

Ministério de  
Minas e Energia

GOVERNO FEDERAL

# INSERÇÃO DA ENERGIA SOLAR NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

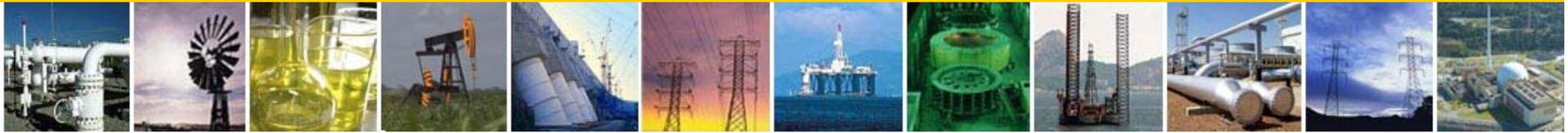
*04 de Setembro de 2015*

*Rio 15 – Evento Internacional de Clima e Energia  
Hotel Novotel  
Rio de Janeiro*



**Empresa de Pesquisa Energética**  
Uma Empresa do Ministério de Minas e Energia

**Mauricio T. Tolmasquim**  
*Presidente*



# PANORAMA MUNDIAL



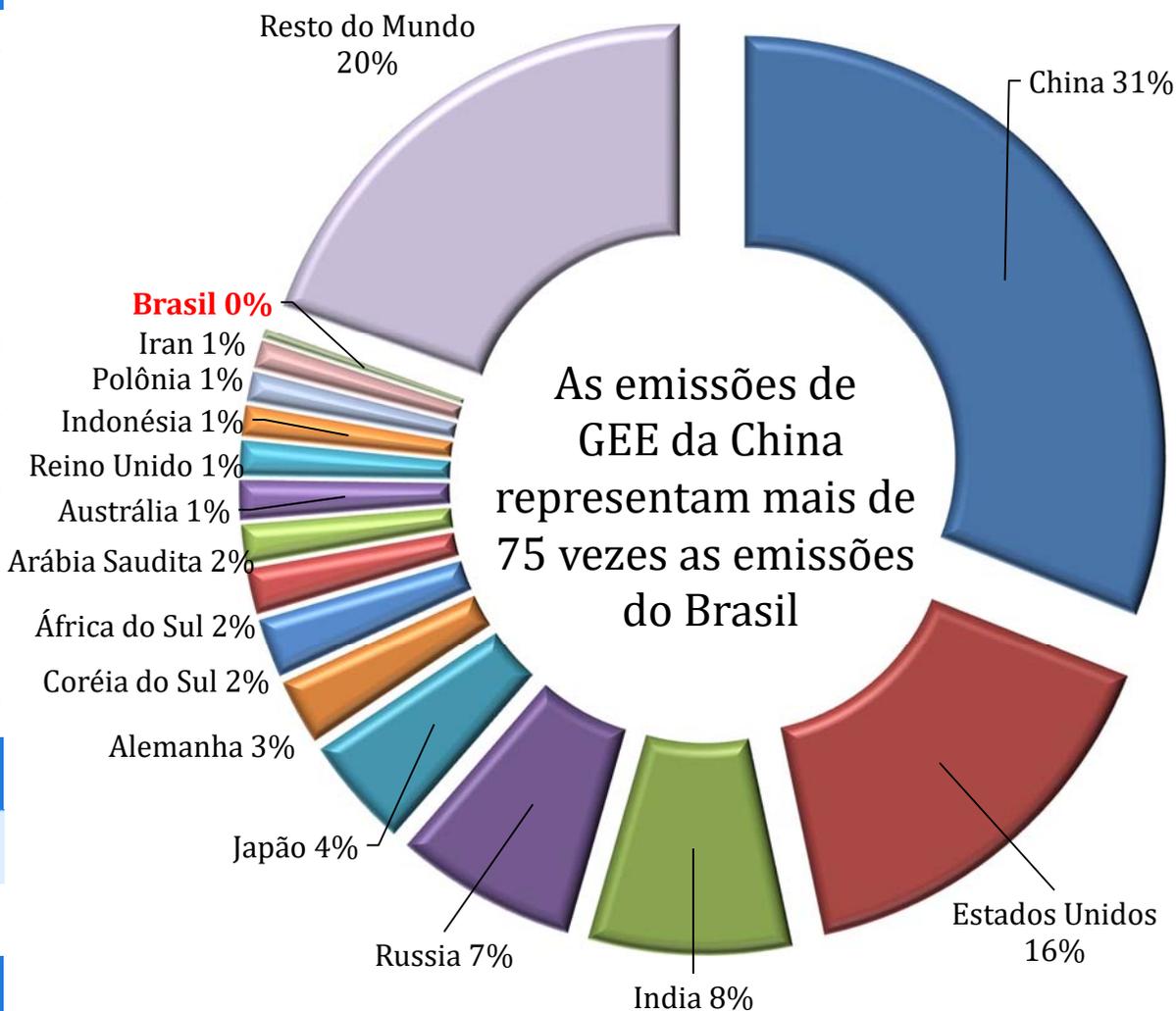
Empresa de Pesquisa Energética  
Uma Empresa do Ministério de Minas e Energia

# EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

## EMISSÕES NO SETOR ELÉTRICO EM 2012



PAÍS	milhões tCO <sub>2</sub> -eq
1º China	4.134
2º Estados Unidos	2.087
3º Índia	1.044
4º Rússia	932
5º Japão	566
6º Alemanha	334
7º Coreia do Sul	305
8º África do Sul	233
9º Arábia Saudita	201
10º Austrália	199
<b>Total 10 Maiores</b>	<b>10.034</b>
29º Brasil	54
Demais Países	3.248
<b>Total Mundo</b>	<b>13.337</b>

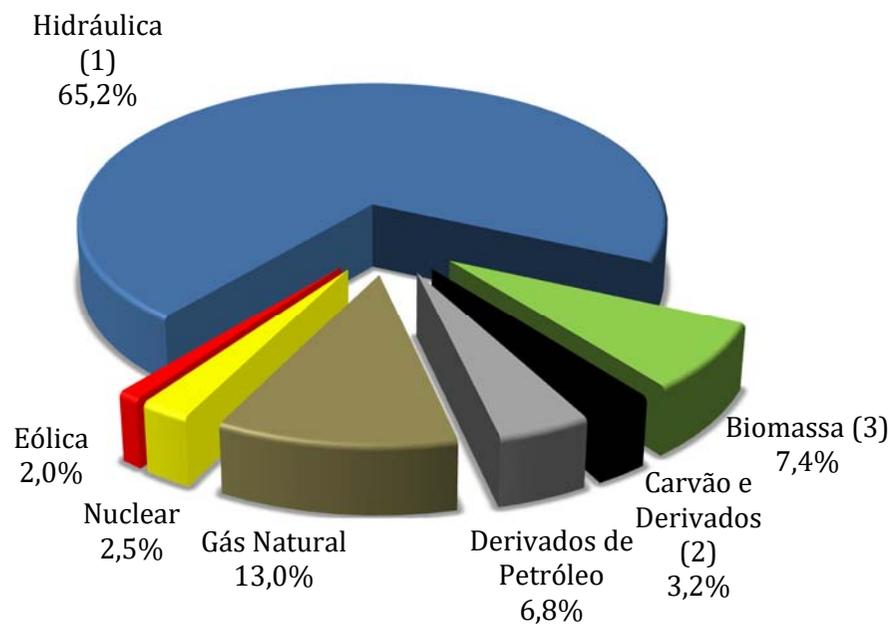


Fonte: IEA 2014

# GERAÇÃO DE ELETRICIDADE BRASIL X MUNDO



**BRASIL 2014**  
RENOVÁVEIS = 78,2%

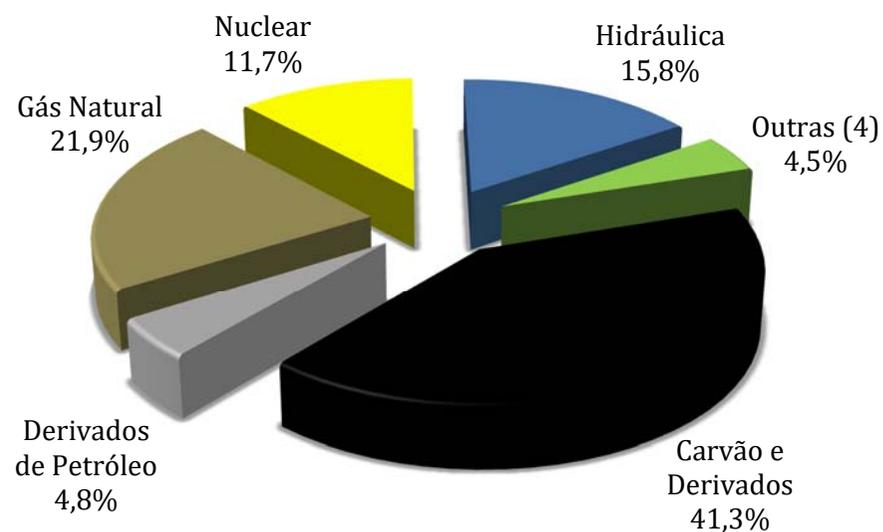


*1 Inclui importação*

*2 Inclui gás de coqueria*

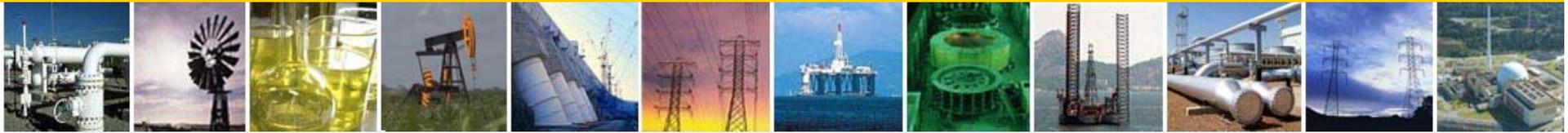
*3 Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações*

**MUNDO 2011**  
RENOVÁVEIS = 20,3%



*4 Inclui geotermal, solar, eólica, combustíveis renováveis, rejeitos e lenha*

Fontes: EPE [BEN 2015]  
e IEA [Key World Energy Statistics - 2013]



# PANORAMA MUNDIAL DA ENERGIA SOLAR



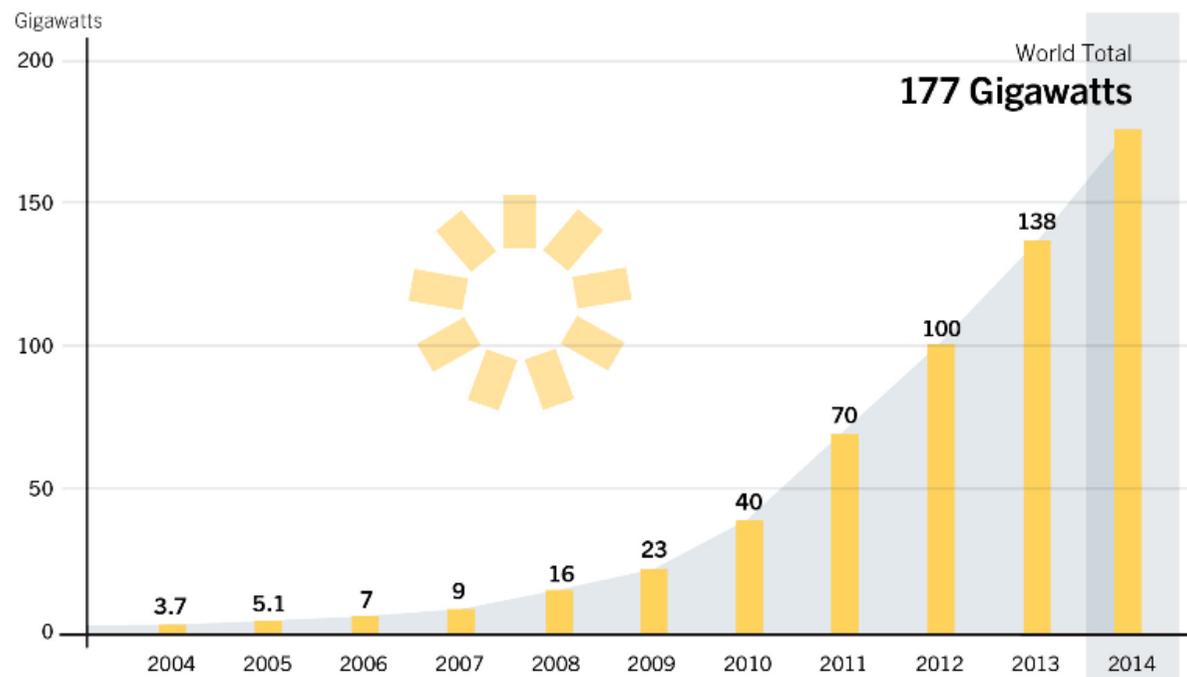
Empresa de Pesquisa Energética  
Uma Empresa do Ministério de Minas e Energia

# EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA



- A fonte fotovoltaica alcançou 177 GW instalados em 2014;
- Taxa de crescimento de 47% a.a. entre 2004 e 2014.

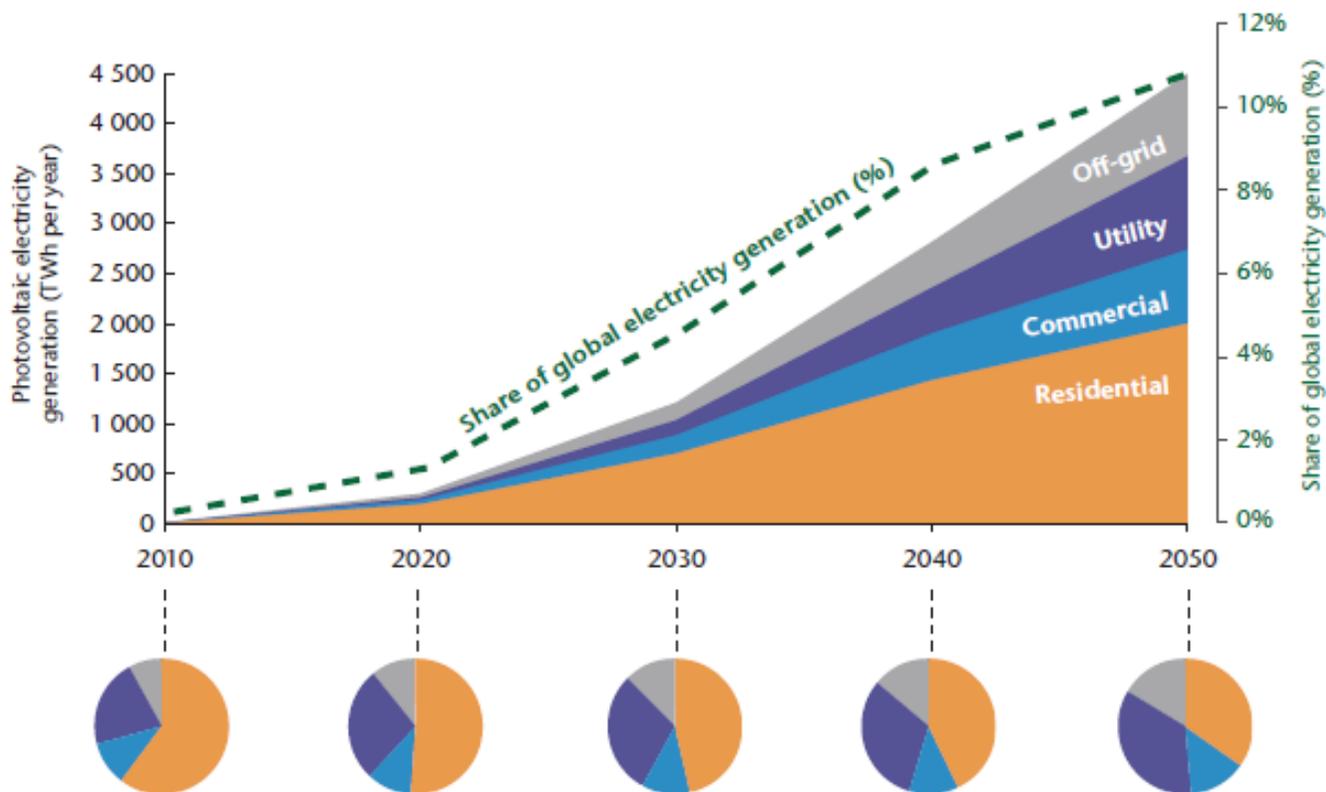
Solar PV Global Capacity, 2004–2014



Fonte: REN21 – Renewables 2015 – Global Status Report

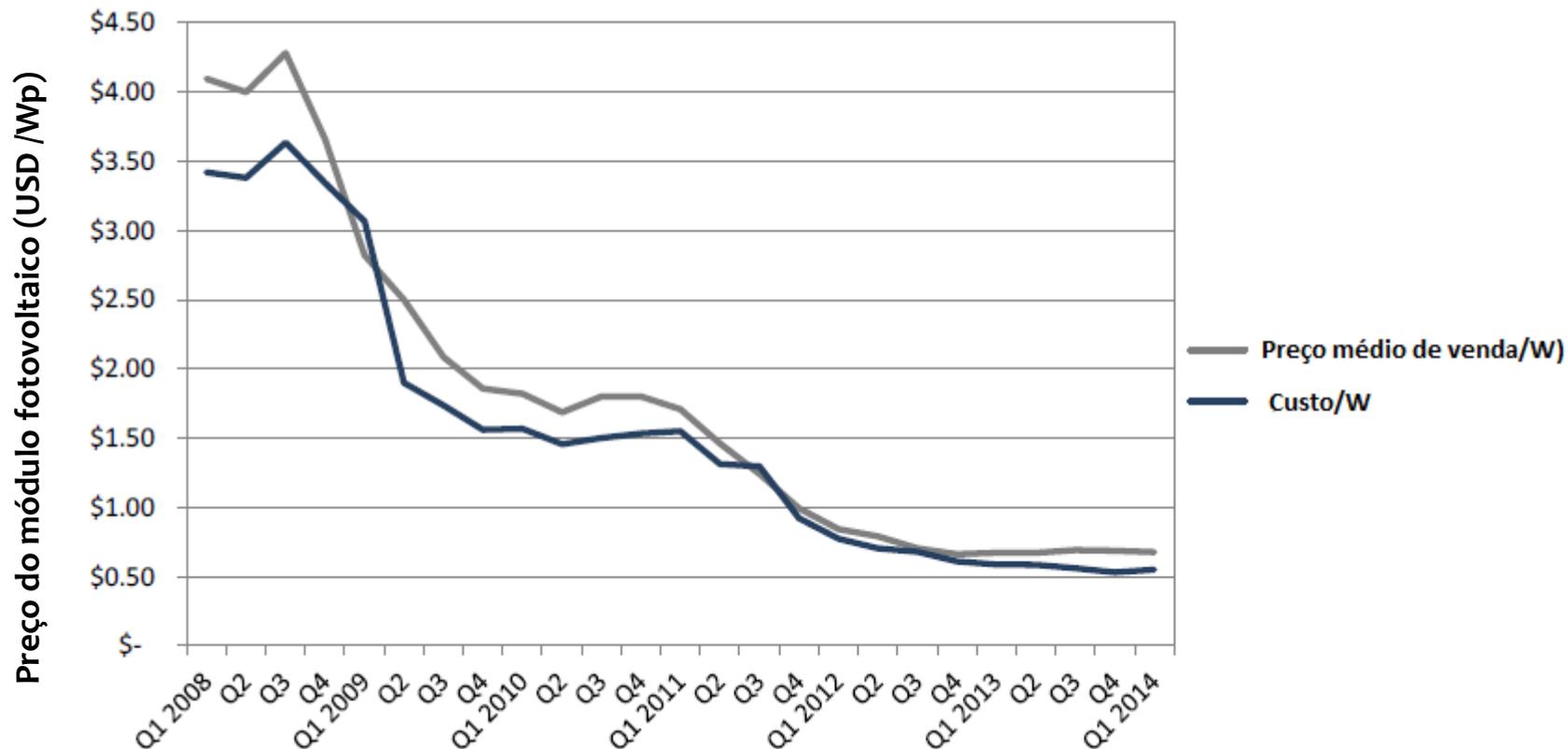
# EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA

- Em 2050, a energia solar terá participação de cerca de 11% na geração de energia elétrica no mundo;
- Apesar do crescimento da geração centralizada de grande porte, a geração distribuída (conectada ou não à rede) deve responder por 60% da geração fotovoltaica no mundo, em 2050 (IEA).



Fonte: IEA – Technology Roadmap – Solar Photovoltaic Energy

# EVOLUÇÃO DO CUSTO DE INVESTIMENTO - PAINÉIS

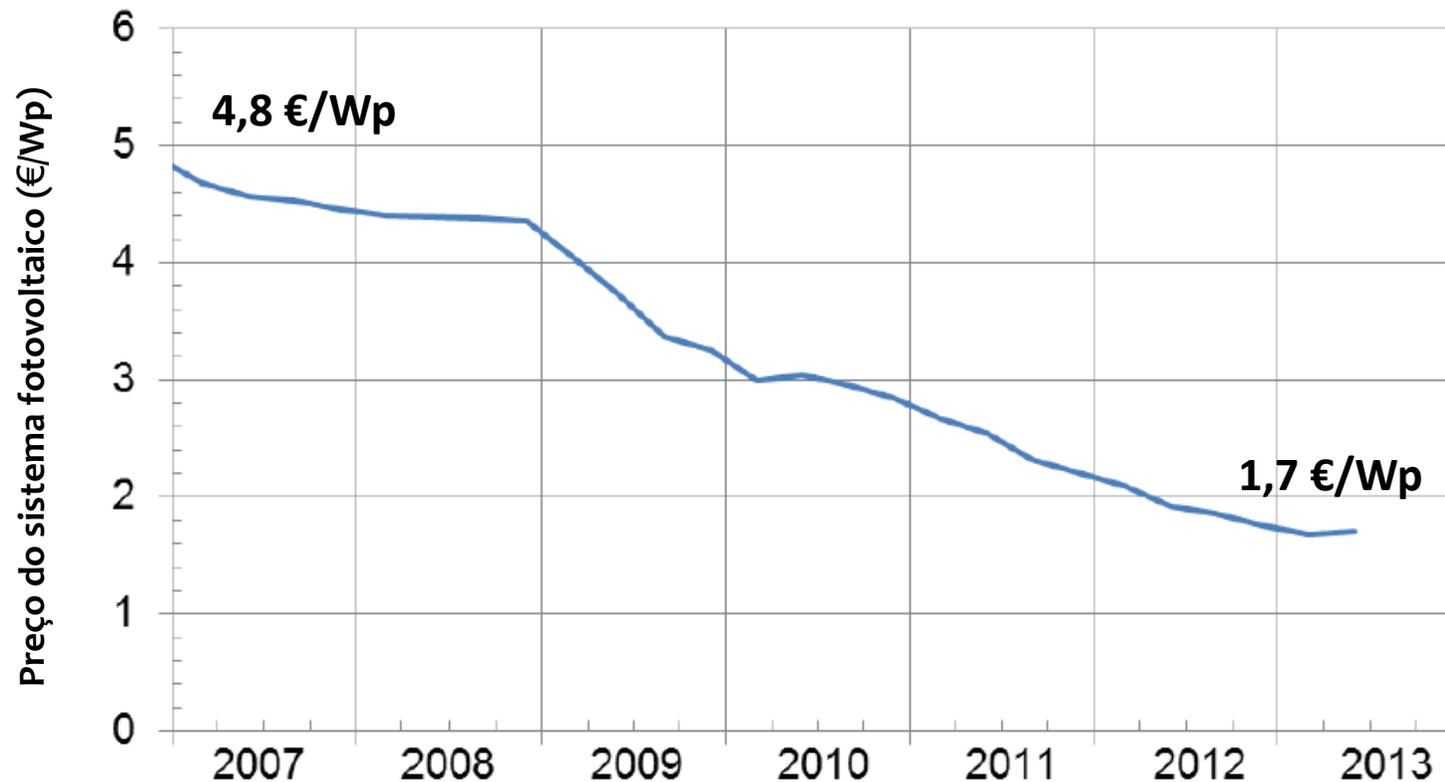


Nota: Módulos de silício cristalino

Fonte: Canaccord Genuity, 2014

- Preço atingiu valor médio de 0,7 US\$/Wp em 2014 (menos de 20% do que era em 2008);
- A curva de aprendizagem da tecnologia é de 22% nas últimas três décadas. Ou seja, cada vez que a capacidade instalada dobrou, o preço caiu 22%.

# EVOLUÇÃO DO CUSTO DE INVESTIMENTO – SISTEMA COMPLETO



Nota: Preço médio ao consumidor final em instalações da Alemanha de até 10 kWp.

Fonte: Recent Facts about Photovoltaics in Germany, Maio de 2015.

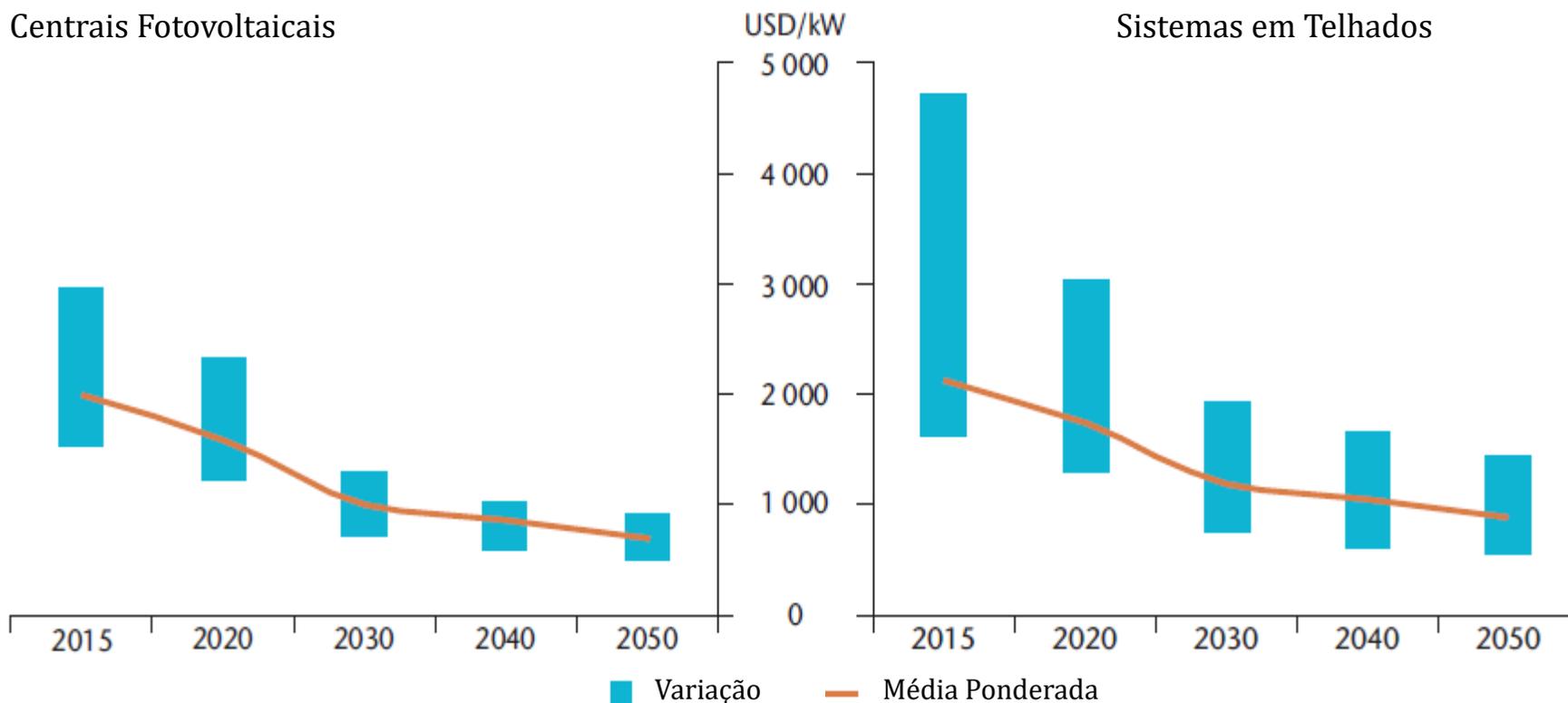
- Preço dos sistemas caiu em 2013 para 1/3 do seu valor em 2007.

# PERSPECTIVA DE REDUÇÃO DE CUSTOS



- As estimativas da IEA apontam uma redução de 50% no custo de investimento entre 2015 e 2030.
- De 2030 a 2050 projeta-se uma queda de 30% no custo de investimento

Centrais Fotovoltaicas



Fonte: IEA - Technology Roadmap - Solar Photovoltaic Energy - 2014



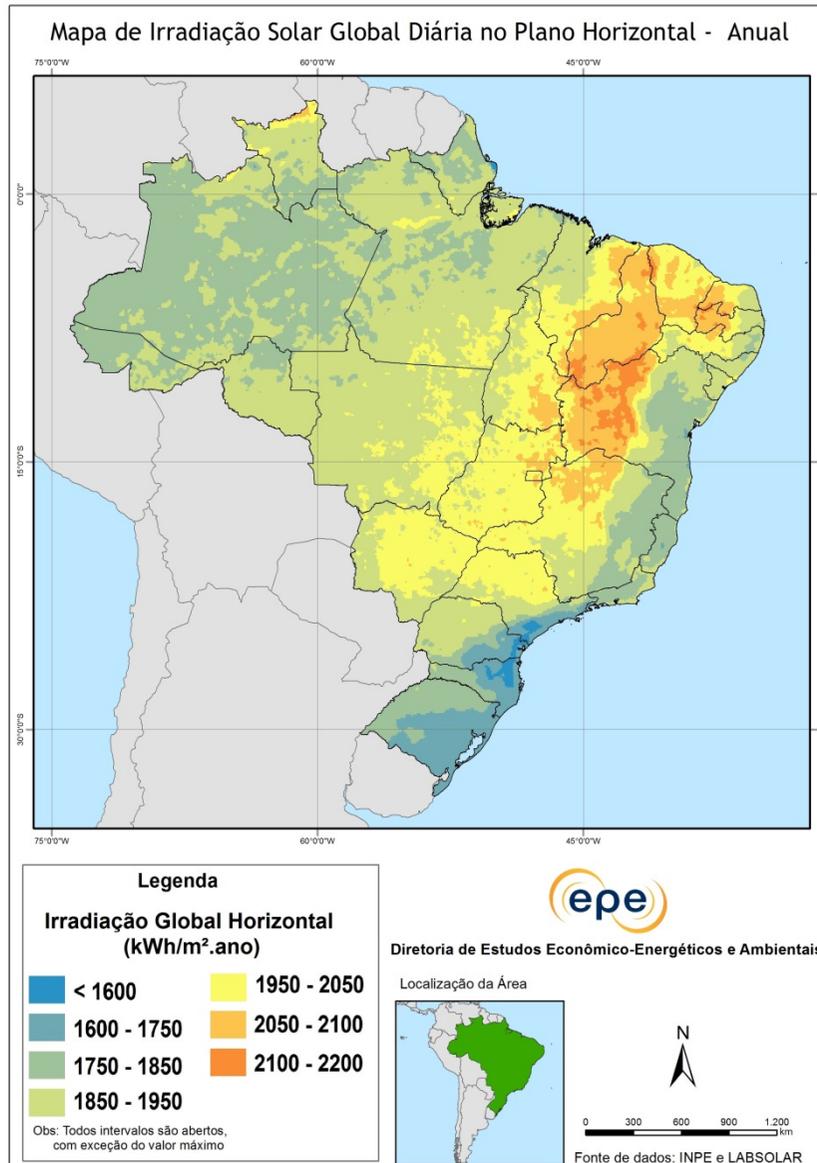
# PANORAMA NACIONAL DA ENERGIA SOLAR



Empresa de Pesquisa Energética  
Uma Empresa do Ministério de Minas e Energia

# O RECURSO SOLAR

## MAPA BRASILEIRO DE IRRADIAÇÃO GLOBAL



País	Irradiação Solar Global Diária no Plano Horizontal - Anual (kWh/m <sup>2</sup> )
Brasil	1.500 – 2.200
Alemanha	900 – 1.250
França	900 – 1.650
Espanha	1.200 – 1.850

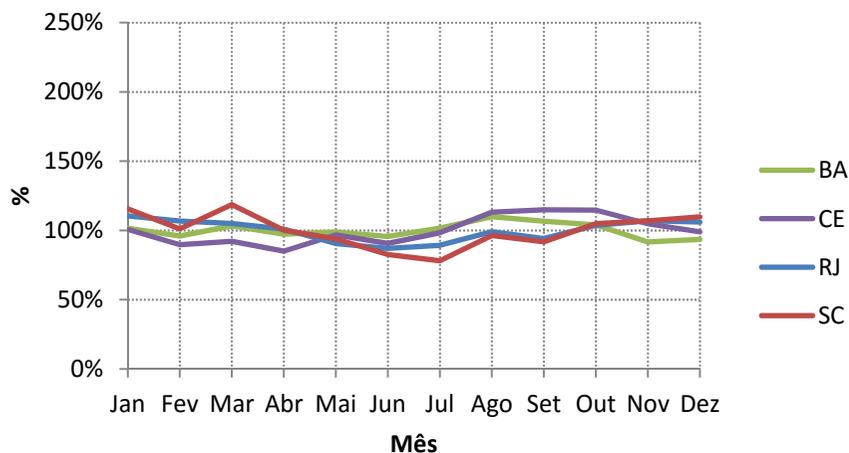
*Irradiação global horizontal é o parâmetro mais importante para avaliar o potencial solar energético de uma região específica.*

# A ENERGIA SOLAR NO BRASIL

## VARIAÇÃO INTRA-ANUAL DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA (MÉDIA = 100%)



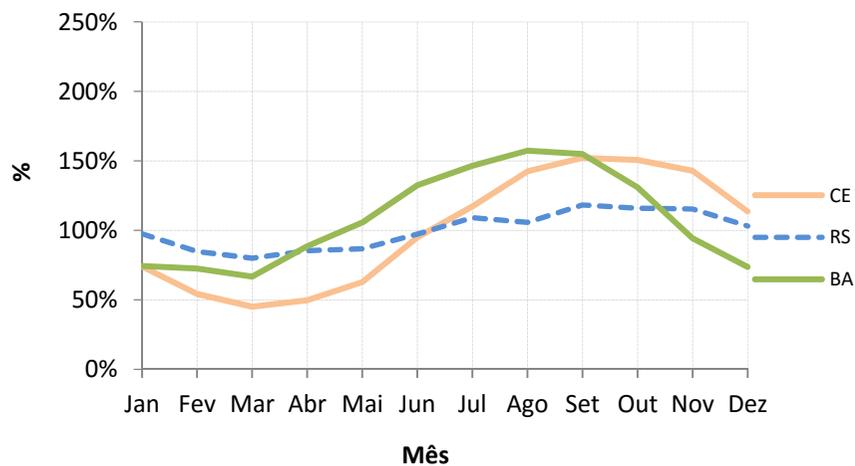
**Variação Intra-anual: Solar**



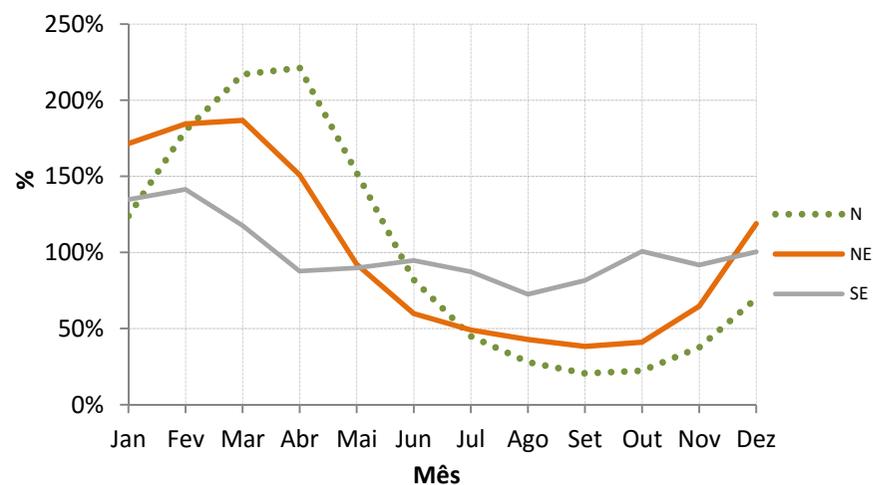
A variabilidade intra-anual em relação à média de longo prazo é menor que aquela observada na geração eólica ou hidrelétrica e tem comportamento sazonal diferenciado por região geográfica

Fonte: Elaborado a partir de PVWatts (NREL)

**Variação Intra-anual: Eólica**



**Variação Intra-anual: Afluências naturais**



- Altos índices de insolação;
- Baixa variabilidade interanual;
- Diminuição das perdas de transmissão e distribuição (SIN);
- Reservas de quartzo de qualidade;
- Parque industrial de processamento do silício ao grau metalúrgico estabelecido.

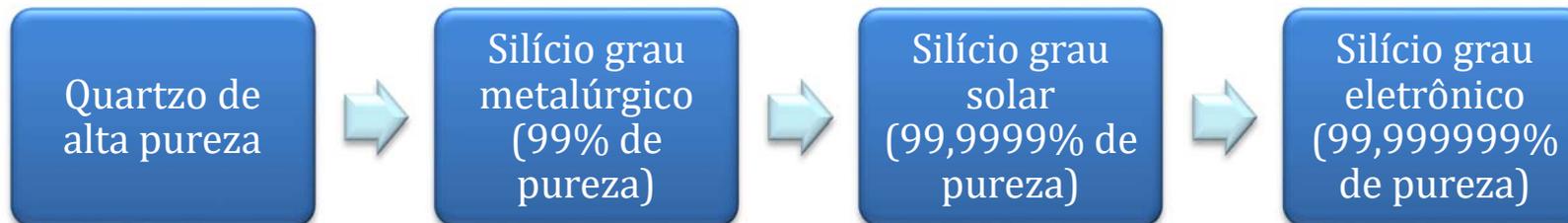
# PRODUÇÃO DE SILÍCIO



O Brasil possui os maiores depósitos de quartzo natural de alta pureza, matéria prima para produção de silício. Os grandes blocos de quartzo natural, ditos de qualidade óptica, são encontrados apenas no Brasil e em Madagascar. Também existe produção de quartzo cultivado por crescimento hidrotérmico (CGEE, 2009)

O Brasil produz apenas silício até o grau metalúrgico

## ETAPAS DE BENEFICIAMENTO E AGREGAÇÃO DE VALOR



# FOTOVOLTAICA: DESENVOLVIMENTO EM DIFERENTES ESCALAS



## Geração Distribuída de Pequena Escala

(Sistemas em telhados residenciais e comerciais atendidos em BT):

- Modelo de *Net Metering* cada vez mais atrativo:
  - Redução de Custos da Tecnologia;
  - Aumento das Tarifas;
  - Isenção do ICMS na compensação de energia.



## Geração Distribuída na Média Tensão

(Sistemas em telhados de *shoppings*, supermercados, *megastores*, etc):

- Tarifas menores no A4 tornam o investimento menos atrativo no modelo de *Net Metering*.
- Alternativa: Contratação via Chamada Pública pelas distribuidoras:
  - Necessidade de estabelecimento de VR diferenciado para a fonte.



## Geração Centralizada de Grande Porte

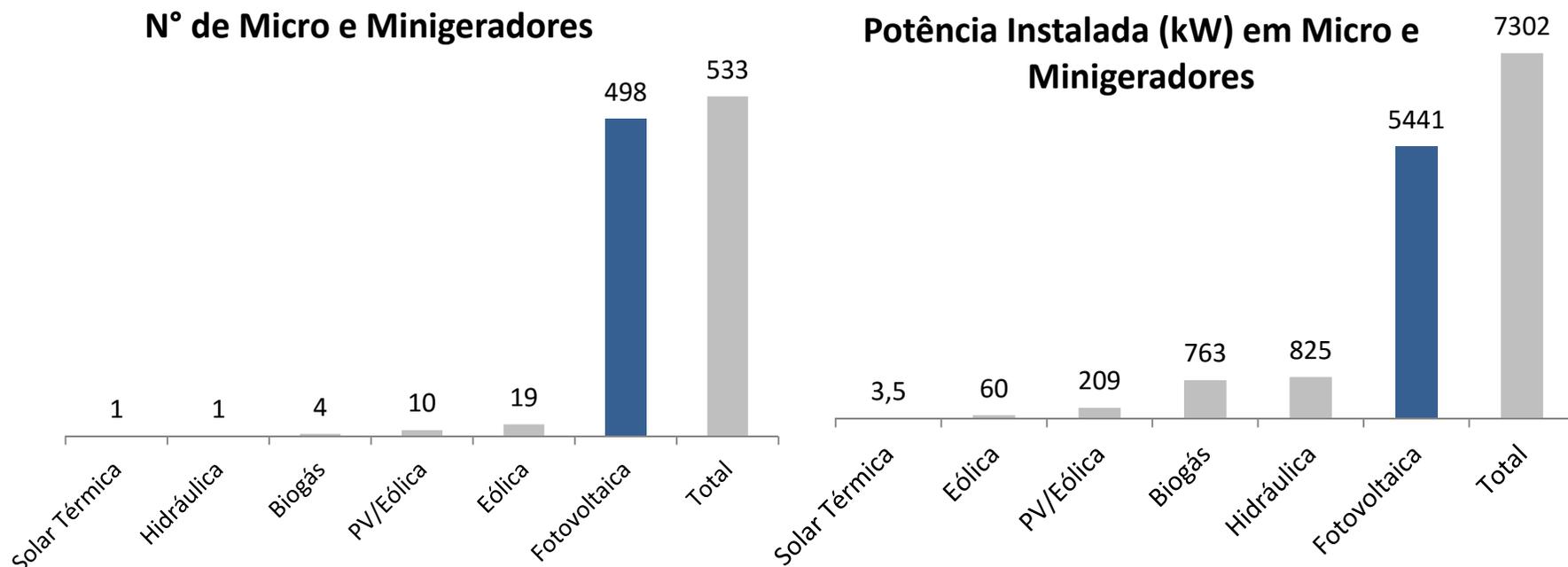
(Sistemas montados no solo):

- Viabilização através dos Leilões de Energia de Reserva.

# STATUS ATUAL DA MICROGERAÇÃO NO BRASIL



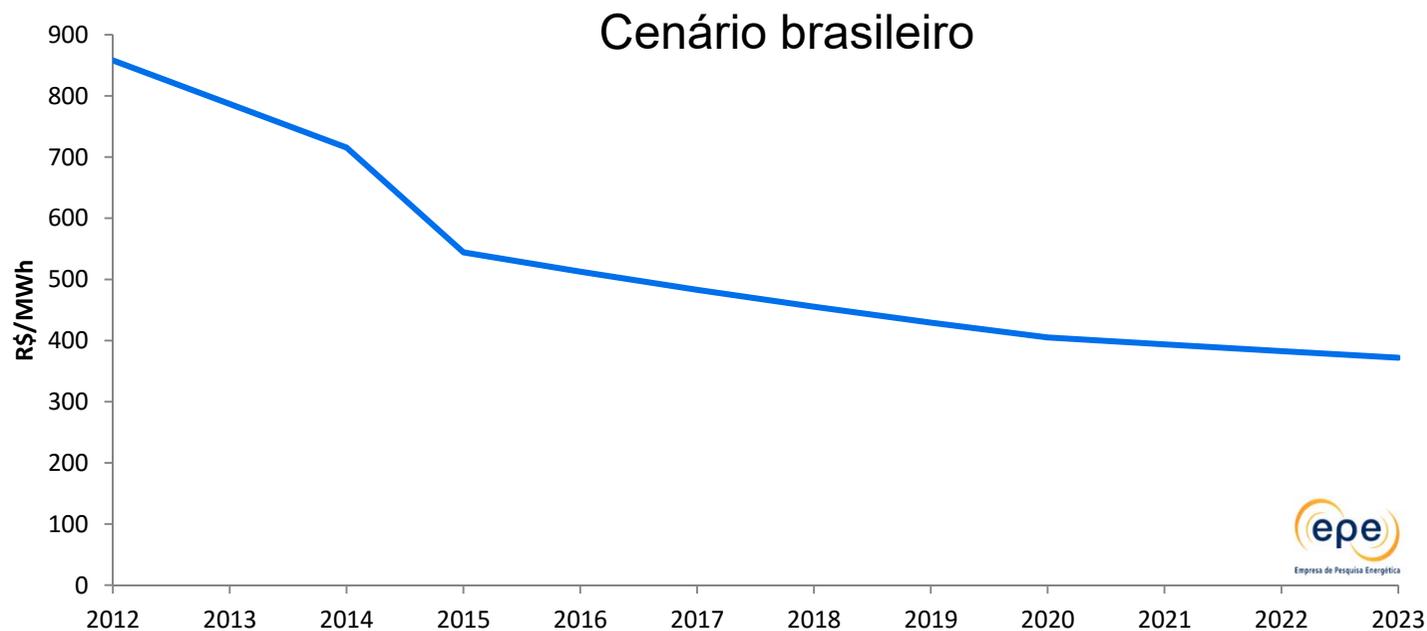
- 498 sistemas fotovoltaicos conectados até março de 2015 (de um total de 533 sistemas de microgeração)
- Potência fotovoltaica de 5,4 MW (de um total de 7,3 MW em microgeração)



Nota: Dados atualizados até março de 2015

Fonte: Nota Técnica nº 0017/2015-SRD/ANEEL

# EVOLUÇÃO DA PARIDADE TARIFÁRIA

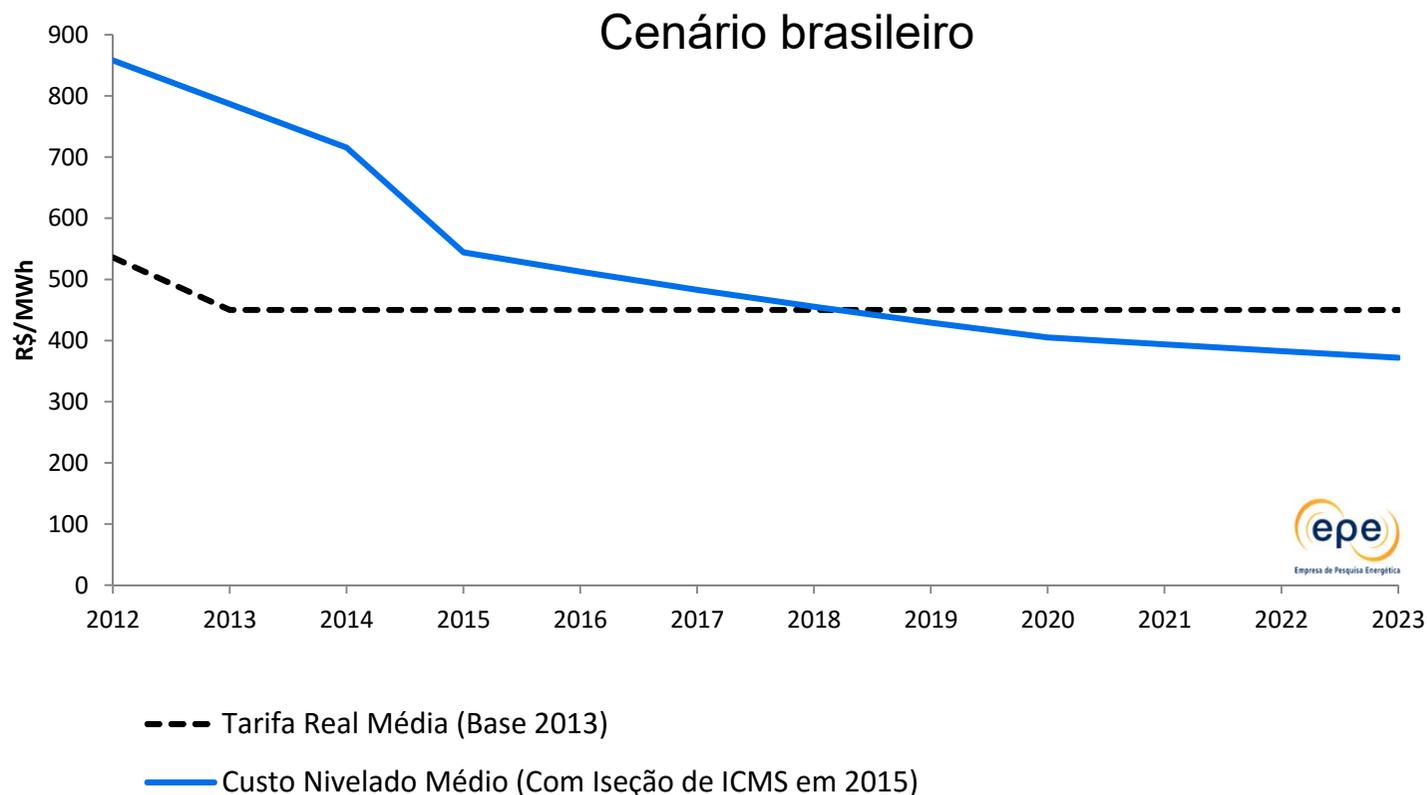


— Custo Nivelado Médio (Com Iseção de ICMS em 2015)

Aumento das tarifas + bandeira vermelha + isenção do ICMS na compensação de energia = antecipação da paridade tarifária da geração distribuída fotovoltaica.

Fonte: EPE

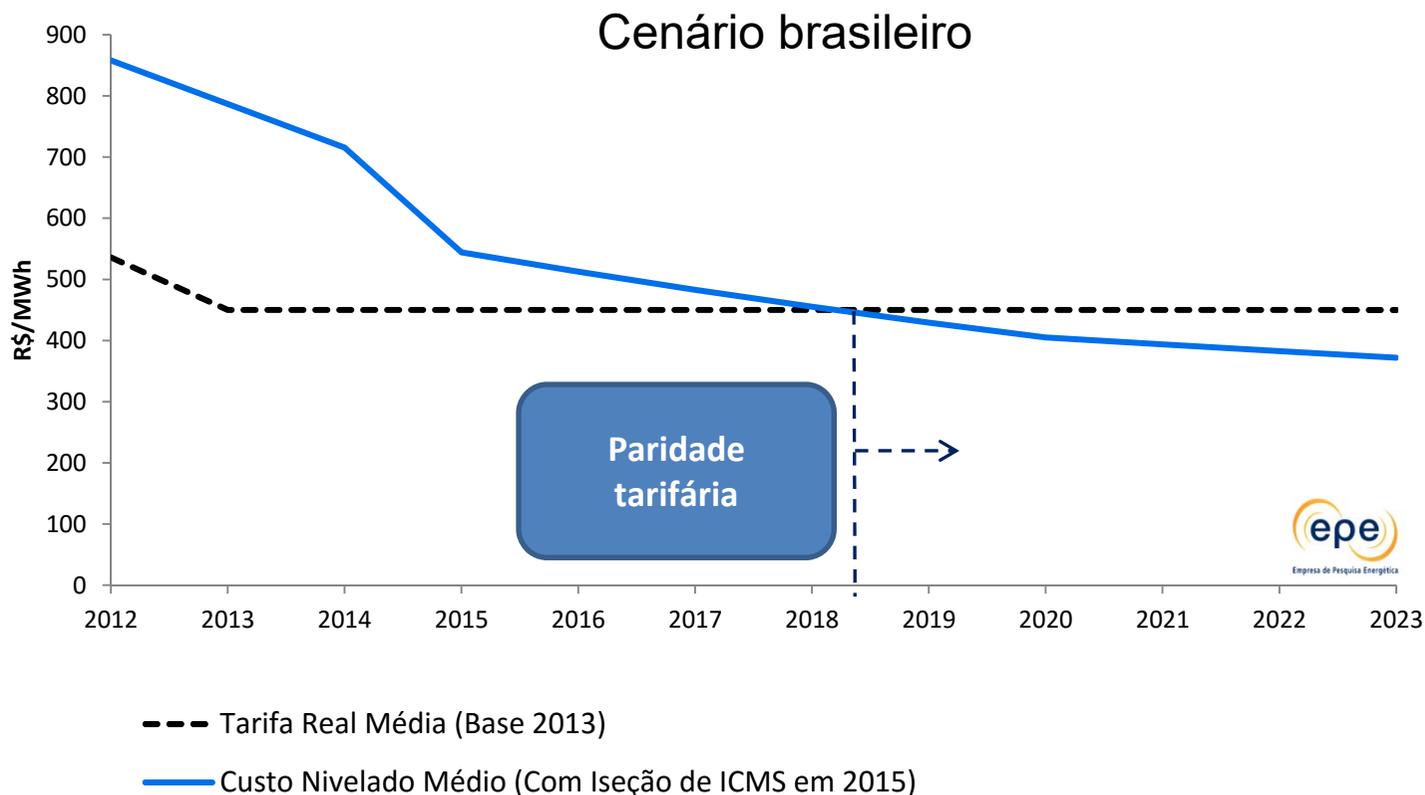
# EVOLUÇÃO DA PARIDADE TARIFÁRIA



Aumento das tarifas + bandeira vermelha + isenção do ICMS na compensação de energia = antecipação da paridade tarifária da geração distribuída fotovoltaica.

Fonte: EPE

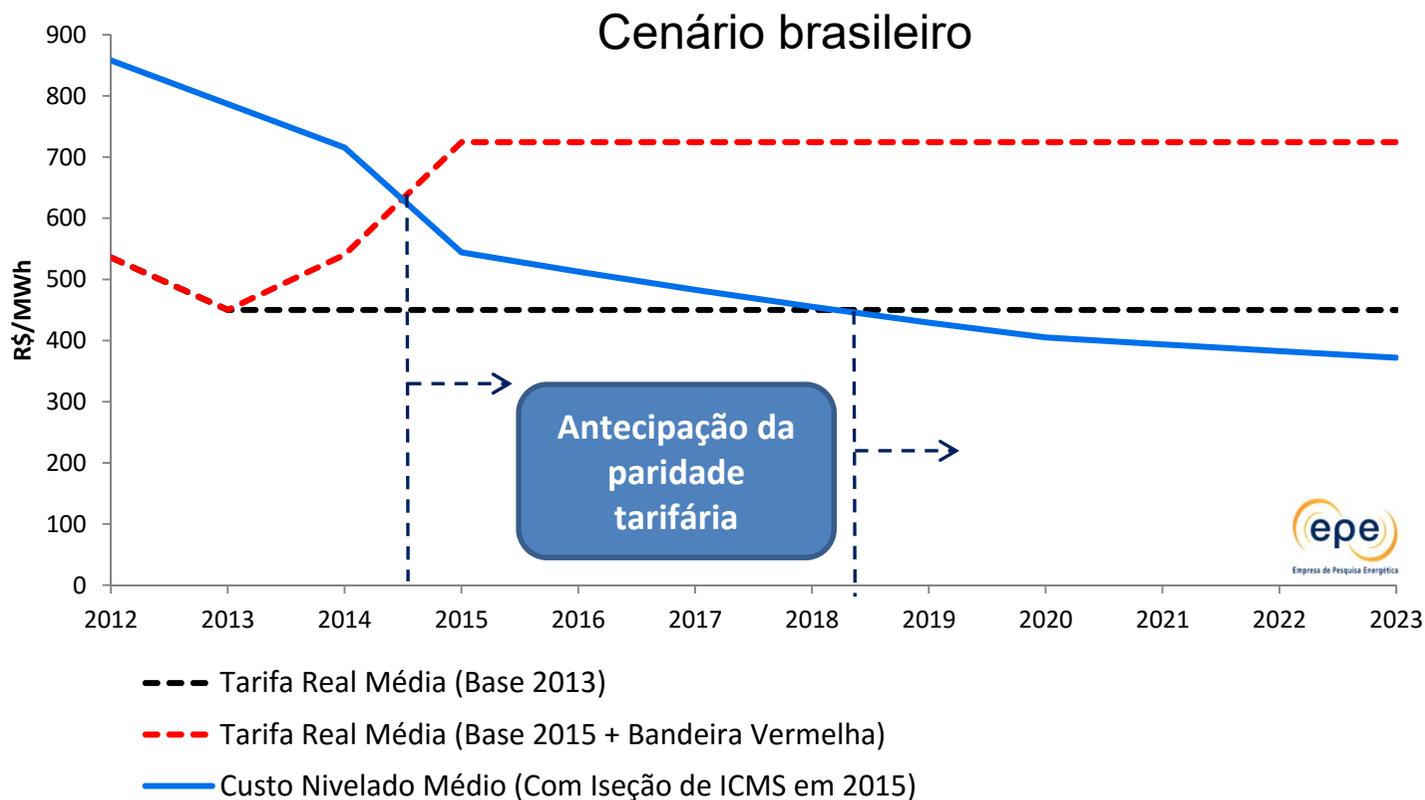
# EVOLUÇÃO DA PARIDADE TARIFÁRIA



Aumento das tarifas + bandeira vermelha + isenção do ICMS na compensação de energia = antecipação da paridade tarifária da geração distribuída fotovoltaica.

Fonte: EPE

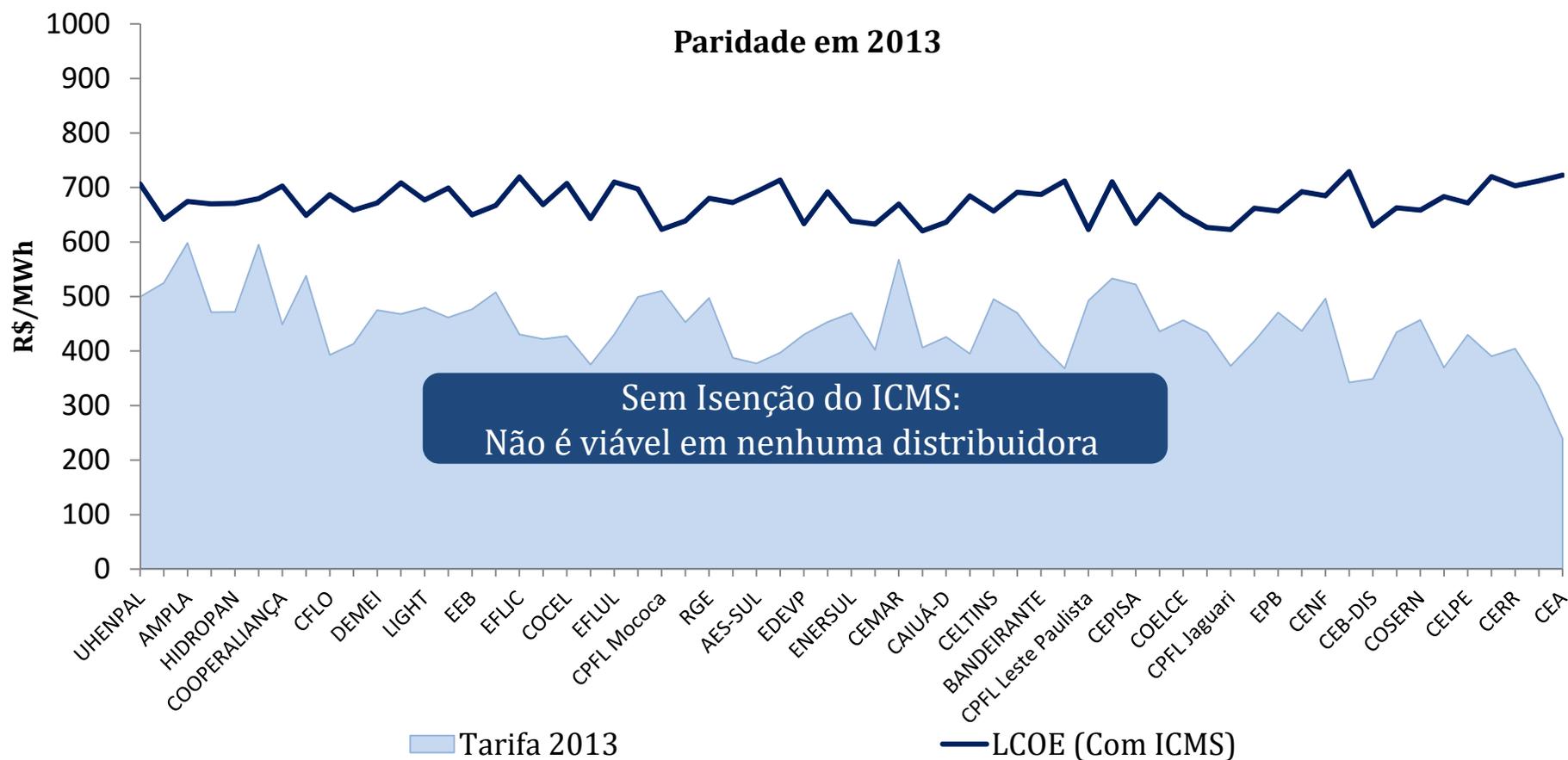
# EVOLUÇÃO DA PARIDADE TARIFÁRIA



Aumento das tarifas + bandeira vermelha + isenção do ICMS na compensação de energia = antecipação da paridade tarifária da geração distribuída fotovoltaica.

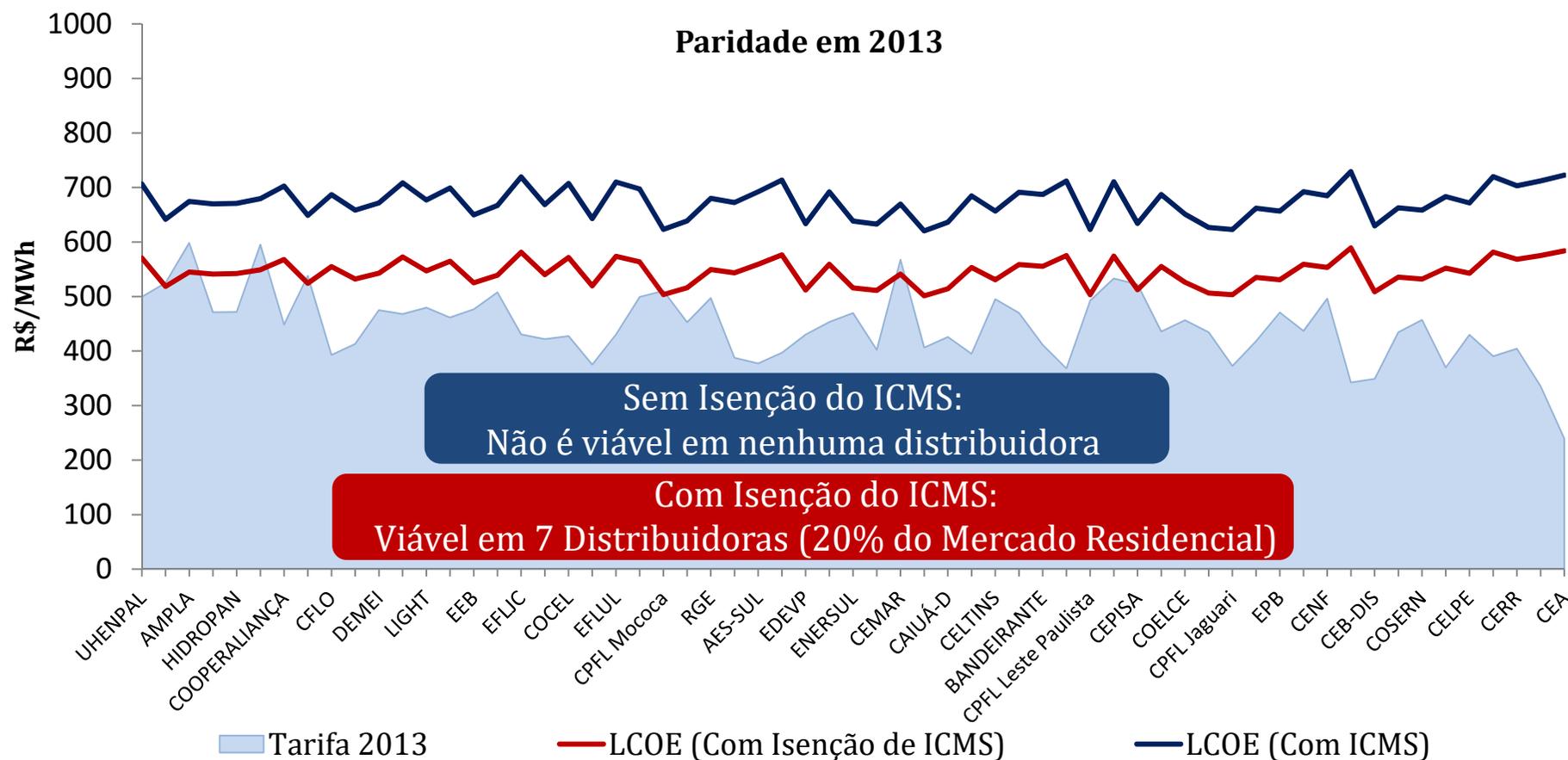
Fonte: EPE

# PARIDADE TARIFÁRIA E VIABILIZAÇÃO DE MERCADO



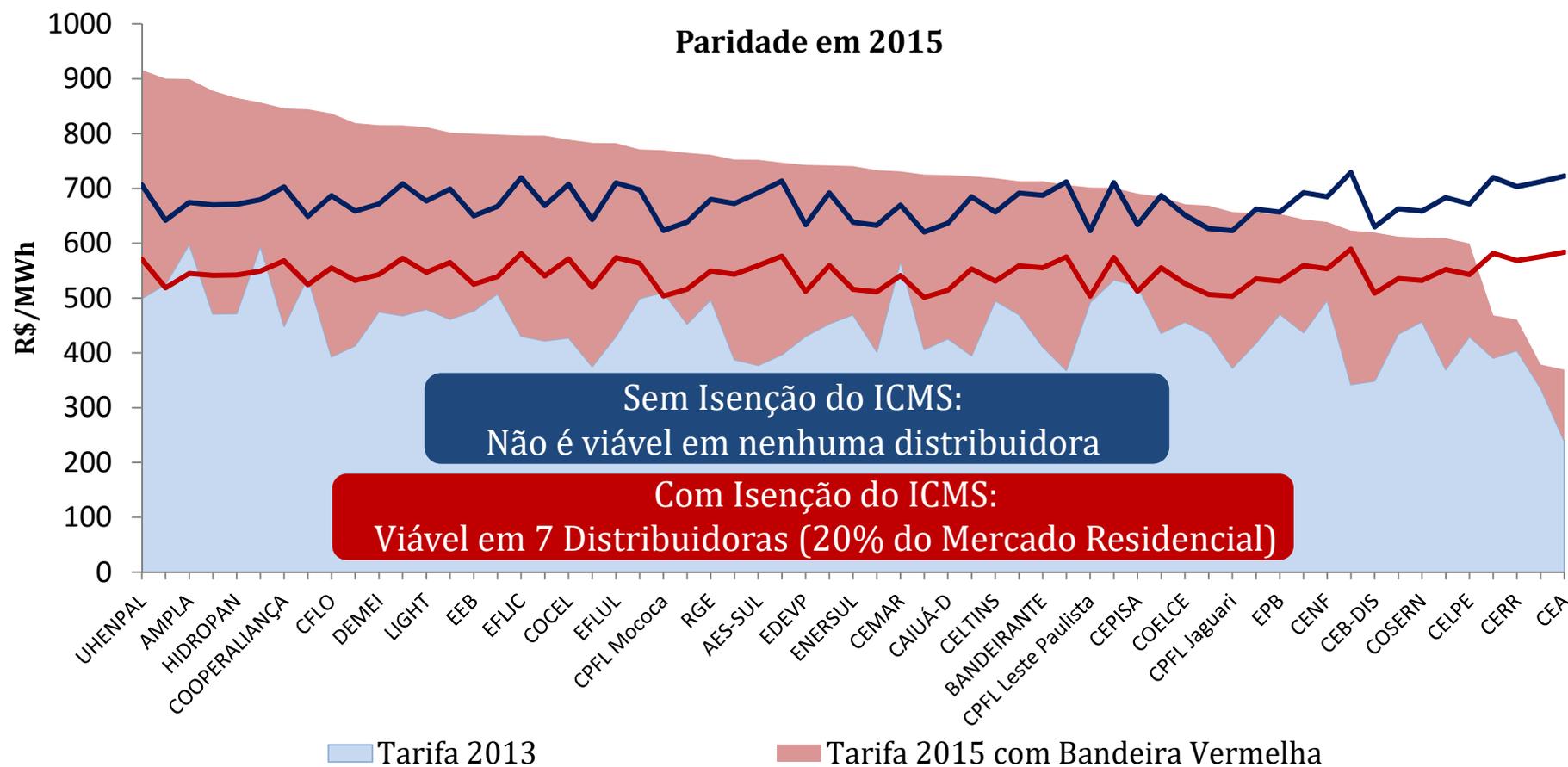
**Tarifas de 2013 praticamente inviabilizavam o investimento em geração distribuída fotovoltaica.**

# PARIDADE TARIFÁRIA E VIABILIZAÇÃO DE MERCADO



**Tarifas de 2013 praticamente inviabilizavam o investimento em geração distribuída fotovoltaica.**

# PARIDADE TARIFÁRIA E VIABILIZAÇÃO DE MERCADO

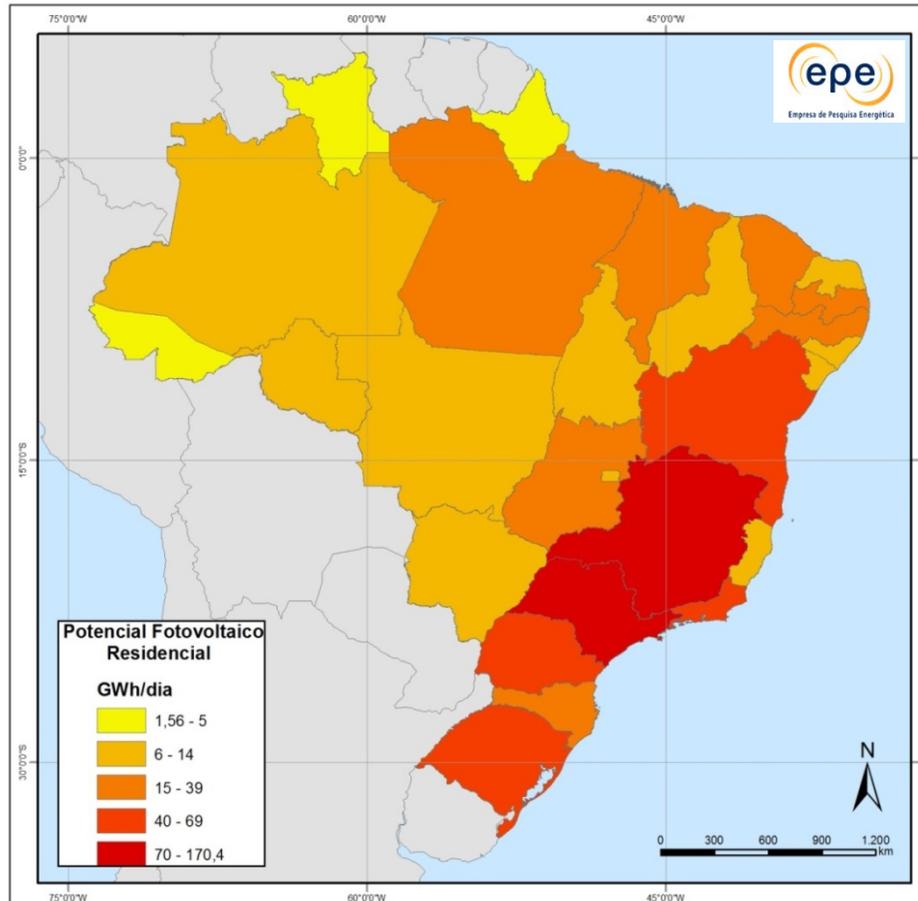


Ajuste SINIEF Nº 2/2015 e Convênio ICMS Nº 16/2015 do CONFAZ, publicados em Abril, indicam a isenção do ICMS sobre a compensação de energia de micro e minigeradores.

# POTENCIAL TÉCNICO FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL



Potencial Técnico de geração fotovoltaica em telhados residenciais por UF (GWh/dia)



- Estados com menor irradiação podem ter seu potencial compensado pelo maior número de domicílios.
- Em todo país, o potencial é mais que suficiente para atender o consumo do próprio setor (287 TWh/ano de geração fotovoltaica *versus* 124 TWh de consumo em 2013).

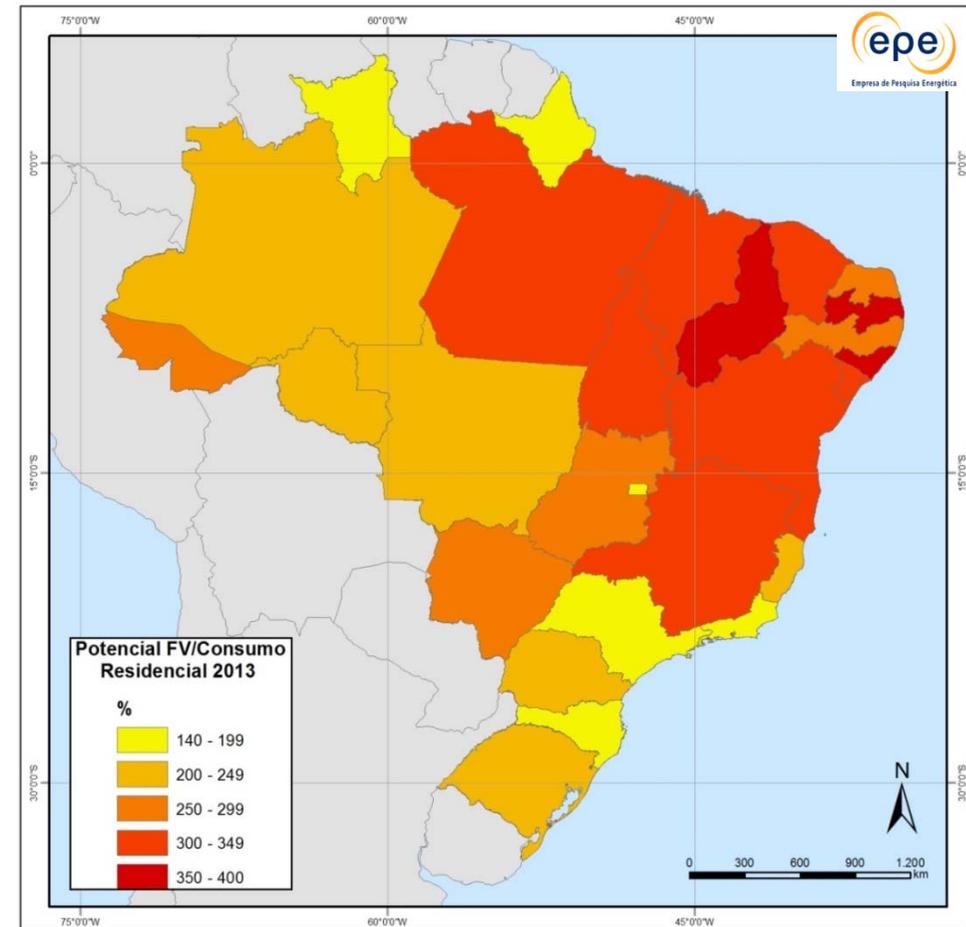
Potencial cerca de 2,3 vezes o consumo residencial

# POTENCIAL FOTOVOLTAICO/CONSUMO RESIDENCIAL (ANO BASE 2013) POR UF



- Teoricamente, todos os estados teriam condição de suprir seu consumo elétrico residencial.

Superioridade do potencial  
ante o consumo varia de  
1,4 a 4 vezes

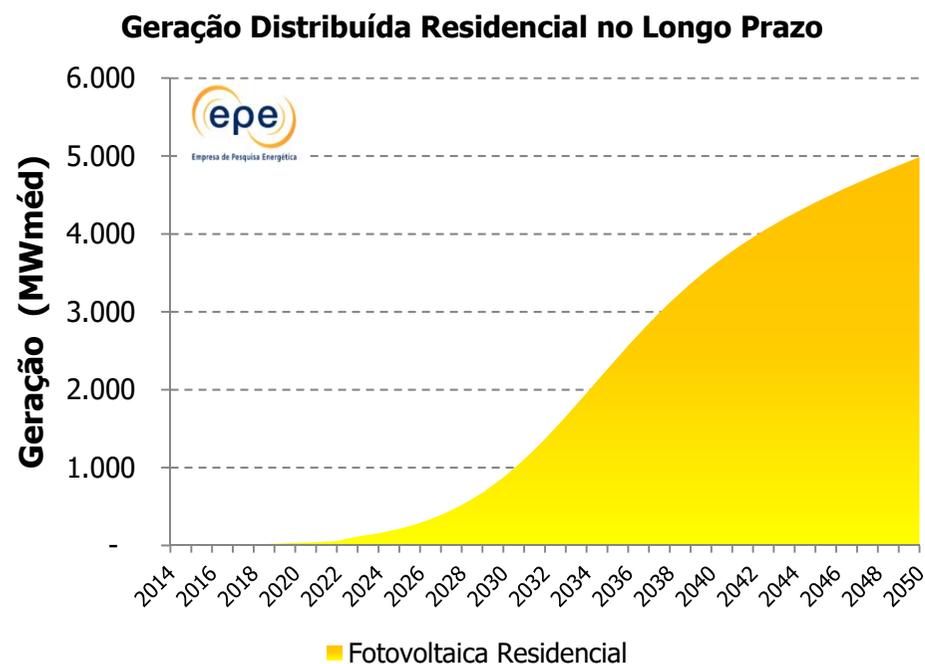


Fonte: Elaboração própria, com dados de Lange, 2012. Contratação interna: EPE/GIZ. Dados de consumo retirados do SIMPLES/EPE.

# GD FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL PROJEÇÃO DE LONGO PRAZO

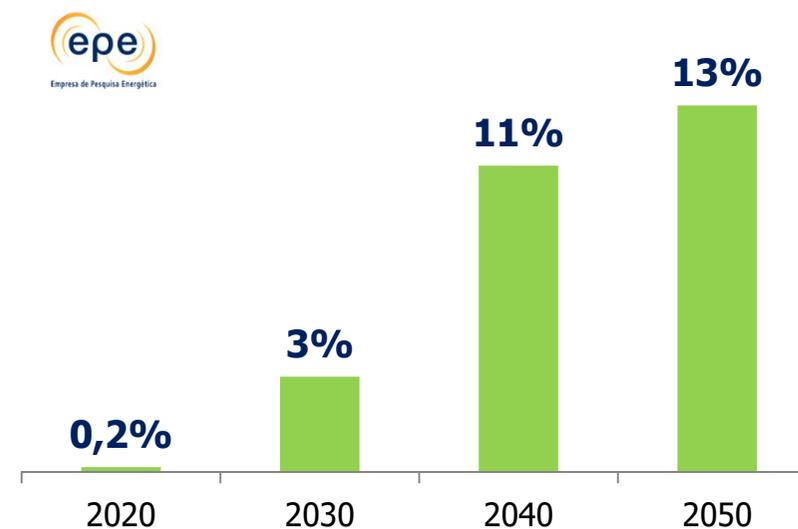


2050: Geração distribuída residencial no Brasil



Fonte: EPE

Parcela do consumo residencial atendido por GD  
fotovoltaica



Em 2050, deve gerar 5.000 MW méd, representando cerca de 13% do consumo residencial.

# FOTOVOLTAICA: DESENVOLVIMENTO EM DIFERENTES ESCALAS



## Geração Distribuída de Pequena Escala

(Sistemas em telhados residenciais e comerciais atendidos em BT):

- Modelo de *Net Metering* cada vez mais atrativo:
  - Redução de Custos da Tecnologia;
  - Aumento das Tarifas;
  - Isenção do ICMS na compensação de energia.



## Geração Distribuída na Média Tensão

(Sistemas em telhados de *shoppings*, supermercados, *megastores*, etc):

- Tarifas menores no A4 tornam o investimento menos atrativo no modelo de *Net Metering*.
- Alternativa: Contratação via Chamada Pública pelas distribuidoras:
  - Necessidade de estabelecimento de VR diferenciado para a fonte.



## Geração Centralizada de Grande Porte

(Sistemas montados no solo):

- Viabilização através dos Leilões de Energia de Reserva.

# GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA MÉDIA TENSÃO



## Estacionamento Solar na UFRJ



- 414 painéis solares fotovoltaicos capazes de gerar 140 mil kWh por ano;
- suficiente para abastecer até 70 residências.

## Projeto de Geração Distribuída Fotovoltaica de 1 MWp em Florianópolis



# PARQUES EM OPERAÇÃO NO BRASIL

## ESTÁDIOS SOLARES



### Pituaçu Solar

405 kWp de capacidade instalada  
Inaugurado em abril de 2012



### Mineirão Solar

1.418 kWp de potência instalada  
Entrada em operação em maio de 2014

# PARQUES EM OPERAÇÃO NO BRASIL

## ESTÁDIOS SOLARES



### **Itaipava Arena Pernambuco**

1.000 kWp de potência instalada  
Entrada em operação em maio de 2014

### **Maracanã Solar**

360 kWp de capacidade instalada  
Inaugurado em maio de 2014



# VALOR DE REFERÊNCIA PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (VRGD)



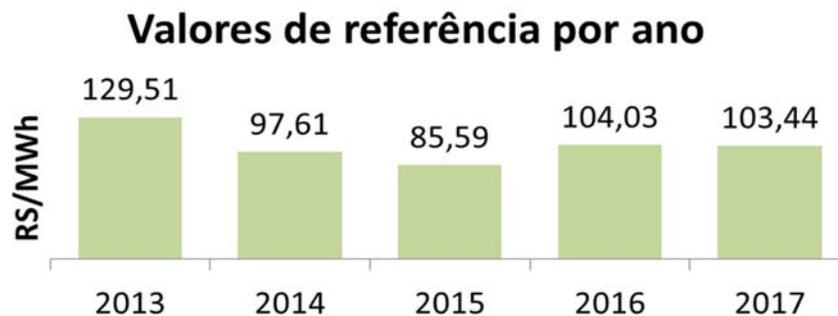
## O modelo atual de contratação da Geração Distribuída:

- O Decreto nº 5163/2004 inclui a geração distribuída como alternativa para o atendimento do mercado dos agentes de distribuição, limitada a 10% da carga de cada agente;
- A contratação dos empreendimentos deste tipo de geração é precedida de chamada pública promovida diretamente pelos agentes de distribuição;
- A maioria das edificações cobertas de grande porte urbanas (supermercados, *shopping centers*, etc.) é atendida em média tensão (menores tarifas). Para estas, a paridade tarifária está mais distante.
- Há um significativo potencial sobre esses telhados que dificilmente será aproveitado dada a atratividade atual que o modelo de *net metering* proporciona a estes consumidores;

# VALOR DE REFERÊNCIA PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (VRGD)



➤ O repasse dos custos de aquisição às tarifas finais dos consumidores é limitado pelo Valor de Referência (VR). No entanto, o VR é calculado com base nos preços de projetos de grande porte:



Fonte: ANEEL. Despachos 252/2012, 289/2014 e 1.118/2015

Obs: Valores nominais, nas datas dos decretos.



**Estes valores não são suficientes para viabilizar projetos de geração distribuída**

# VALOR DE REFERÊNCIA PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (VRGD)



## A alternativa:

- Criação de um valor de referência diferenciado aos projetos de geração distribuída;

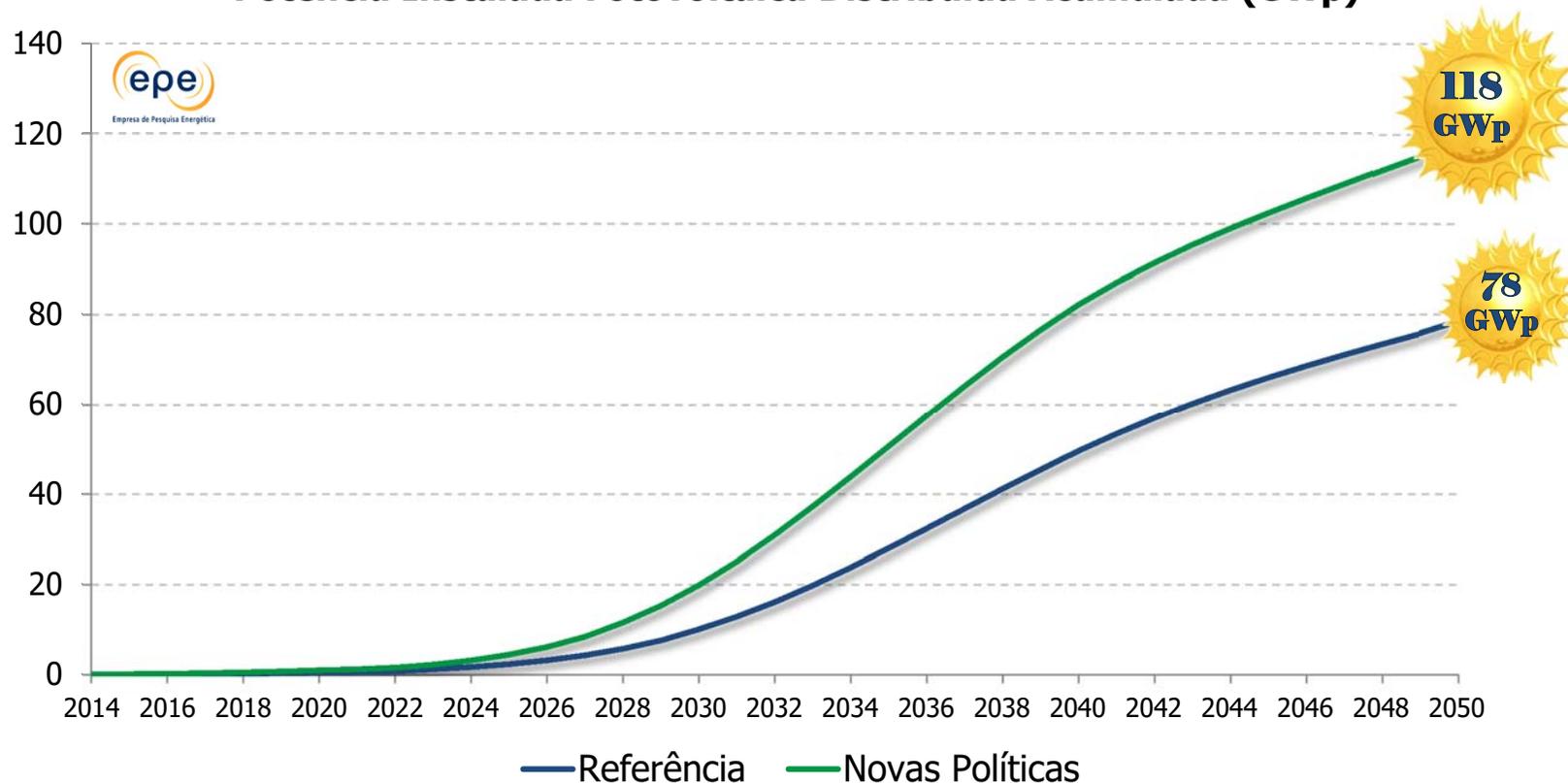
## Observações

- O Decreto nº5.163 define geração distribuída de maneira ampla, sendo o único requisito estar conectada à rede de distribuição, faz-se necessário criar mecanismos para evitar que projetos com características centralizadas, que já competem em leilão, possam vender pelo VR GD.
- Desta forma, evita-se, adicionalmente, que o sistema de distribuição seja sobrecarregado, e amplia-se o benefício da geração distribuída fotovoltaica para o sistema elétrico quando conectada próxima a centros de carga.

# PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA



## Potência Instalada Fotovoltaica Distribuída Acumulada (GWp)

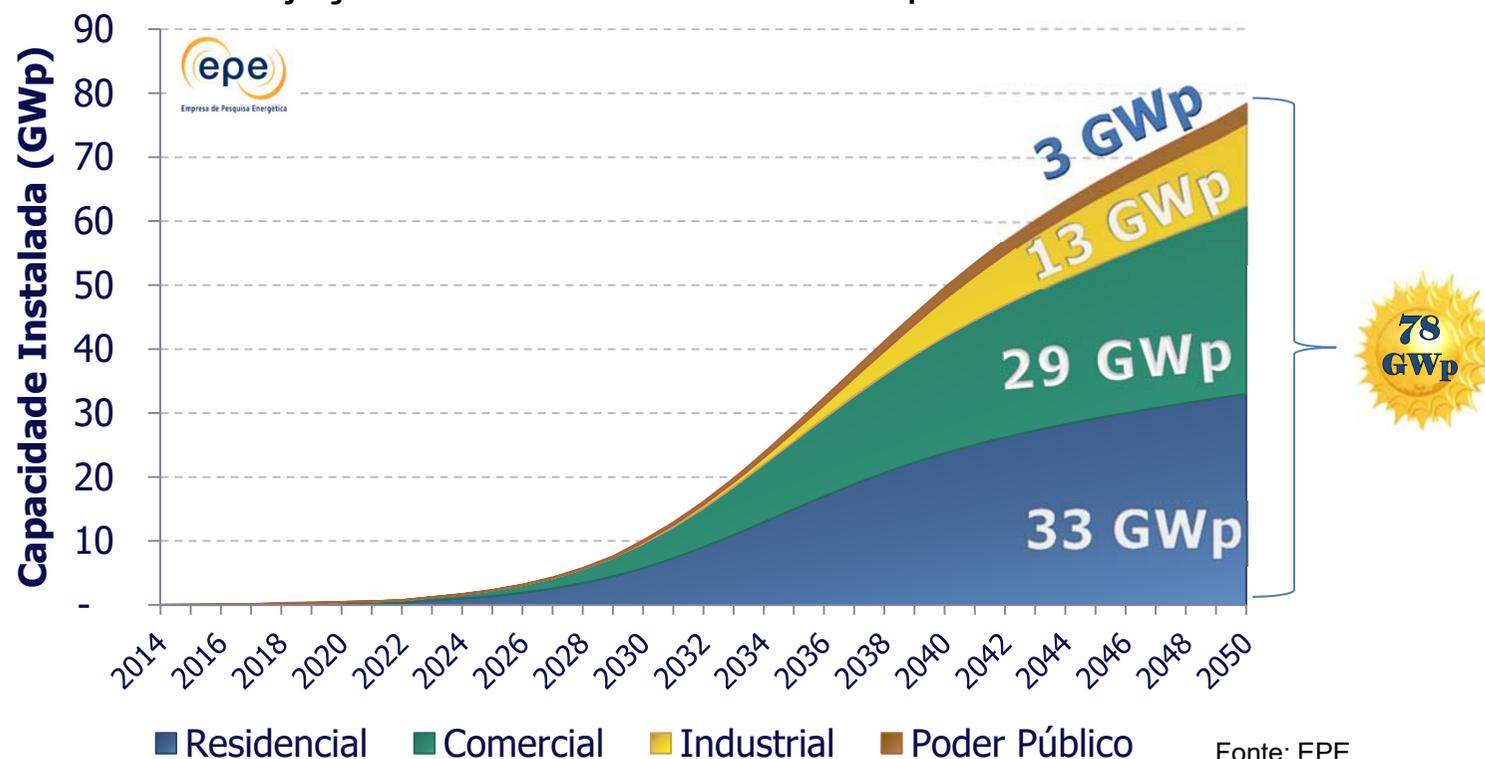


Fonte: EPE

# PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA



## Projeção no Cenário Referência por Setor



- ✓ Geração representa aproximadamente 6% da Carga Total do SIN em 2050.
- ✓ Setor industrial atinge a viabilidade econômica a partir da década de 2030.
- ✓ Setor público tem parcela pequena na potência, mas é importante no processo da difusão por sua visibilidade.

# FOTOVOLTAICA: DESENVOLVIMENTO EM DIFERENTES ESCALAS



## Geração Distribuída de Pequena Escala

(Sistemas em telhados residenciais e comerciais atendidos em BT):

- Modelo de *Net Metering* cada vez mais atrativo:
  - Redução de Custos da Tecnologia;
  - Aumento das Tarifas;
  - Isenção do ICMS na compensação de energia.



## Geração Distribuída na Média Tensão

(Sistemas em telhados de *shoppings*, supermercados, *megastores*, etc):

- Tarifas menores no A4 tornam o investimento menos atrativo no modelo de *Net Metering*.
- Alternativa: Contratação via Chamada Pública pelas distribuidoras:
  - Necessidade de estabelecimento de VR diferenciado para a fonte.



## Geração Centralizada de Grande Porte

(Sistemas montados no solo):

- Viabilização através dos Leilões de Energia de Reserva.

# PRINCIPAIS PARQUES EM OPERAÇÃO NO BRASIL



## Tauá - CE

- 1 MWp de capacidade instalada
- Em operação desde agosto/2011

# PRINCIPAIS PARQUES EM OPERAÇÃO NO BRASIL



## Tanquinho - SP

- 1,1 MWp de capacidade instalada
- Em operação desde novembro/2012

# PRINCIPAIS PARQUES EM OPERAÇÃO NO BRASIL



## **Nova Aurora - SC**

- 3 MWp de capacidade instalada
- Em operação desde agosto/2014

# LEILÃO DE ENERGIA DE RESERVA DE 2014

## A ESTRÉIA DA ENERGIA SOLAR



### HABILITAÇÃO

400 PROJETOS

10.790 MW



### CADASTRAMENTO

332 PROJETOS

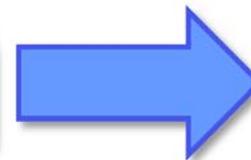
8.891 MW



### RESULTADO

31 PROJETOS

890 MW



Preço Médio  
R\$215/MWh  
US\$88/MWh

# 1º LEILÃO DE ENERGIA DE RESERVA DE 2015



<b>Data de Realização</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>28/08/2015</b></li></ul>
<b>Fontes</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Fotovoltaica</b></li></ul>
<b>Entrada em Operação Comercial</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Agosto de 2018</b></li></ul>

	<b>Projetos</b>	<b>Oferta (MW)</b>	<b>Oferta Final (MWp)</b>	<b>Energia (MWm)</b>	<b>Preço Médio (R\$/MWh)</b>
<b>Resultado</b>	<b>30</b>	<b>834</b>	<b>1.044</b>	<b>233</b>	<b>301,8</b>

Fonte: EPE

**US\$84,3/MWh**

# PRÓXIMO LEILÃO 2015

## 2º LEILÃO DE ENERGIA DE RESERVA



<b>Data de Realização</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>13/11/2015</b></li></ul>
<b>Fontes</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Fotovoltaica</b></li><li>• <b>Eólica</b></li></ul>
<b>Entrada em Operação Comercial</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Novembro de 2018</b></li></ul>

### Empreendimentos Cadastrados

Fonte	Projetos	Oferta (MW)
Eólica	730	17.964
Fotovoltaica	649	20.953
<b>Total</b>	<b>1.379</b>	<b>38.917</b>

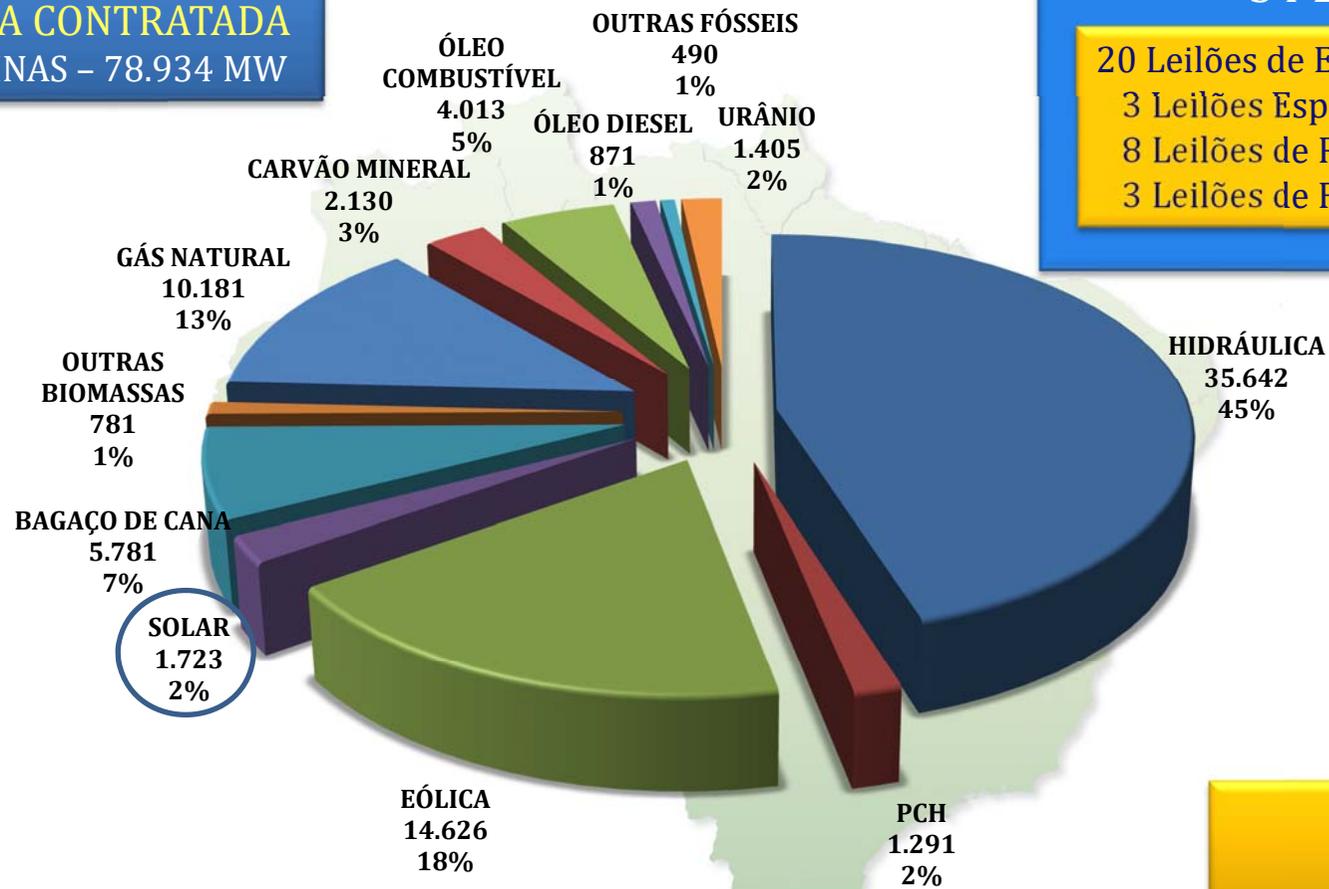
Fonte: EPE

# CONTRATAÇÃO DE ENERGIA NOVA 2005-2015



**BRASIL**  
**OFERTA CONTRATADA**  
920 USINAS – 78.934 MW

**34 LEILÕES**  
20 Leilões de Energia Nova  
3 Leilões Especiais  
8 Leilões de Reserva  
3 Leilões de Fontes Alternativas



**RENOVÁVEIS**  
59.843 MW  
[ 76% ]

**ALTERNATIVAS RENOVÁVEIS**  
24.202 MW  
[ 31% ]

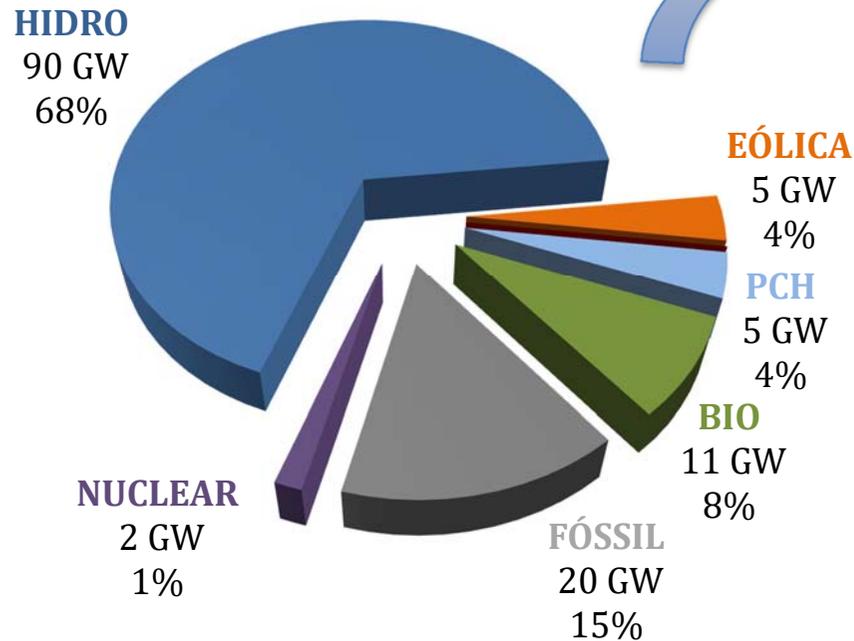
Obs.: Não considera as usinas com outorga revogada

Fonte: EPE

# EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA SISTEMA ELÉTRICO INTERLIGADO NACIONAL (SIN)



Participação das Fontes de Geração  
Dezembro/2014

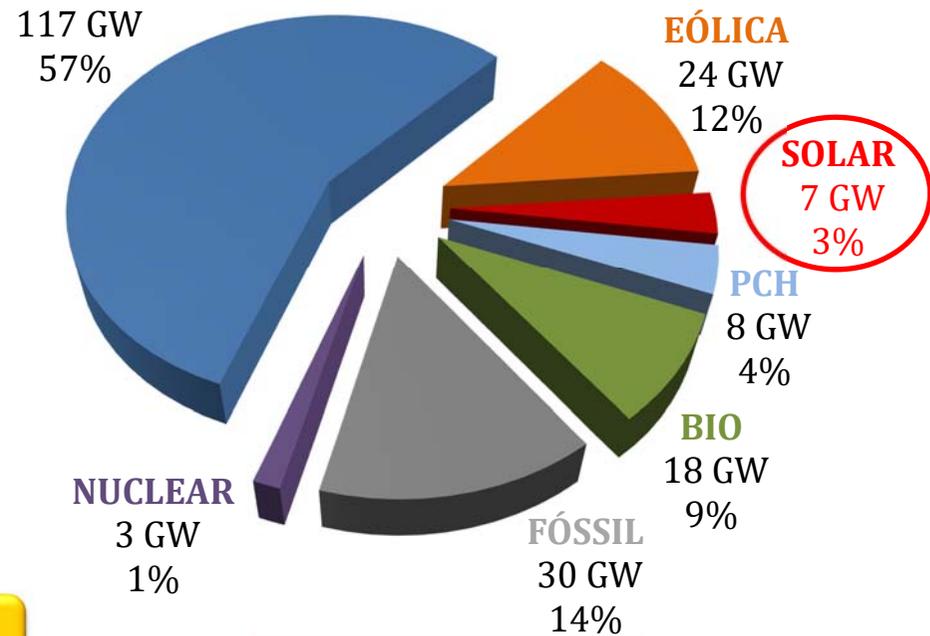


**133 GW**  
83,5% renovável

**SOLAR EM 2024: 7 GW SIN + 1,3 GW GD**

Δ 56%

Participação das Fontes de Geração  
Dezembro/2024



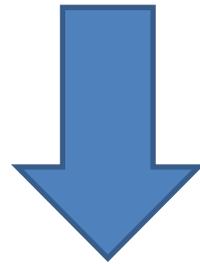
**207 GW**  
84,1% renovável

Obs1: Inclui importação  
Obs2: Não considera autoprodução e geração distribuída

# META EMISSÕES 2030 RUMO A COP 21



O Brasil assumiu compromisso público de aumentar para 20% a participação das “novas renováveis” – **solar, eólica e biomassa** – na geração de energia elétrica até 2030.



Isso significa dobrar a participação dessas fontes na matriz de geração de energia elétrica

Meta alinhada com os esforços do país na redução global dos gases de efeito estufa



Empresa de Pesquisa Energética

Uma Empresa do  
Ministério de Minas e Energia

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

Twitter: @EPE\_Brasil

Avenida Rio Branco, 1 - 11º andar  
20090-003 Rio de Janeiro / RJ

Tel.: + 55 (21) 3512 - 3100

Fax: + 55 (21) 3512 - 3199

Fax: + 22 (51) 3215 - 3100