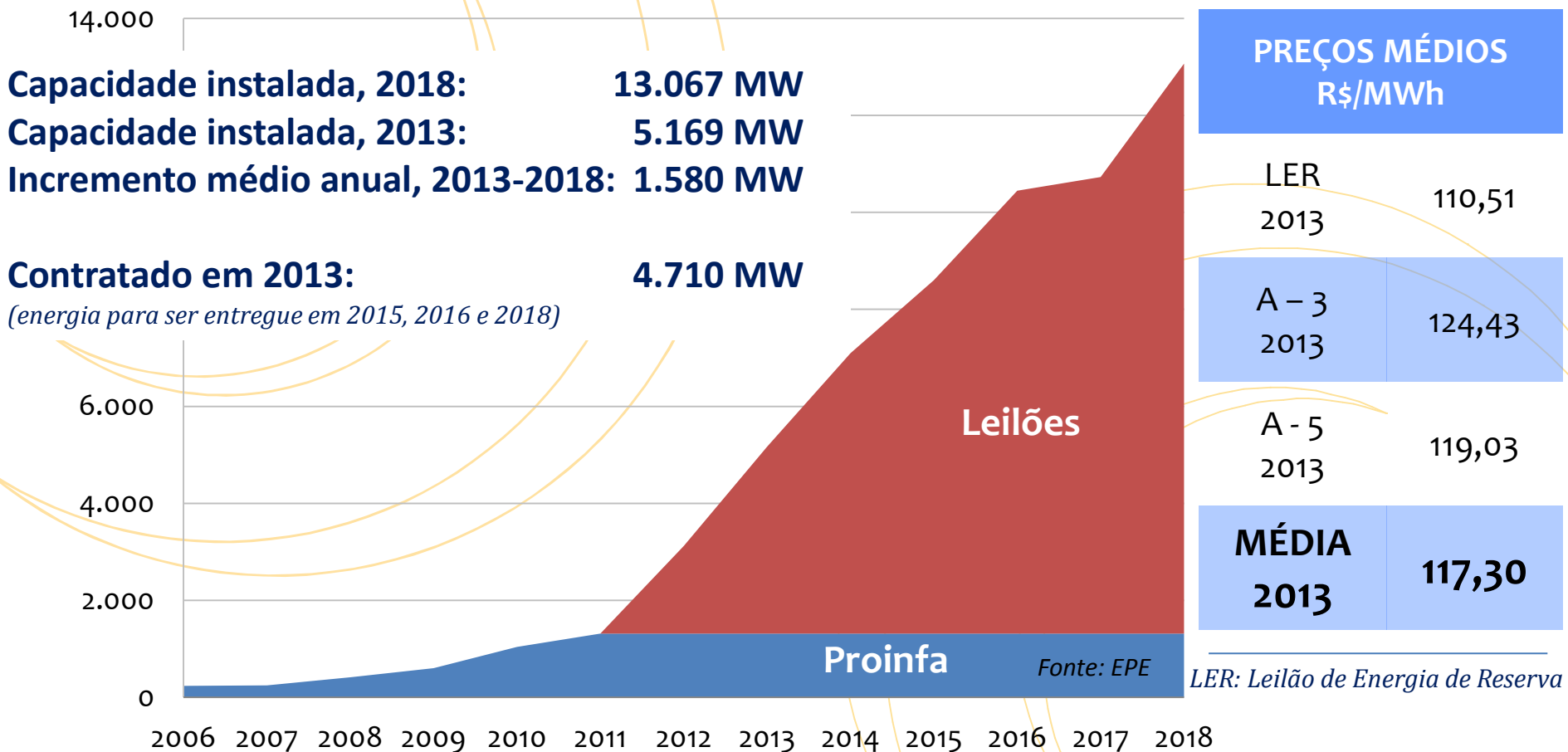


# INCREMENTO DA CAPACIDADE INSTALADA EM ENERGIA EÓLICA

## A PARTIR DOS LEILÕES DE EXPANSÃO DA OFERTA, MW

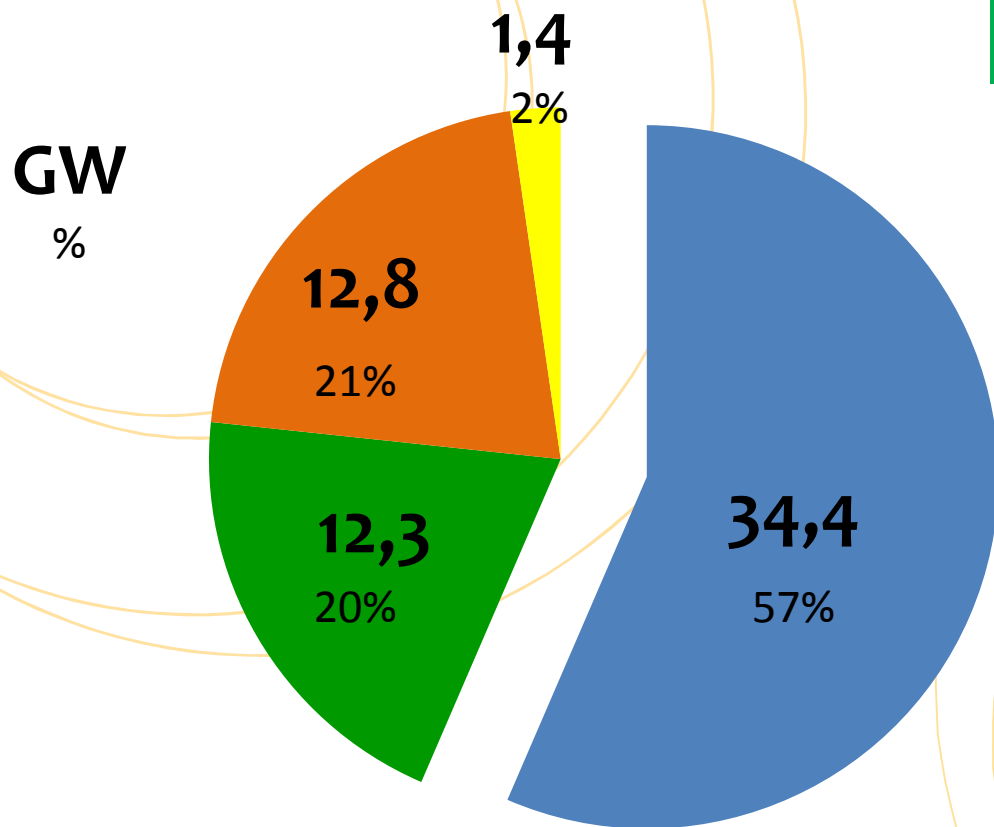


# EXPANSÃO FONTE EÓLICA NOS LEILÕES DE 2013, MW





# SIN: EXPANSÃO JÁ CONTRATADA 2008-2017



**Renováveis: 77%**

■ Hidráulica

■ Renováveis

■ Térmicas

■ Nuclear

FONTE: EPE (PDE 2021)

# INSCRIÇÕES PARA O LEILÃO DE EXPANSÃO DA OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA A - 5 (PREVISTO PARA 12/09/2014)



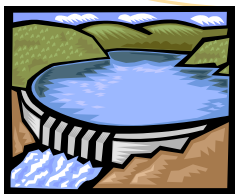
**Eólicas**  
**17.401 MW | 34,2%**



**Solar (PV + CSP)**  
**6.342 MW | 12,5%**



**Biomassa**  
**1.662 MW | 3,3%**



**Hidro + PCH**  
**954 MW | 1,9%**

**# PROJETOS, 1.047**  
**POTÊNCIA, 50.906 MW**  
**RENOVÁVEIS, 51,8%**  
**TÉRMICAS, 52,0%**



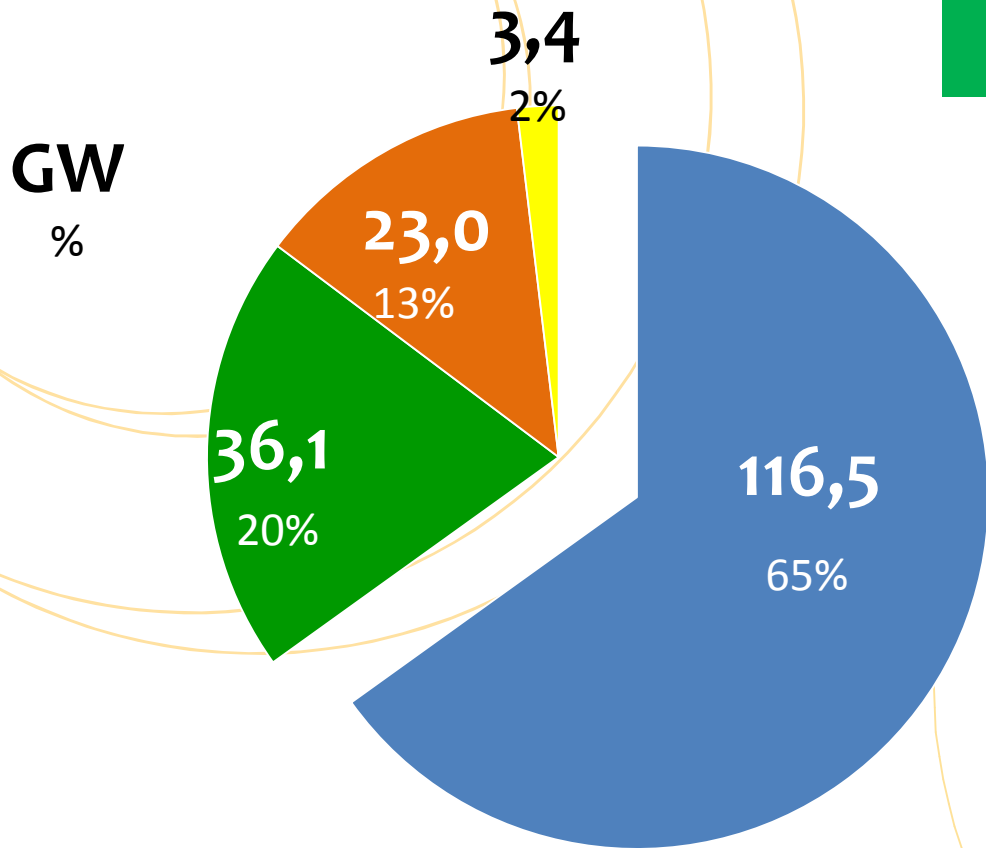
**Gás natural**  
**20.057 MW | 39,4%**



**Carvão**  
**4.490 MW | 8,8%**

# SIN: CAPACIDADE INSTALADA EM 2021 (PROJEÇÃO)

**Renováveis, 2021: 85%**



■ Hidráulica

■ Renováveis

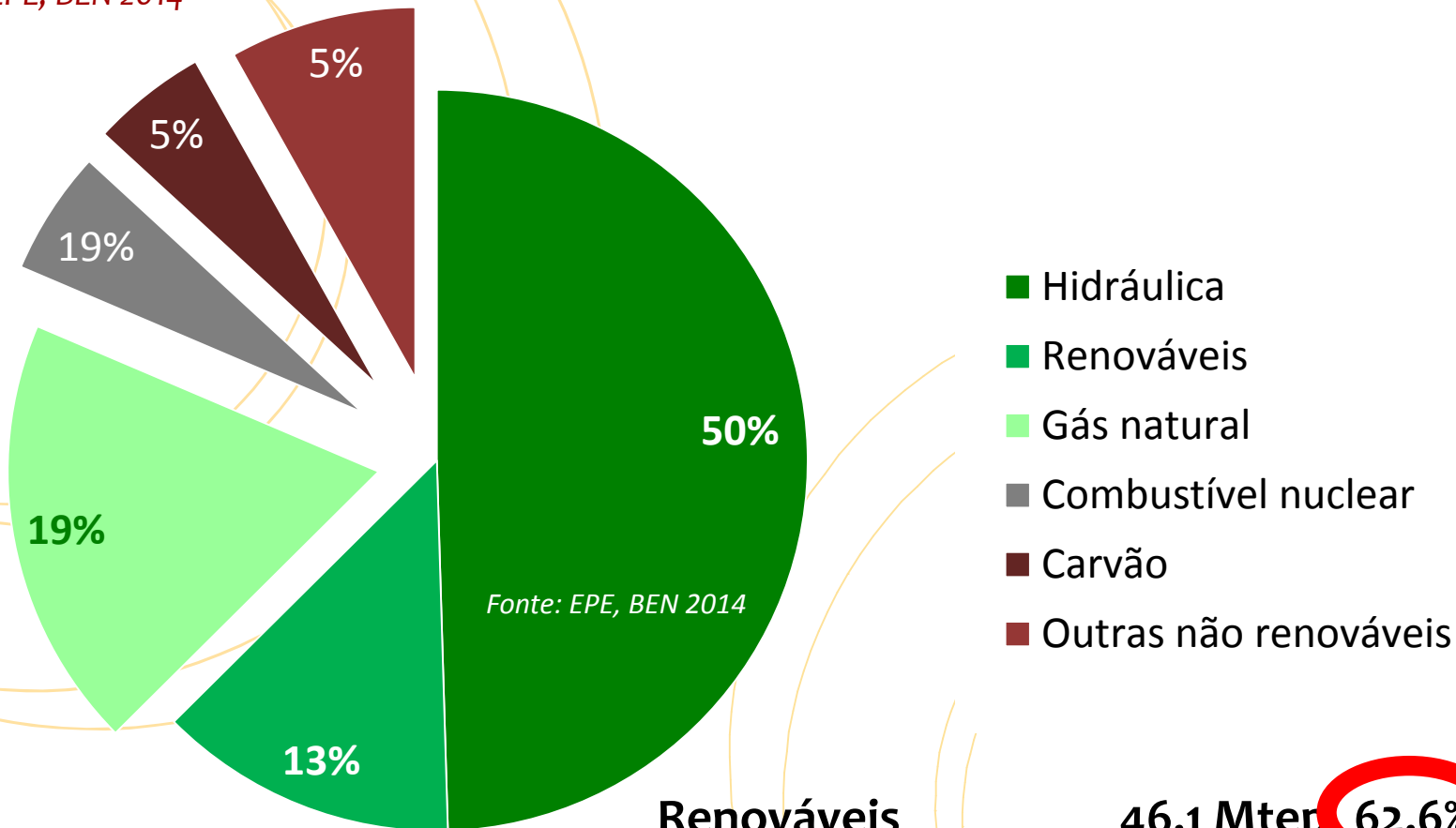
■ Térmicas

■ Nuclear

# Matriz elétrica 2013

Obs.: *Inclui perdas na transformação*; inclui autoprodução

Fonte: EPE, BEN 2014



Fonte: EPE, BEN 2014

<b>Renováveis</b>	<b>46,1 Mtep</b>	<b>62,6%</b>
<b>Não renováveis</b>	<b>27,6 Mtep</b>	<b>37,4%</b>

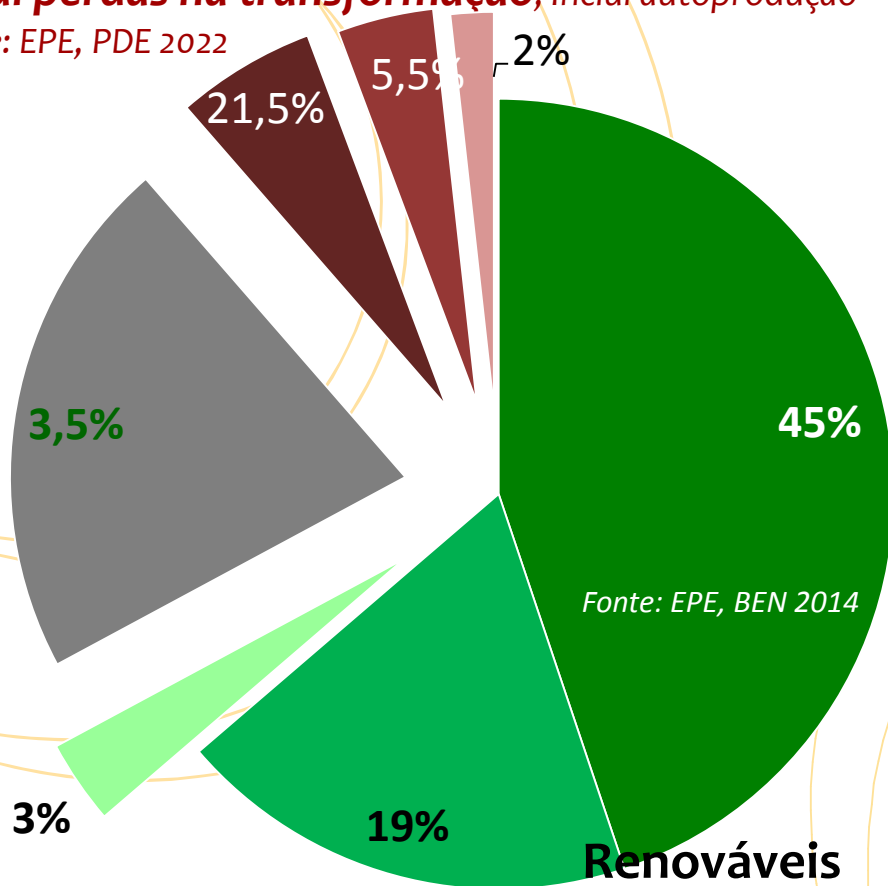
Obs: Hidráulica inclui importação | Biomassa inclui lixívia e outros aproveitamentos de resíduos

# Matriz elétrica 2023

Obs.: considerando a demanda potencial em 2023

**Inclui perdas na transformação; Inclui autoprodução**

Fonte: EPE, PDE 2022



Fonte: EPE, BEN 2014

- Hidráulica
- Renováveis
- Eficiência energética
- Gás natural
- Combustível nuclear
- Carvão
- Outras não renováveis

**Renováveis**

**Não renováveis**

**Eficiência energética**

76,0 Mtep	63,7%	<b>65,9%</b>
39,2 Mtep	32,9%	34,1%
4,1 Mtep	3,4%	



# BALANÇO DE ENERGIA ELÉTRICA

## 2013

## 2022

Oferta potencial			119,3 Mtep	100%		
Eficiência energética			4,1 Mtep	3,4%		
<b>Oferta efetiva</b>	<b>73,7 Mtep</b>	<b>100%</b>	<b>115,2 Mtep</b>	<b>96,6%</b>	<b>100%</b>	
Consumo final	44,4 Mtep	60,2%	67,5 Mtep	56,6%	58,6%	
Perdas na conversão	21,2 Mtep	28,8%	33,9 Mtep	28,4%	29,4%	
Perdas elétricas <i>(vide obs)</i>	8,1 Mtep	11,0%	13,7 Mtep	11,5%	11,9%	

Fontes: EPE, BEN 2014 e PDE 2022

Observação importante: O PDE 2022 foi elaborado em 2013, portanto antes de apurado o BEN 2014, pelo que pequenas inconsistências podem ser encontradas na análise comparada

# FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL

## 1º MINAS MEETING

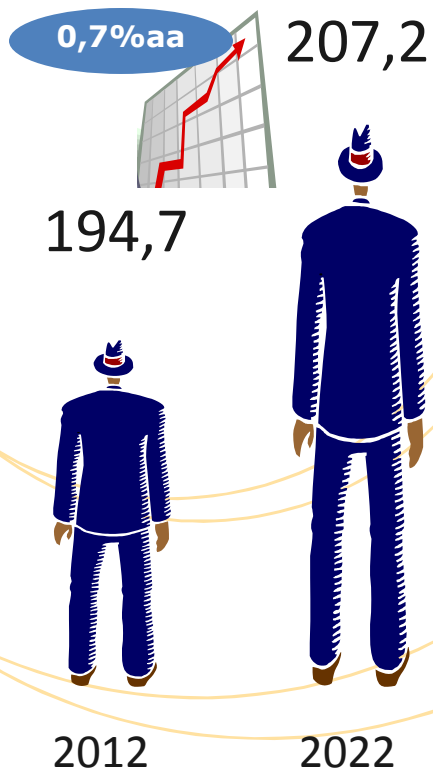
SEMANA DO MEIO AMBIENTE 2014.



# 3

## Questões chave

# ■ Crescimento demográfico



Fonte: EPE



$\Delta = 12,5$  milhões de pessoas

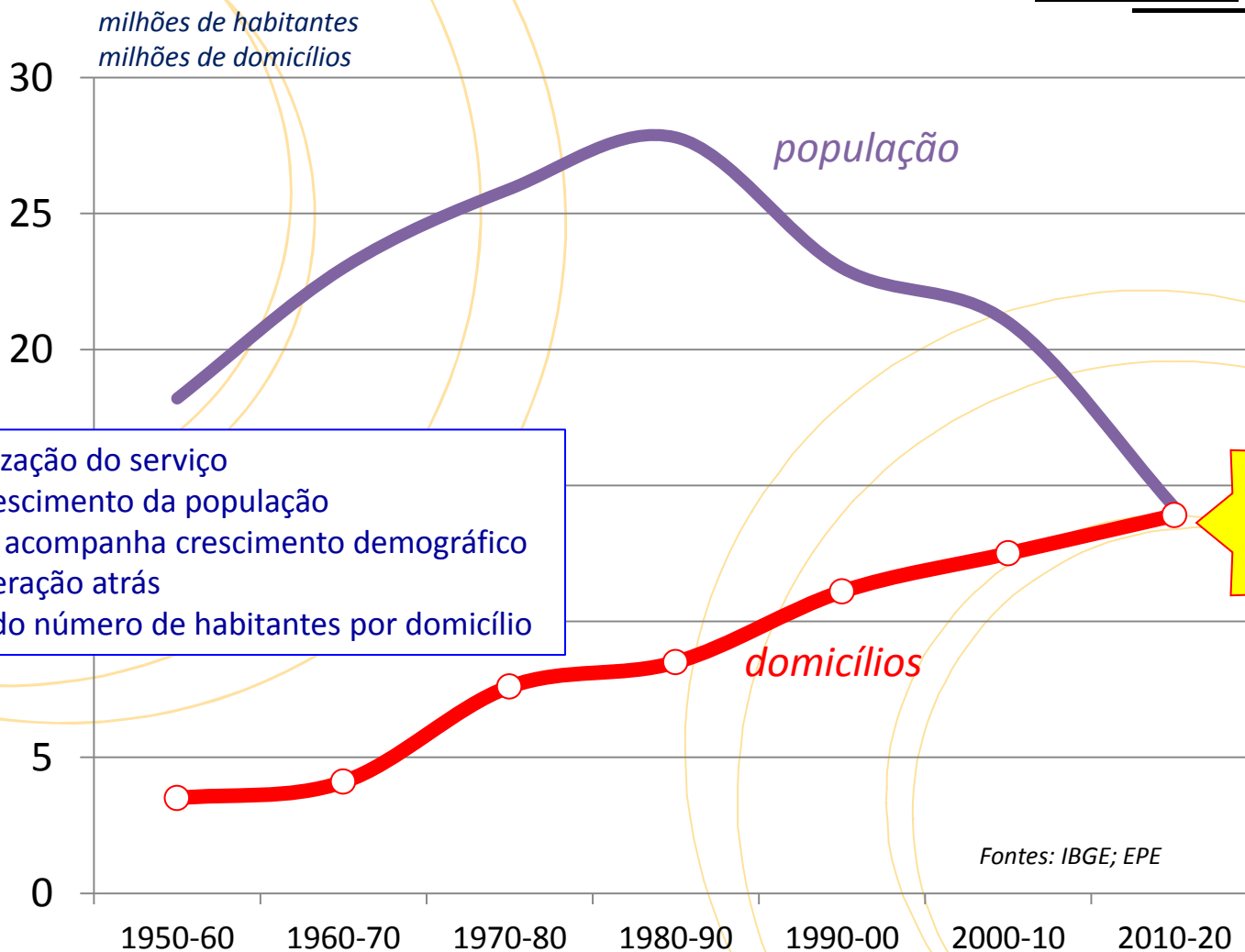
- *equivalente a 1,2 vezes a população atual da Bélgica*



- *equivalente à população atual do Rio Grande do Sul ou do Paraná (cada um tem em torno de 11 milhões, est. 2013)*



# ▪ Domicílios (acréscimo no período)



- Universalização do serviço
- Menor crescimento da população
- Demanda acompanha crescimento demográfico de uma geração atrás
- Redução do número de habitantes por domicílio

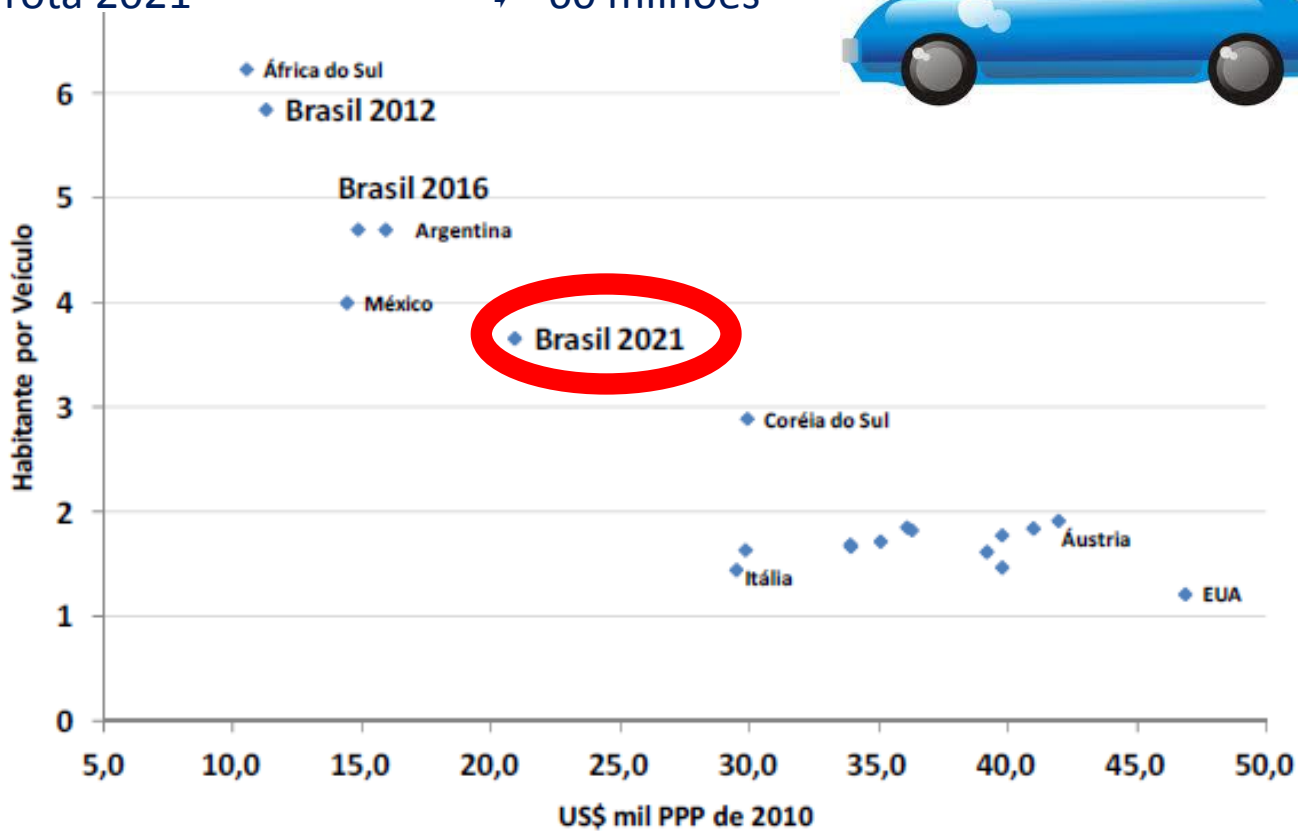
**13,9**

# ▪ Frota de veículos leves

milhões de unidades

Frota atual (2012)      ▶ 36 milhões

Frota 2021              ▶ 60 milhões

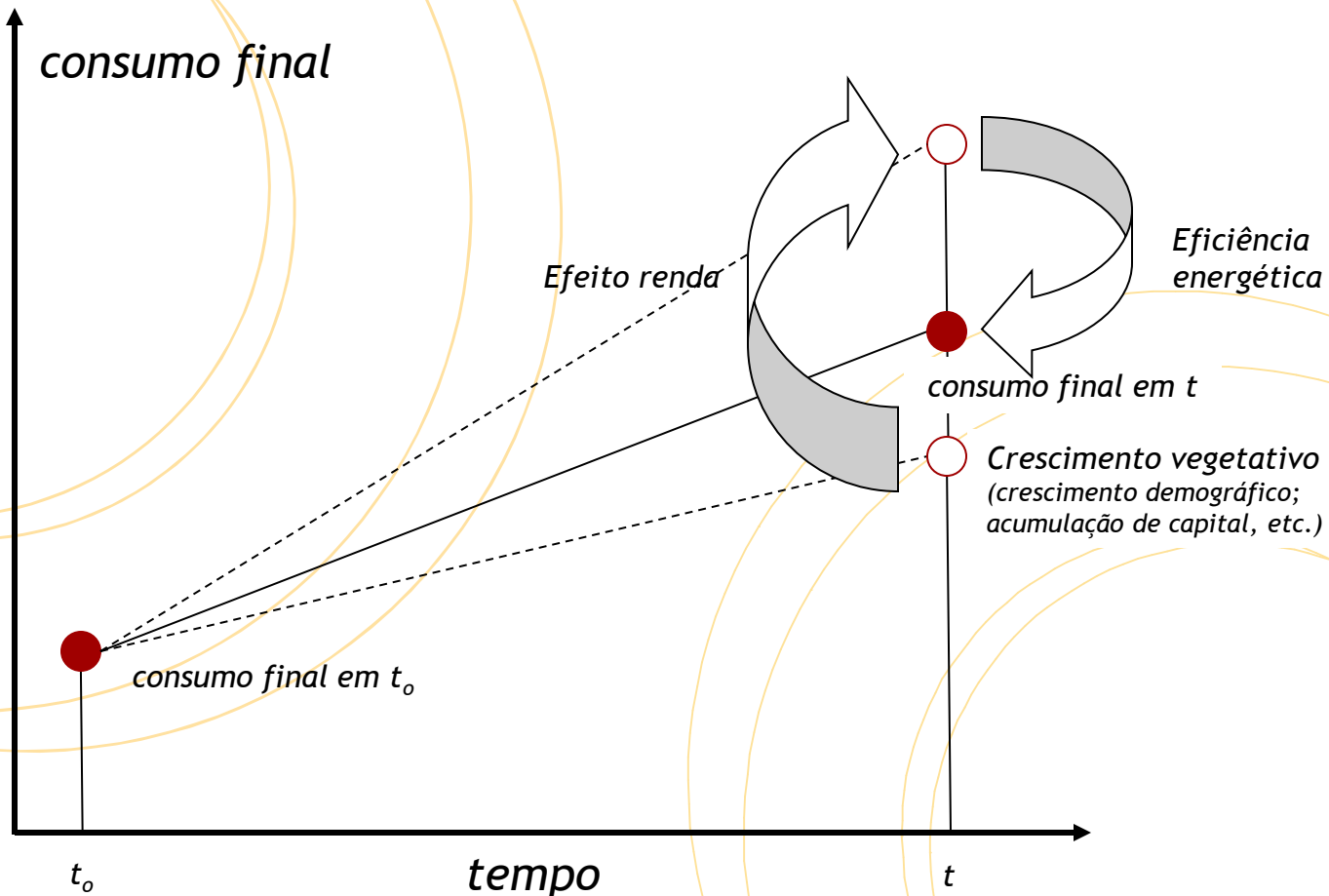


Fontes: ANFAVEA, FMI (Dados históricos de 2010) e EPE (Projeções Brasil)

Fonte: EPE



# ▪ Eficiência energética e efeito renda

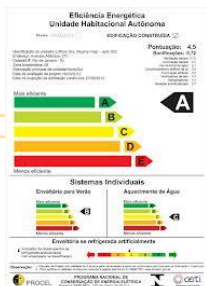
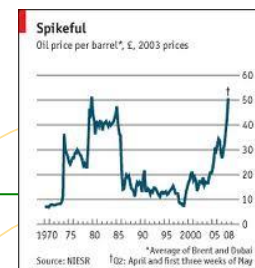


# Questões chave



Dependência energética

Preço da energia



Eficiência energética

Mudanças climáticas  
(emissões CO<sub>2</sub>)



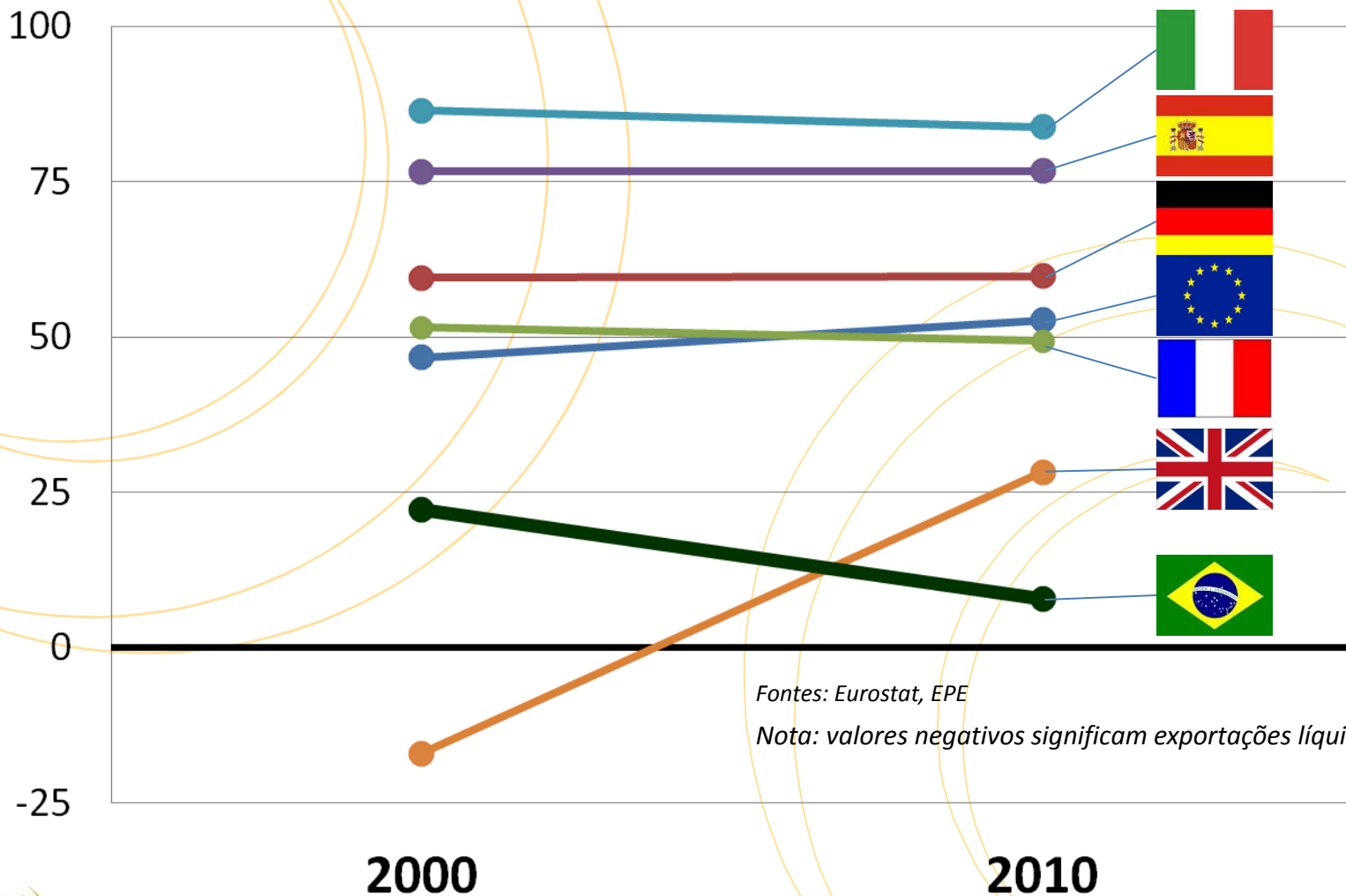
Armazenamento de energia



Mobilidade urbana



# Dependência energética (importações como % do consumo)



Fontes: Eurostat, EPE

Nota: valores negativos significam exportações líquidas

## ▪ Eficiência energética em 2022

### Energia elétrica

48,0 TWh  
(17,8% do acréscimo do consumo)



Energia conservada equivalente

**10.000 MW hidroelétricos**

### Combustíveis

18,5 x 10<sup>6</sup> tep  
(16,5% do acréscimo do consumo)

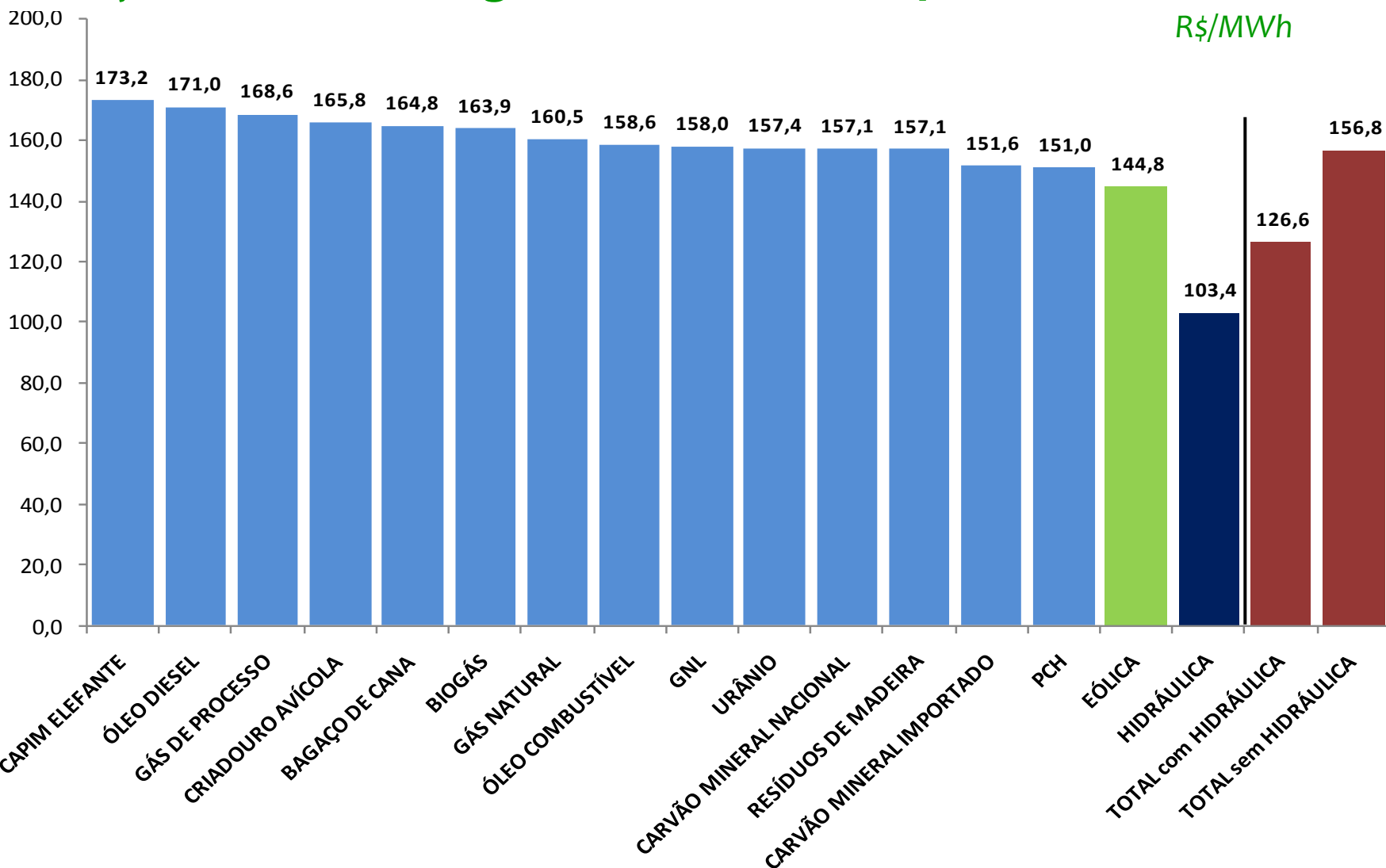


Energia conservada equivalente

**360.000 barris por dia**

Fonte: EPE, PDE 2022

# Preço médio da energia nos leilões de expansão da oferta



Nota: Valores referidos a jan 2011

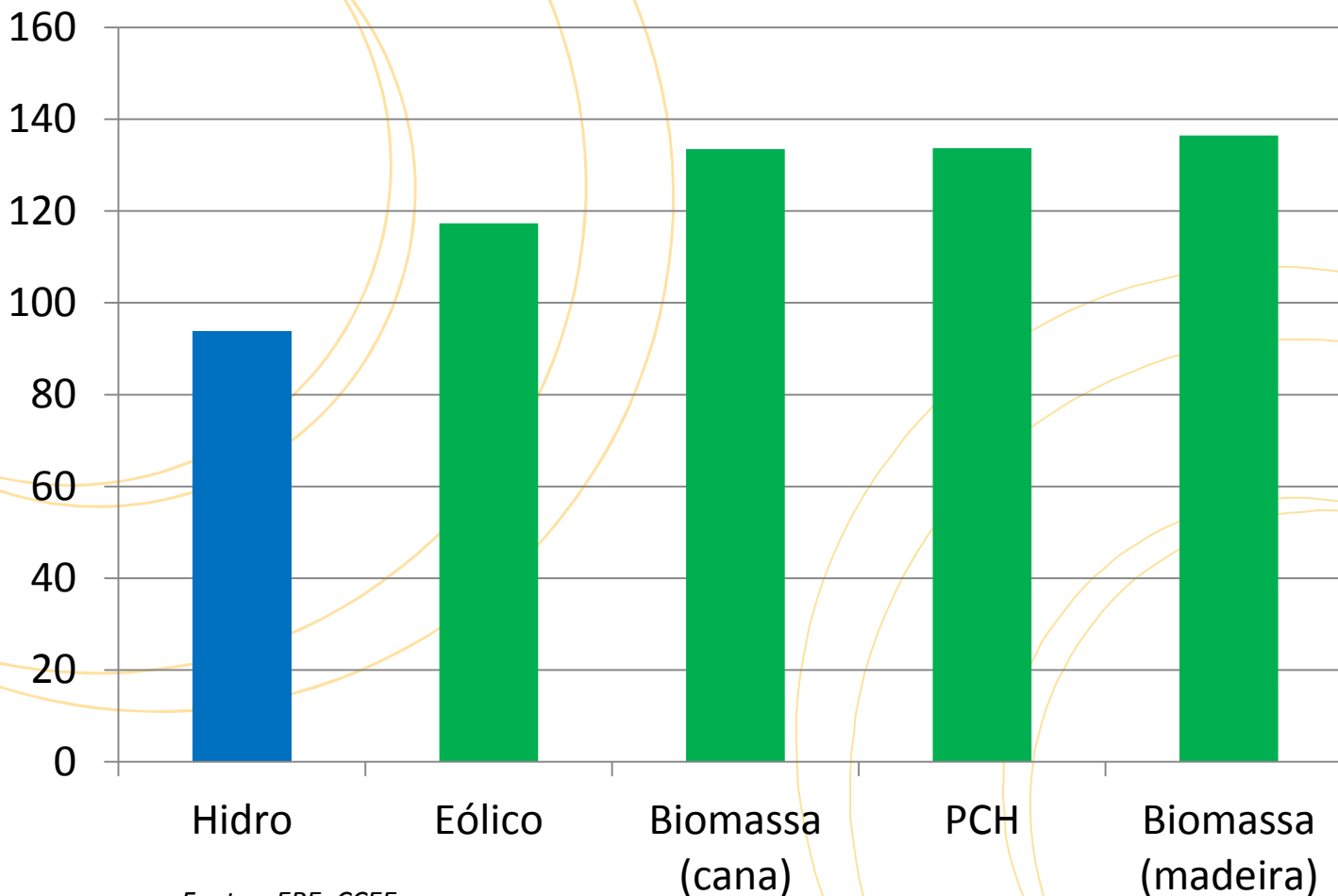
Fonte: EPE



# Preço médio da energia nos leilões de 2013

Foram contratados 7.145 MW

R\$/MWh

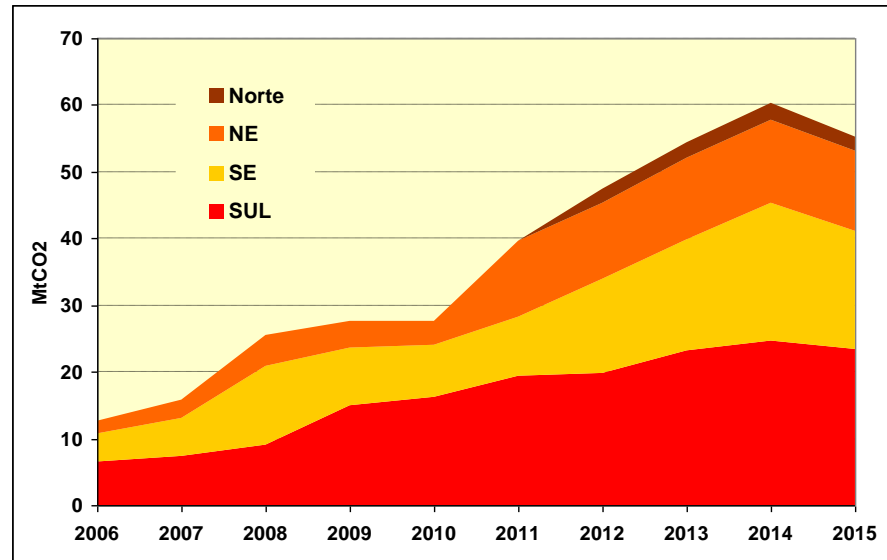
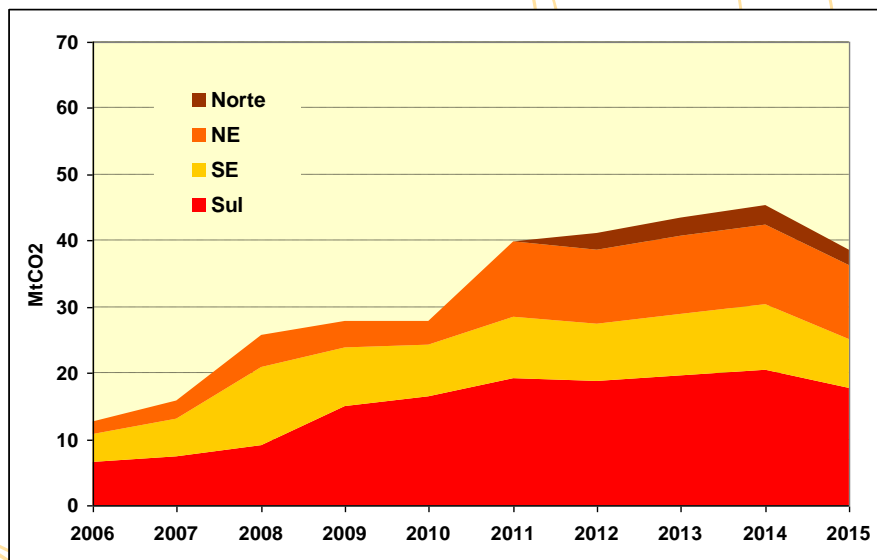


Fontes: EPE, CCEE

# Emissões CO<sub>2</sub>

Expansão **COM** hidráulicas

Expansão **SEM** hidráulicas



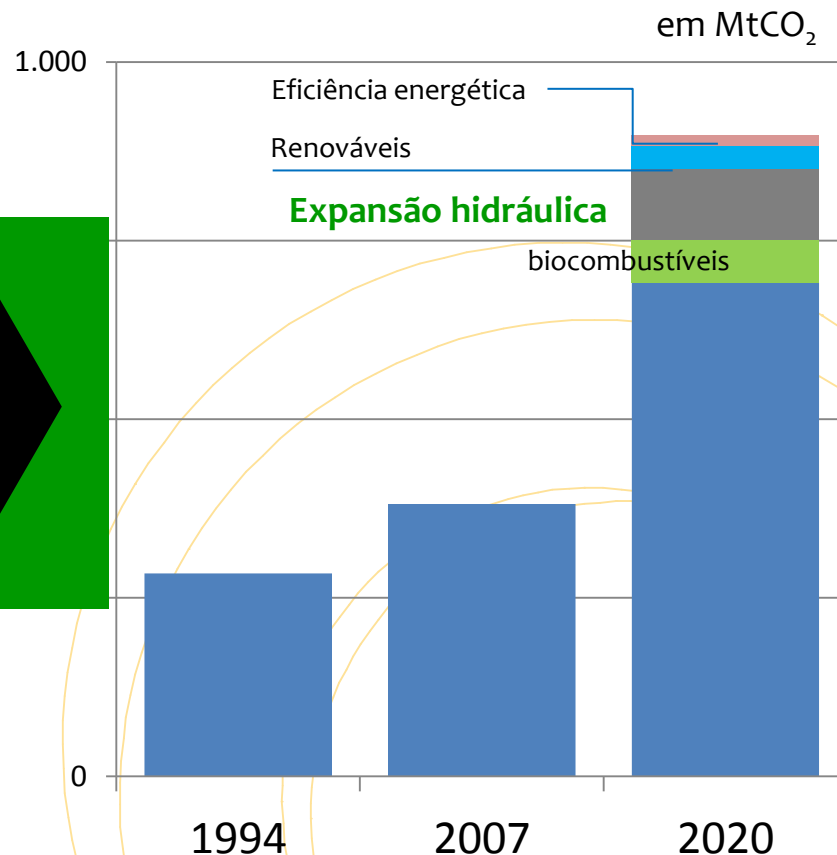
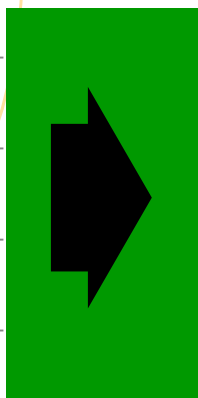
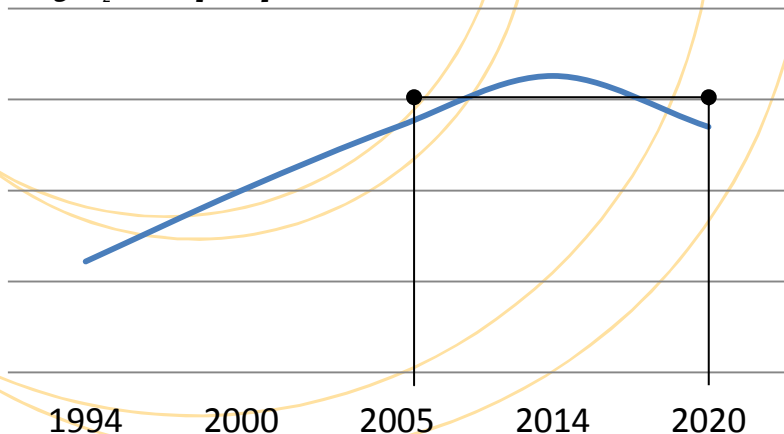
Emissões de CO<sub>2</sub> menos 50% mais altas somente na produção de eletricidade

# Renováveis e metas brasileiras de emissões de CO<sub>2</sub>

(metas anunciadas na COP 15 e formalizadas no Decreto nº 7.390/10)

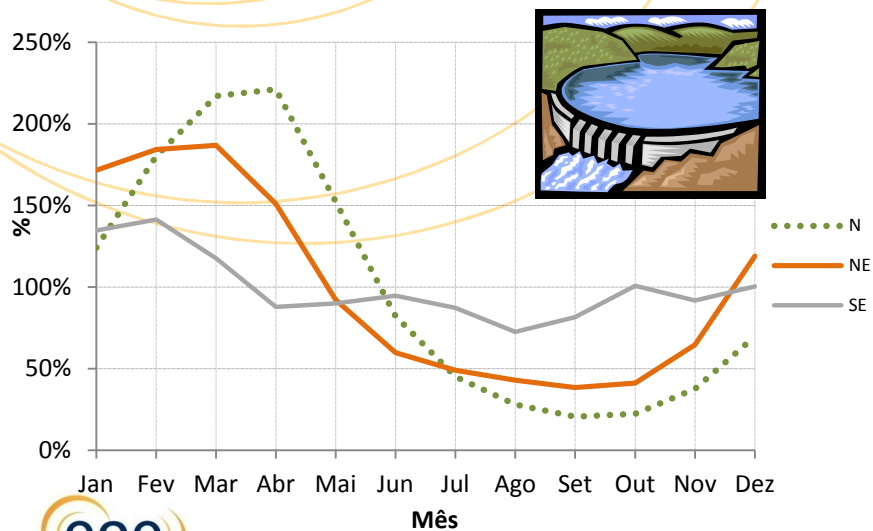
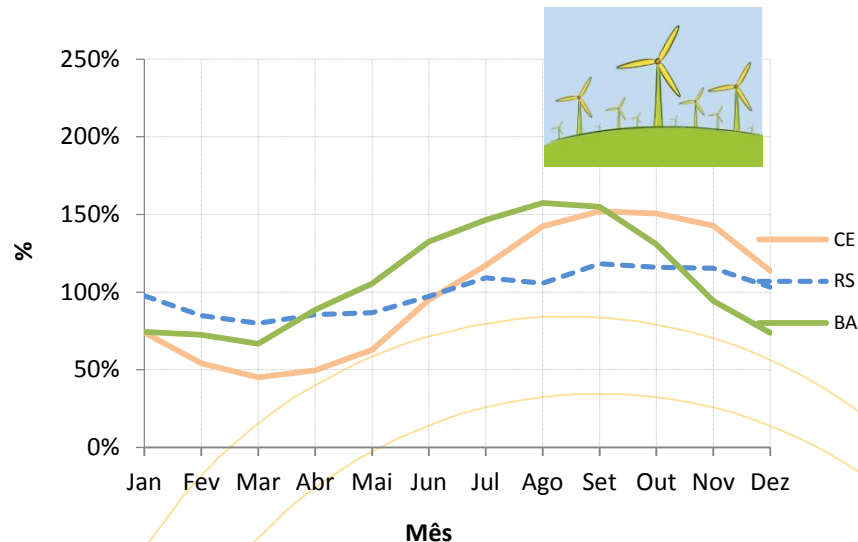
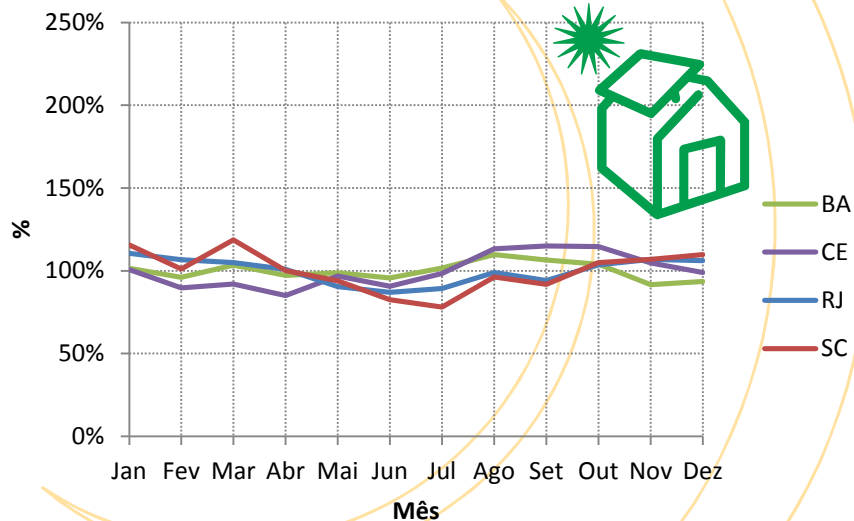
**Intensidade de carbono na economia**

kgCO<sub>2</sub>/10<sup>3</sup> R\$ [2007]



# Armazenamento de energia e as fontes renováveis

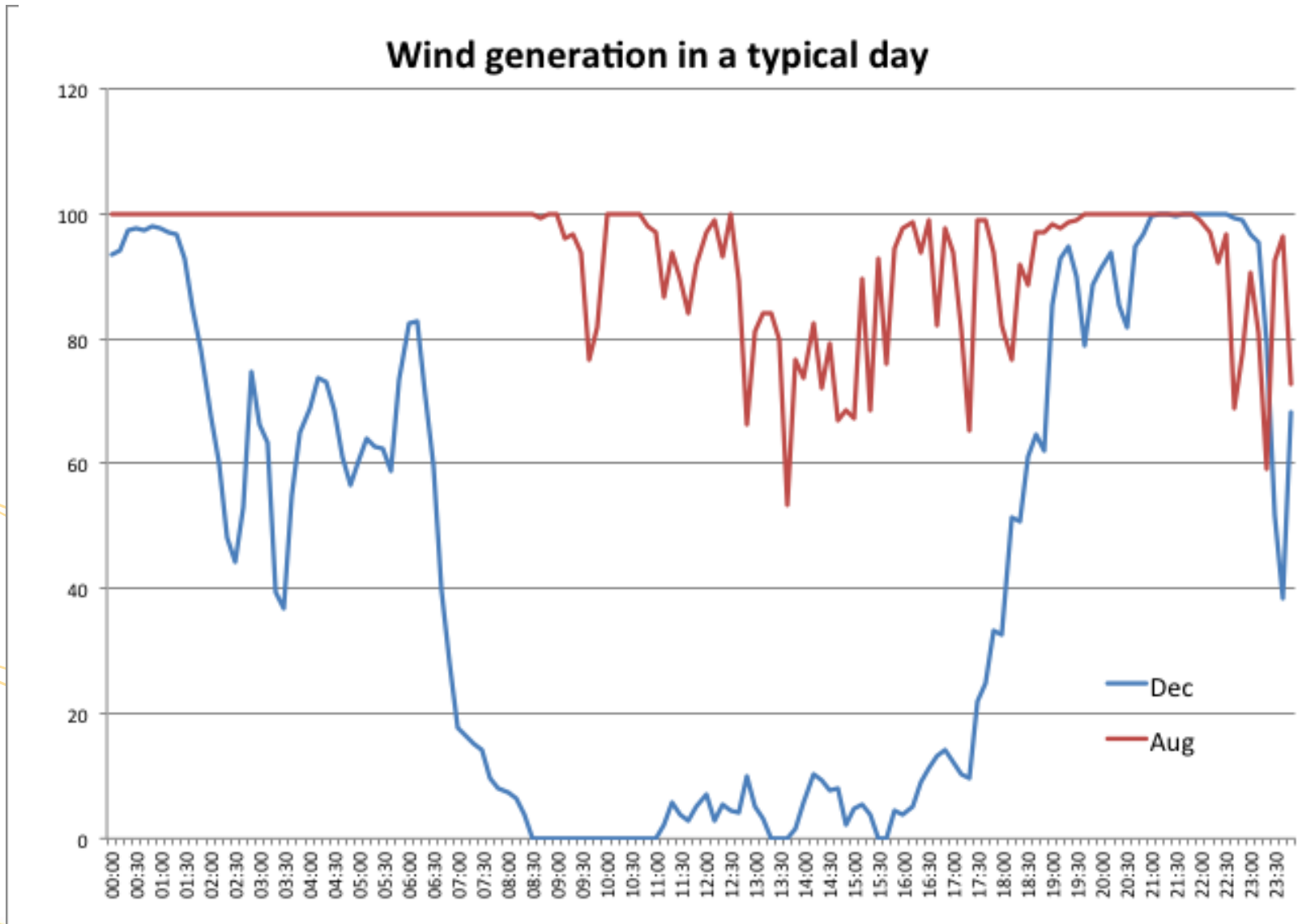
Curva anual da geração esperada (média = 100%)



- Variação anual da geração solar é menor do que a da geração eólica e do que a geração hidráulica

Produzido a partir de PVWatts (NREL)

# Características das fontes renováveis

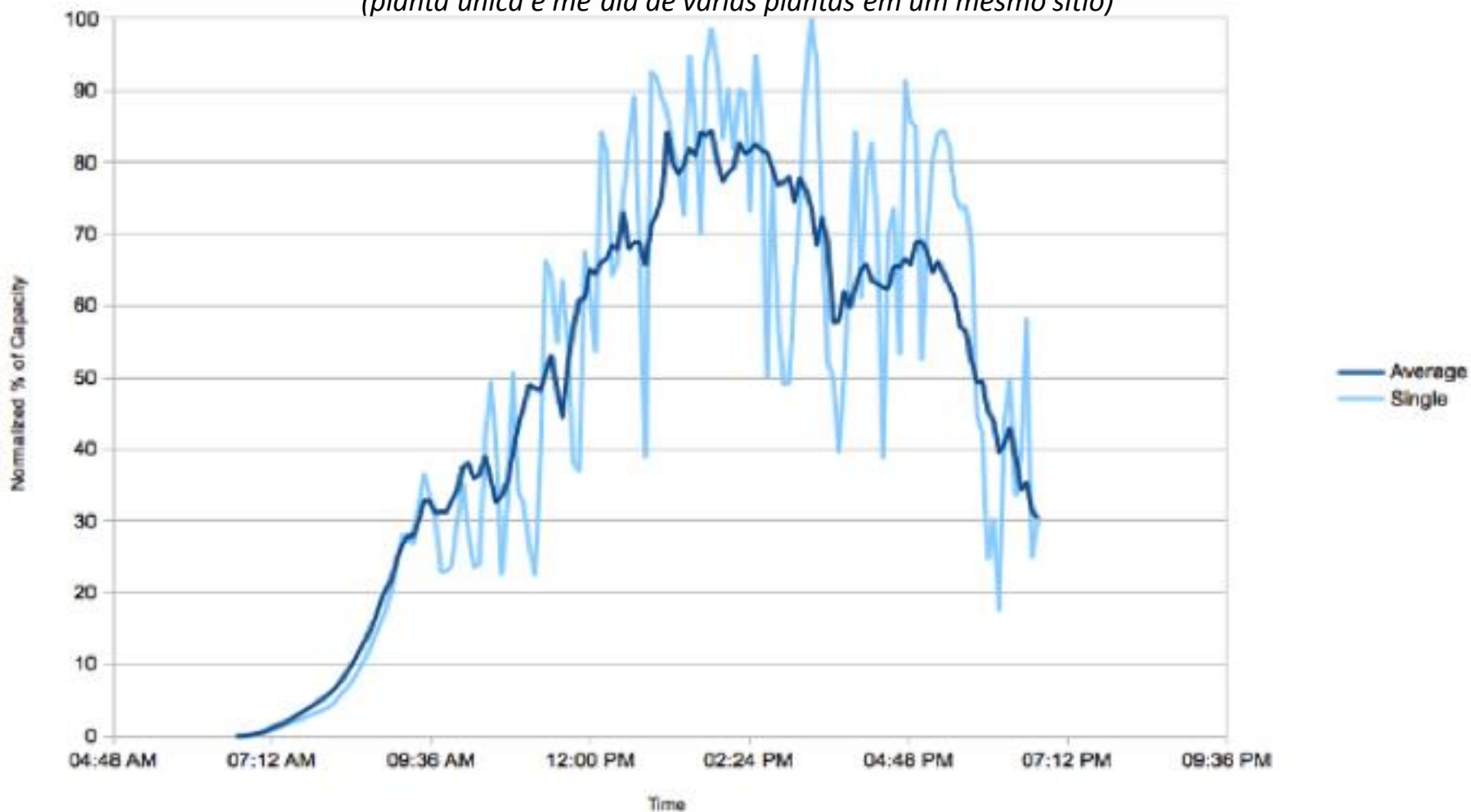




# Características das fontes renováveis

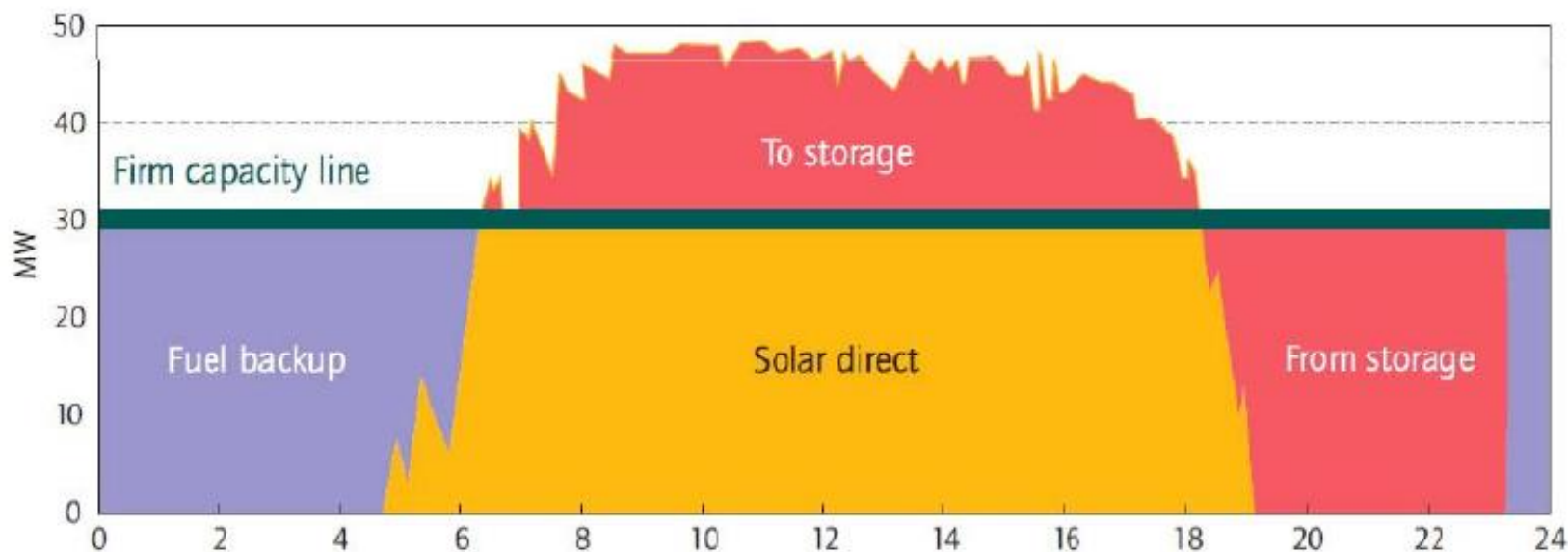
## Geração solar em um dia típico

(planta única e média de várias plantas em um mesmo sítio)



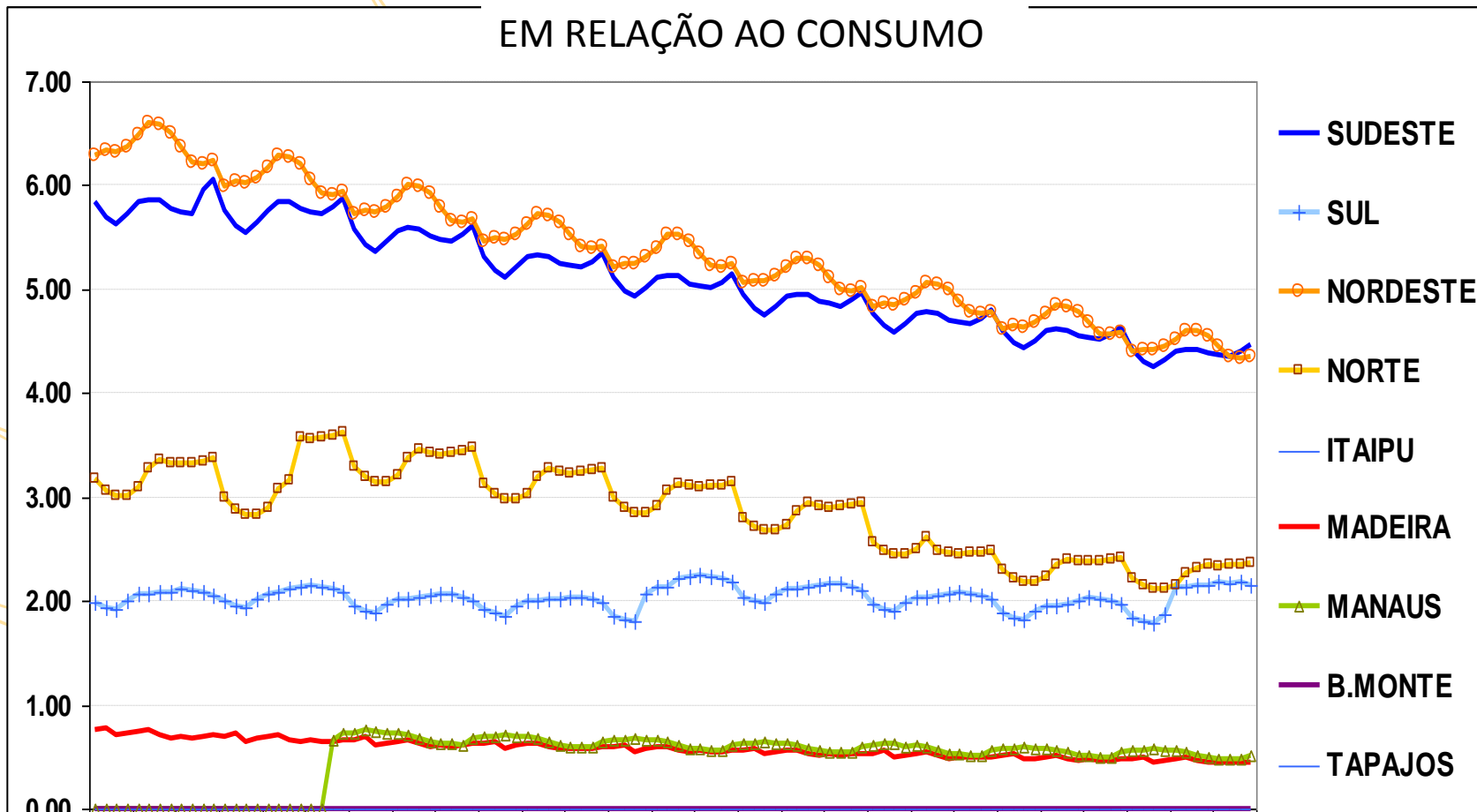
# Características das fontes renováveis

## Geração solar em um dia típico



# CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DOS RESERVATÓRIOS DO SIN

EM RELAÇÃO AO CONSUMO



# Mobilidade [inteligente] urbana



Papel importante terão:

- ✓ *Veículo elétrico*
- ✓ *Smart grid*
- ✓ *Geração distribuída*
- ✓ *Demand side management*
- ✓ *Renováveis*



# Obrigado!



**EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE**



<http://www.epe.gov.br>

Av. Rio Branco, 1 – 11º andar  
20090-003 Rio de Janeiro RJ  
Tel.: + 55 (21) 3512 - 3101