

The background is a composite image. On the left, a globe shows a blue sky with white clouds. Below the globe, several solar panels are visible, tilted towards the right. On the right side, a large, black, corrugated metal pipe is shown, curving downwards. The overall scene is set against a green, grassy background.

# A Previsão de Geração Solar Fotovoltaica

**Contextualização**

**Primeiro Workshop de Geração Solar Fotovoltaica  
ONS – Rio de Janeiro – 11 de junho de 2018**

Mario Daher

A Nossa Matriz de  
Energia Elétrica  
Hoje



Potencial de  
Renováveis  
no Brasil



A Matriz daqui a  
5 Anos



Desafios das  
UFV



Representação  
atual das  
UFV

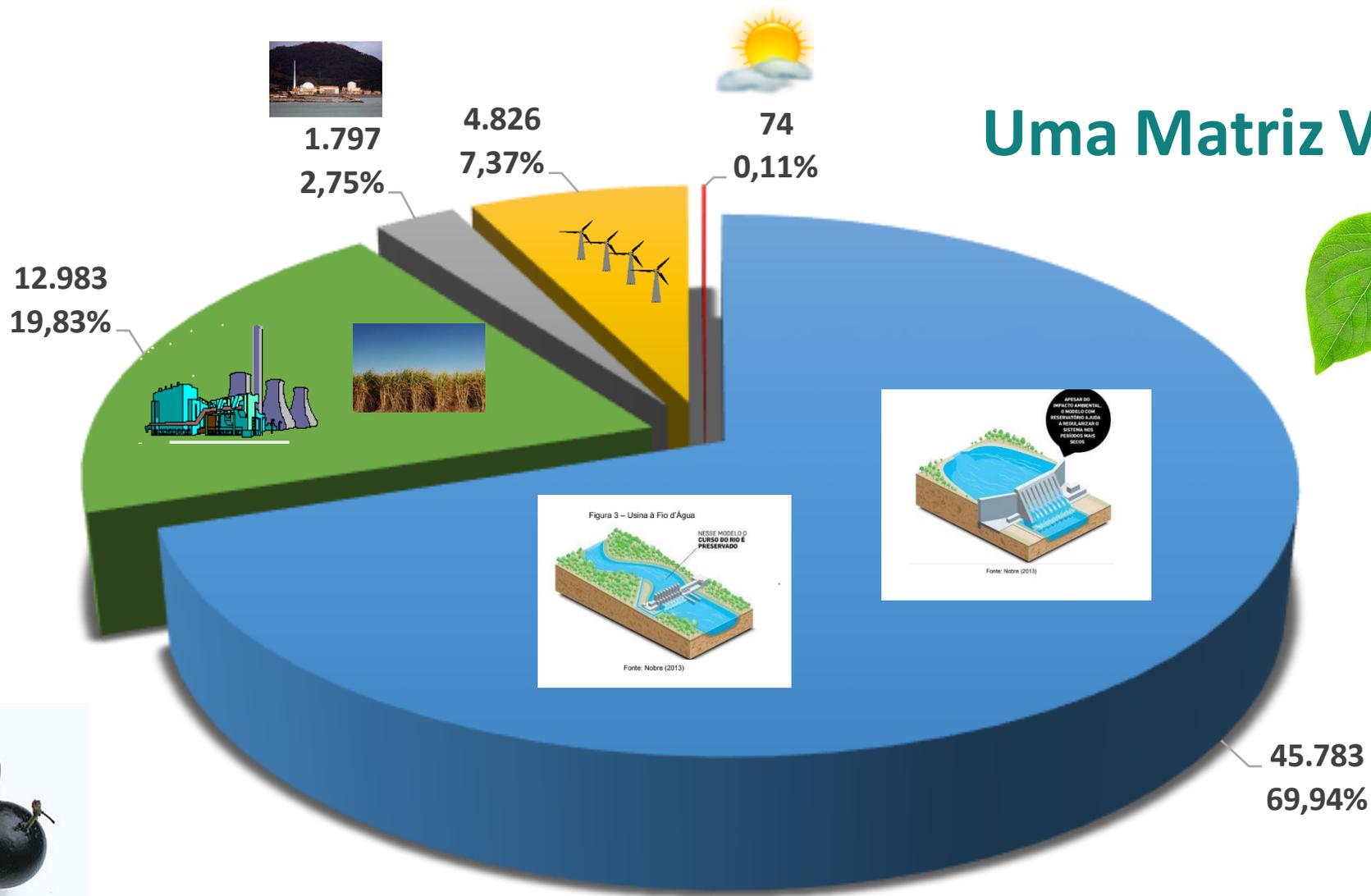


Como foi com a  
Eólica



# A Matriz de Energia Elétrica em 2017

## Geração Verificada no SIN - MWmed



Uma Matriz Verde

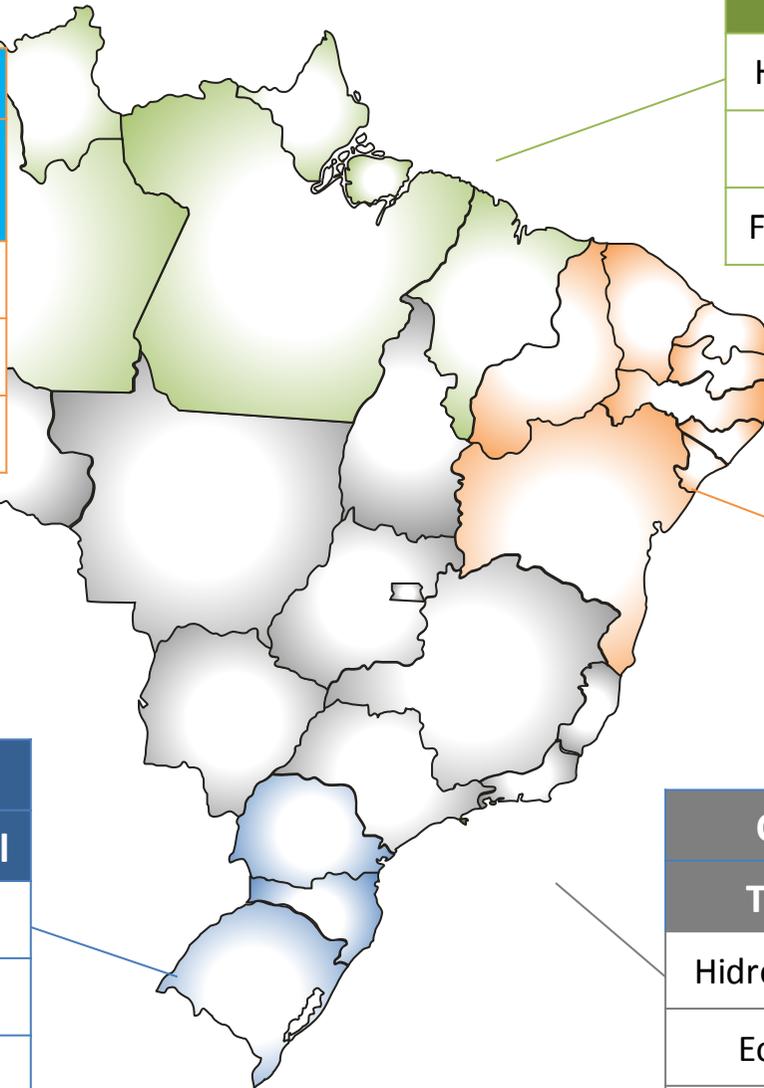


■ Hidráulica ■ Térmica ■ Nuclear ■ Eólica ■ Solar

# Hidrelétrica, Eólica e Solar Fotovoltaica em 31/12/2017

## As Novas Renováveis

Capacidade Instalada - SIN		
Tipo	MW	%Total NE
Hidrelétrica	105.406	68%
Eólica	12.309	7,9%
Fotovoltaica	951	0,6%



Capacidade Instalada - Norte		
Tipo	MW	%Total N
Hidrelétrica	15.426	80%
Eólica	221	1%
Fotovoltaica	-	-

Capacidade Instalada - Nordeste		
Tipo	MW	%Total NE
Hidrelétrica	11.071	38%
Eólica	10.046	34%
Fotovoltaica	714	2%

Capacidade Instalada - Sul		
Tipo	MW	%Total Sul
Hidrelétrica	16.472	72%
Eólica	2.014	9%
Fotovoltaica	4	0,02%

Capacidade Instalada - SE/CO		
Tipo	MW	%Total SE/CO
Hidrelétrica	62.273	74%
Eólica	28	0,03%
Fotovoltaica	233	0,28%



# O Potencial Energético Brasileiro em Renováveis

# A Oportunidade das Novas Renováveis

EÓLICAS



PCHs



FOTOVOLTAICAS



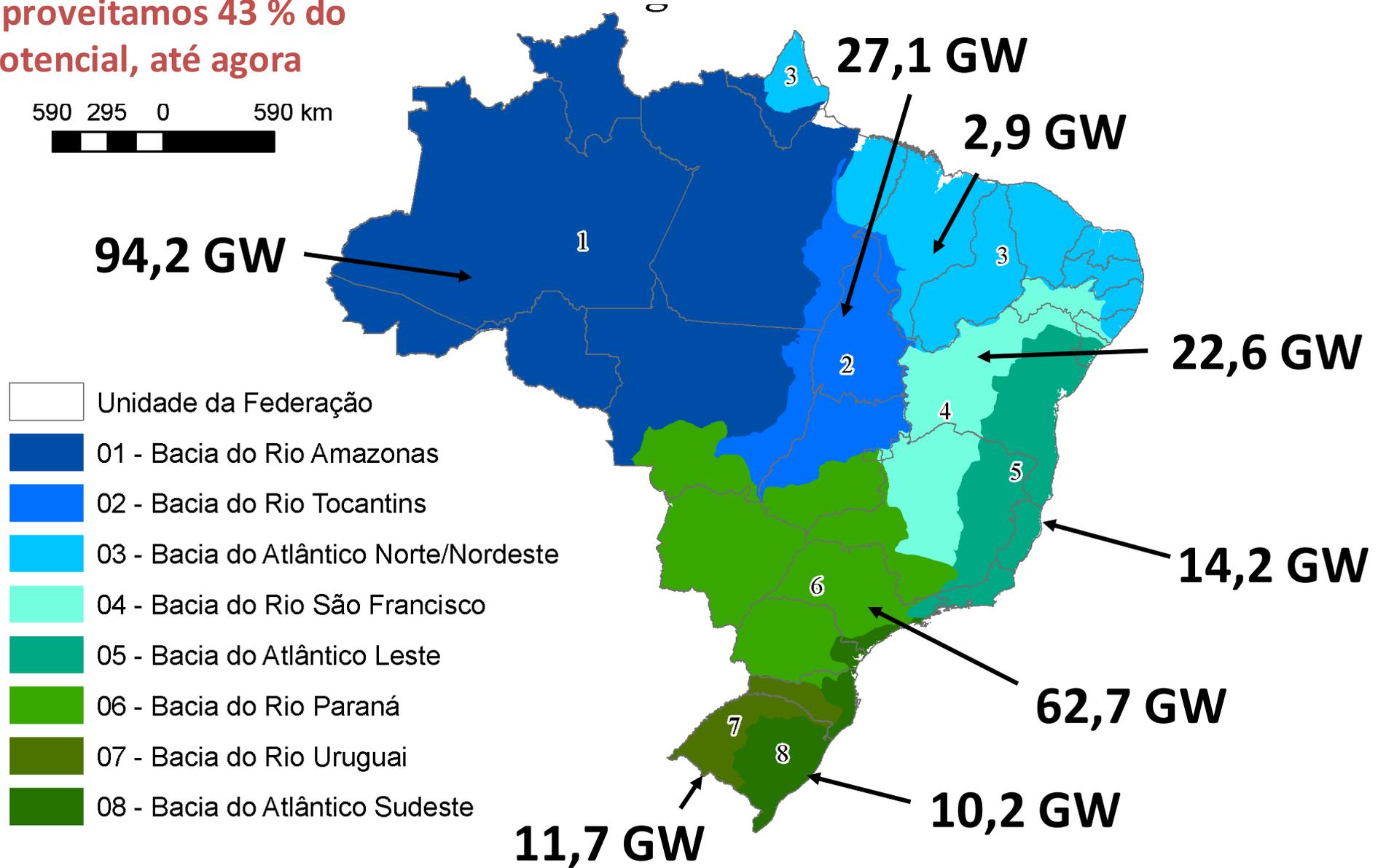
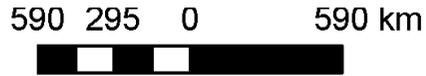
BIOMASSA



- Menor Capital Intensivo (pegamos carona do 1º mundo)
- Mais Rápidas de Construir
- Menor Risco Construtivo
- Licenças ambientais mais fáceis
- Atração de Capita local e Fundos de investimentos
- “Preconceito” aos reservatórios (se quer são avaliados o *tradeoff* ambiente X benefícios)

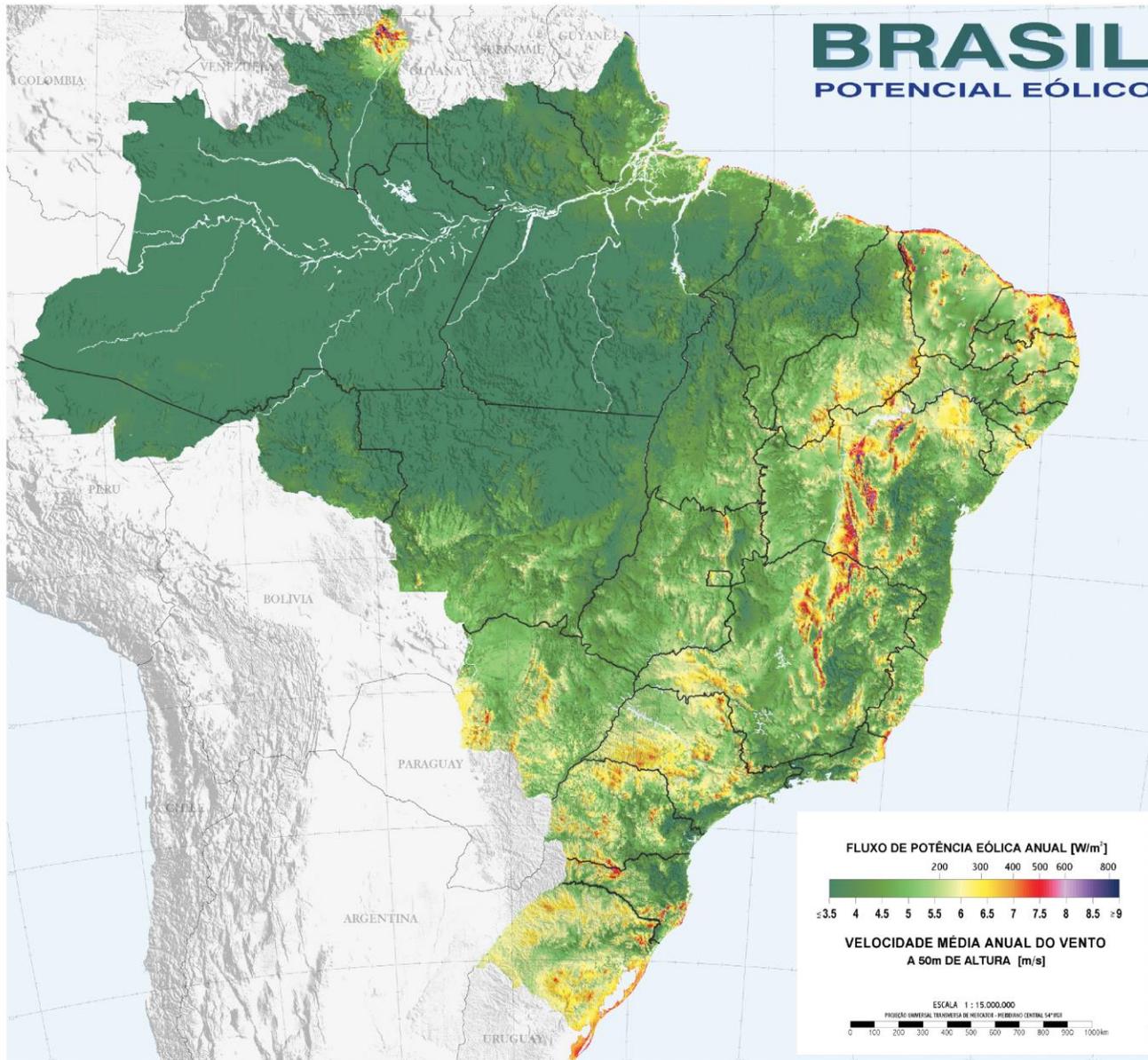
# Potencial Hidrelétrico Brasileiro

Só aproveitamos 43 % do Potencial, até agora



Potencial Hidrelétrico de **246 GW**, segundo Eletrobras (2017)

# Potencial Eólico Brasileiro



## Potencial Eólico

- *On-shore*: Inicialmente estimado como 143 GW (2001), estudos em desenvolvimento no INCT-Clima apontam que pode chegar a 880 GW, sendo que **522 GW** são considerados tecnicamente viáveis.
- *Off-shore*: **1.300 GW**, segundo estudo em desenvolvimento pelo INCT.

**Só aproveitamos 0,68 % do  
Potencial, até agora**

# Potencial Solar Brasileiro

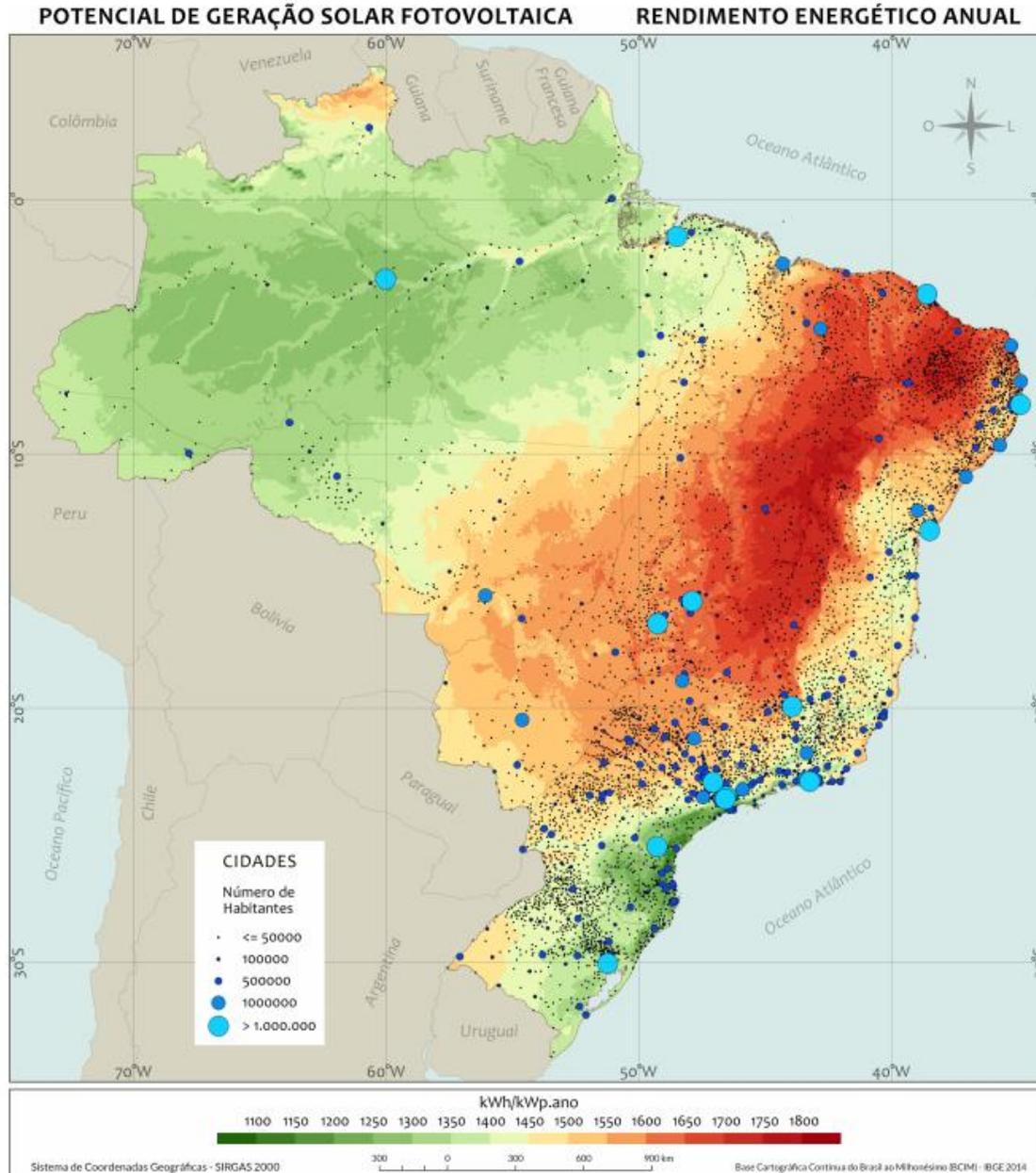


Figura 52. Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil (medido em kWh/kWp.ano no perfil de cores), admitindo uma taxa de desempenho de 80% para geradores fotovoltaicos fixos e distribuição da população brasileira nas cidades.

Valores anuais médios da irradiação solar do Brasil:

**1.550 a 2.370 kWh/m<sup>2</sup>**

Valores de referência no mundo:

✓ Média Europa:

**1.200 kWh/m<sup>2</sup>**

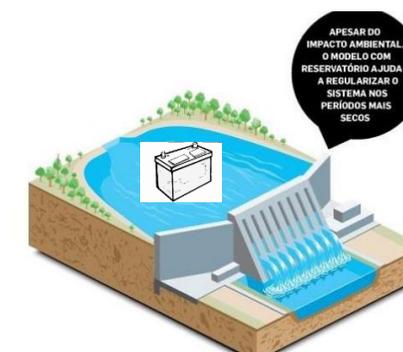
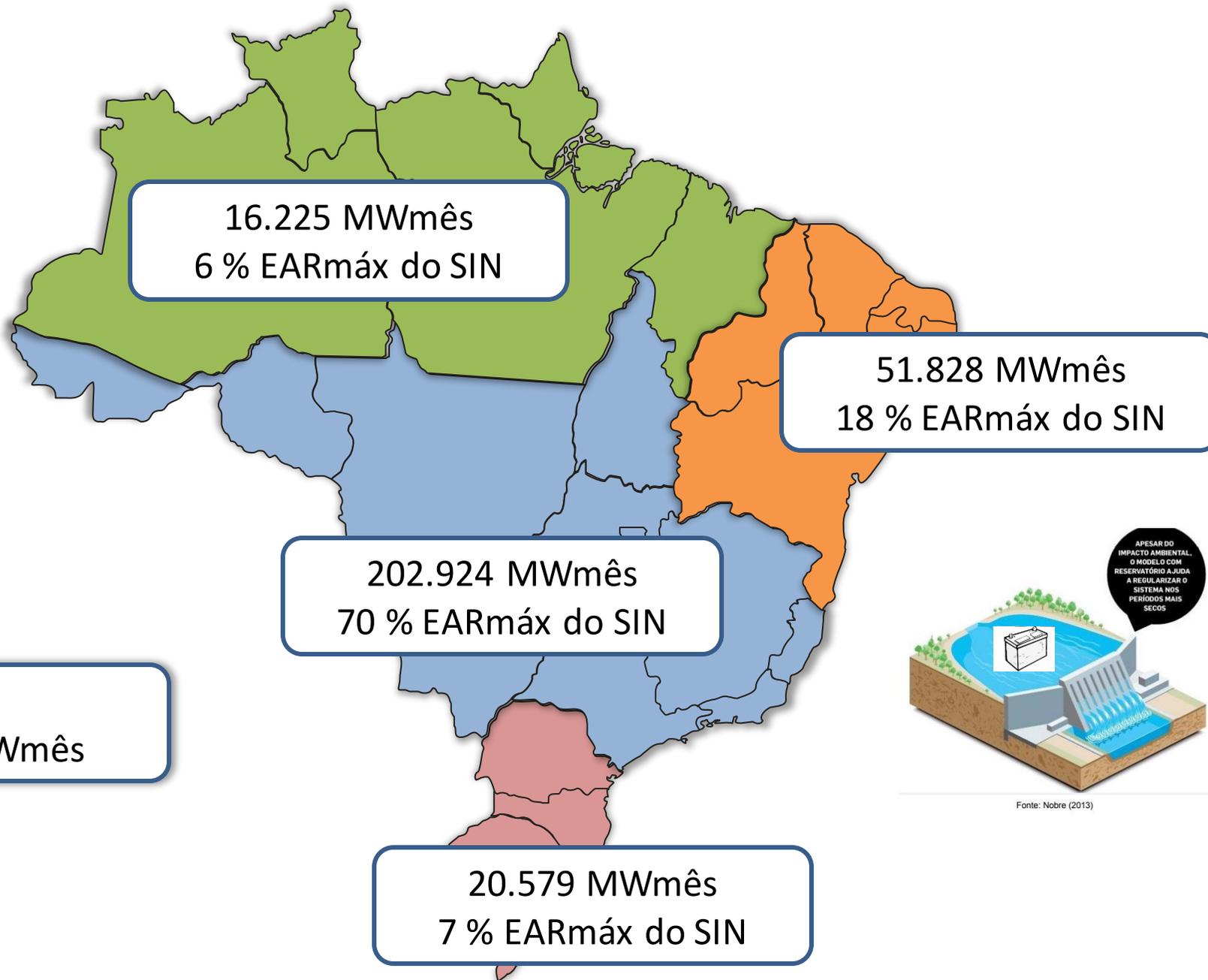
✓ Oriente Médio:

**1.800 – 2.300 kWh/m<sup>2</sup>**

Potencial de **28.000 GW** de geração solar fotovoltaica, segundo ABSOLAR.

**Só aproveitamos, até agora, 951 MW (0,0034%)**

# Capacidade de Armazenamento do SIN – dez/22



Fonte: Nobre (2013)

Ref.: PMO Abril/18

# A Matriz de Energia Elétrica de 2017 e 2022

Geração já contratada segundo Leilões ao menor preço

Tipo	2017		2022		Crescimento 2017-2022	
	MW	%	MW	%	MW	%
<b>Hidráulica</b>	105.406	67,8%	114.395	65,6%	8.989	8,5%
<b>Nuclear</b>	1.990	1,3%	1.990	1,1%	0	0,0%
<b>Gás / GNL</b>	12.597	8,1%	15.641	9,0%	3.044	24,2%
<b>Carvão</b>	3.138	2,0%	3.420	2,0%	282	9,0%
<b>Óleo / Diesel</b>	4.732	3,0%	5.018	2,9%	286	6,0%
<b>Biomassa</b>	13.623	8,8%	13.829	7,9%	206	1,5%
<b>Outras <sup>(1)</sup></b>	779	0,5%	950	0,5%	171	22,0%
<b>Eólica</b>	12.309	7,9%	15.373	8,8%	3.064	24,9%
<b>Solar</b>	952	0,6%	3.638	2,1%	2.686	282,1%
<b>Total</b>	<b>155.526</b>	<b>100,0%</b>	<b>174.254</b>	<b>100,0%</b>	<b>18.728</b>	<b>12,0%</b>

(1) Usinas Biomassa com CVU

# A Expansão da Oferta entre 2017 e 2022

TIPO	31/12/2017		31/12/2022		CRESCIMENTO 2017-2022	
	MW	%	MW	%	MW	%
Hidráulica	105.406	67,8%	114.395	65,6%	8.989	8,5%

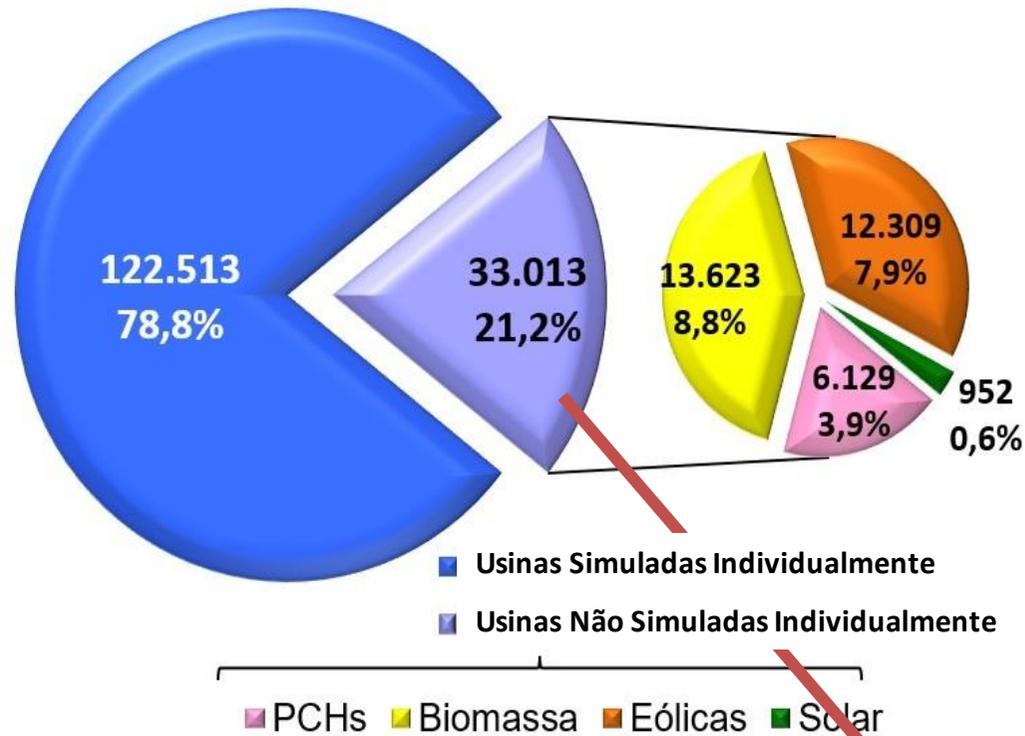
8.719 MW (96%) – UHEs sem Reservatório  
401 MW (4%) – UHEs com Reservatório

Sem Reservatório		Com Reservatório	
UHE Belo Monte	6.722 MW	UHE Sinop	401 MW
UHE São Manoel	700 MW		
UHE Colíder	300 MW		
PCHs	670 MW		
Outras	327 MW		

# A Matriz de Energia Elétrica de 2017 e 2022

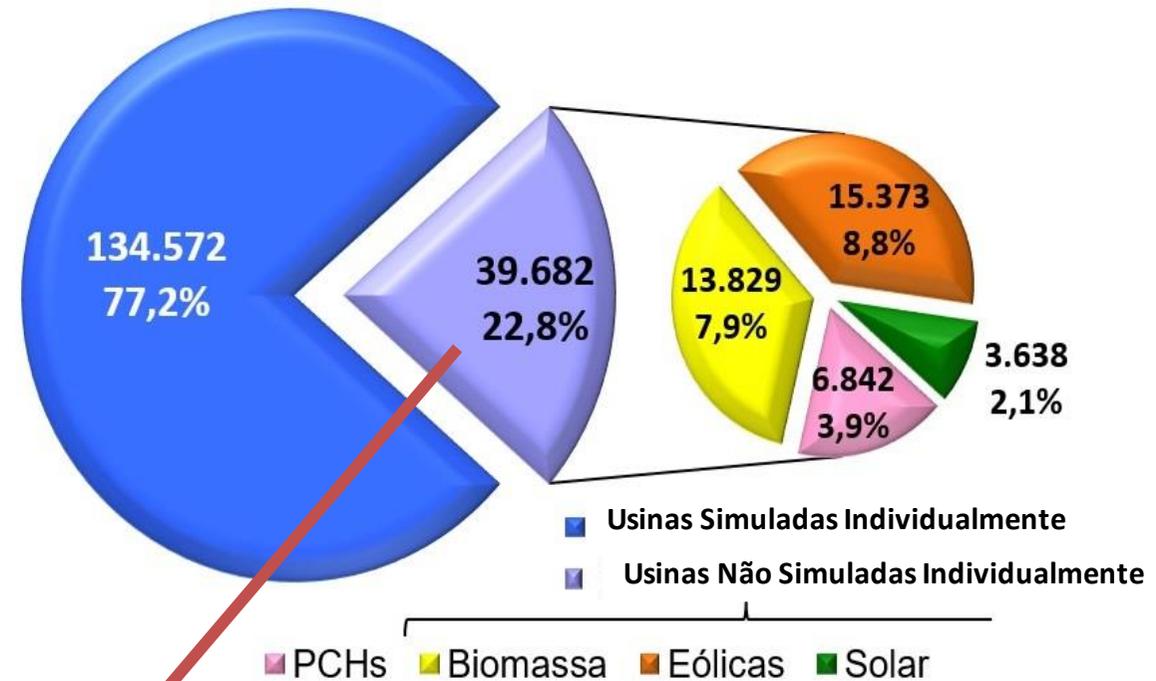
## Verificado em dez/2017

Total Disponível: 155.526 MW



## Capacidade Prevista em 31/12/2022:

Total Disponível: 174.254 MW

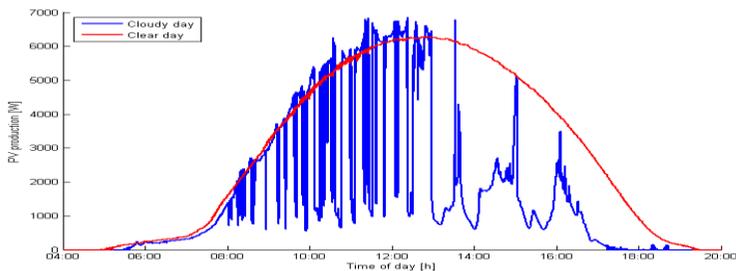
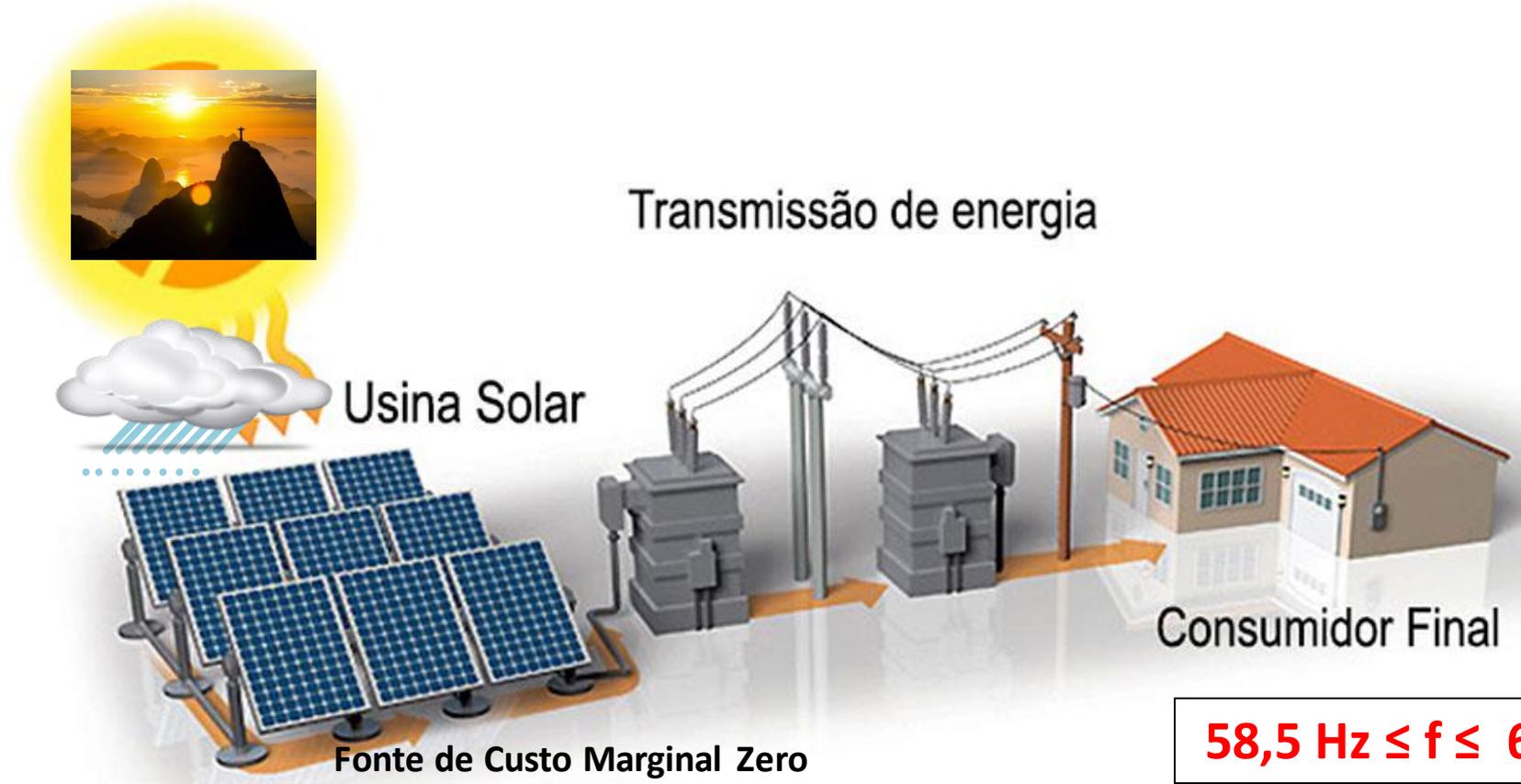


Parcela Abatida da Carga

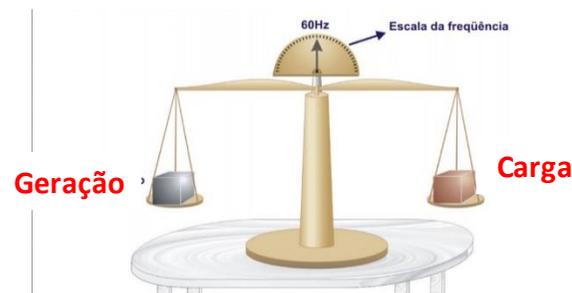
# As Novas Renováveis no contexto da Não Despachabilidade

Uma das formas de mitigar os impactos da Não Despachabilidade das Novas Renováveis é fazer uma **Boa Previsão de Geração**, principalmente *intra-day*.....

# Requisitos operativos de um sistema elétrico

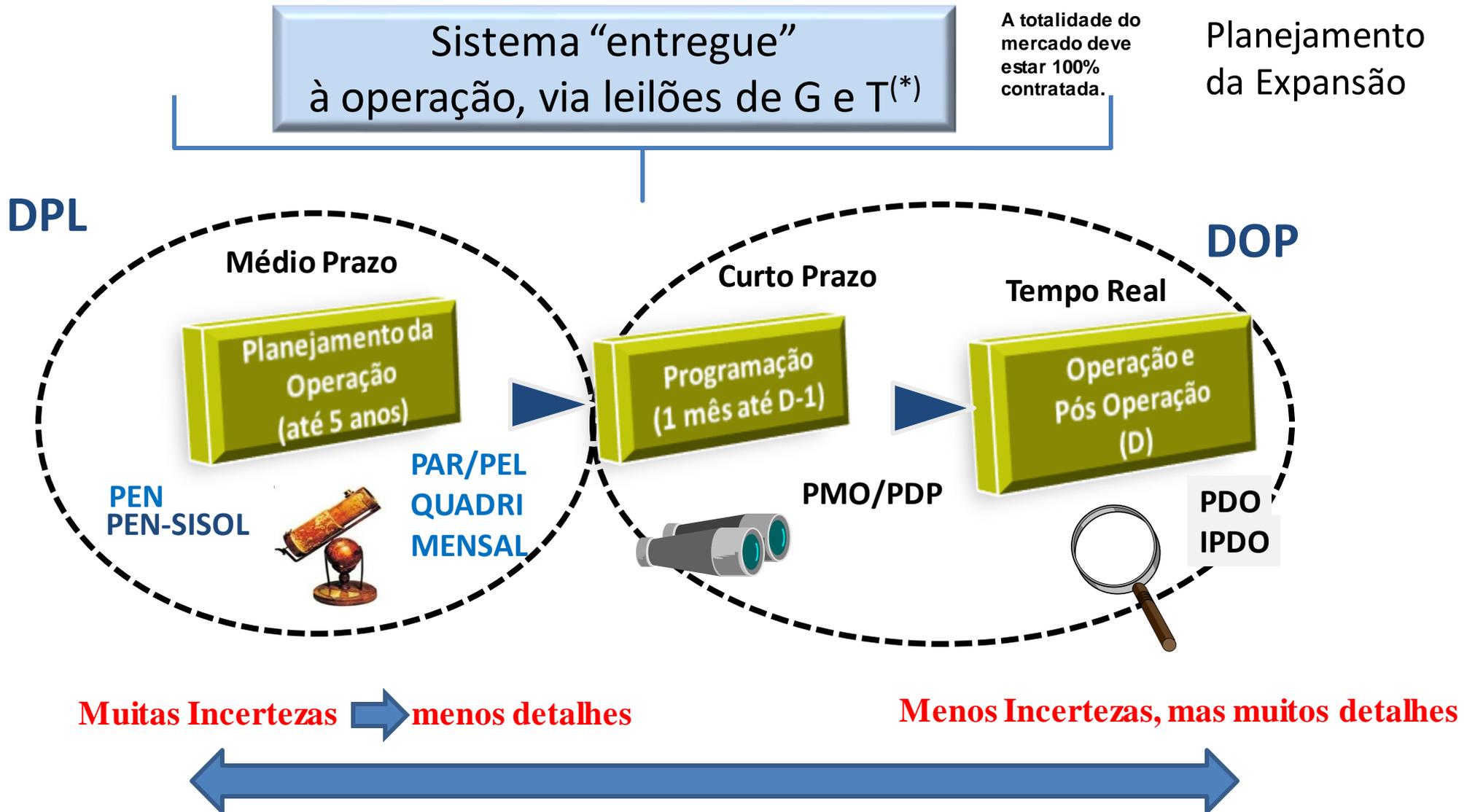


Vale apenas uma **Boa Previsão**



Necessita de  
Reserva Adequada

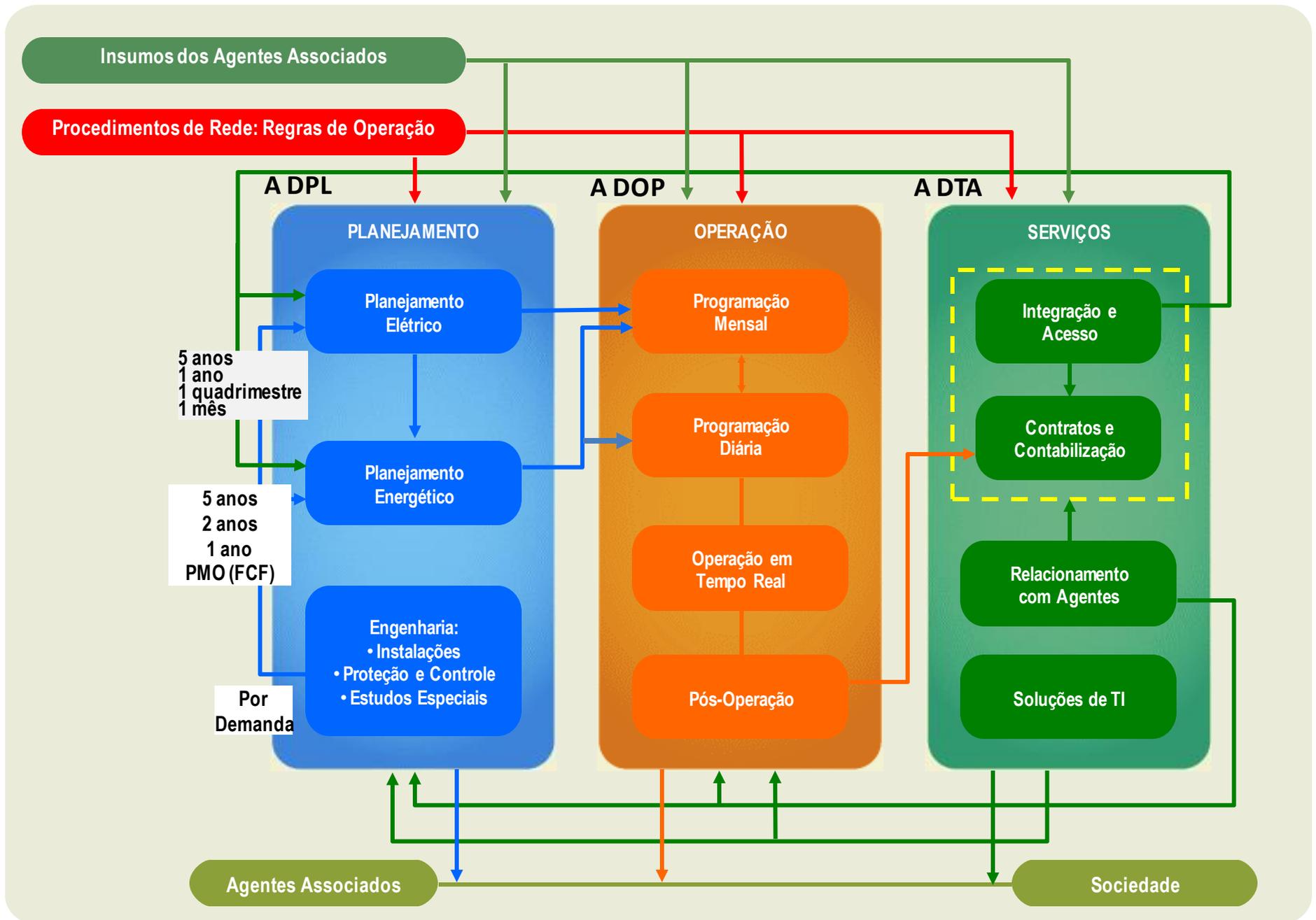
# O Processo Decisório da Operação <sup>(1)</sup> – as 4 camadas



(1) Função da predominância de usinas hidroelétricas com reservatórios e tempo de maturação das obras

(\*) Na Rede Básica

# O Processo Decisório da Operação no ONS



# A DPL no Processo Decisório

Diretoria de Planejamento  
DPL – Francisco Arteiro  
Assistente – Fernando França

## Planejamento

**Mario Daher**

Gerência Executiva  
Planejamento Energético  
PE

- Estudos Energéticos de Médio Prazo ----- Cida
- Previsão de Carga ---- Fausto
- **Metodologias e Modelos Energéticos ----- Alberto**
- Equipes descentralizadas nos NNNE e NSUL

**Sumara Ticom**

Gerência Executiva  
Planejamento Elétrico  
PL

- Estudos Elétricos de Médio Prazo ----- Fernando
- Estudos Elétricos de Curto Prazo ----- Ivair
- Equipes descentralizadas NNNE --- Laércio  
NSUL ----Ivair Lourinho

**Mauro Muniz**

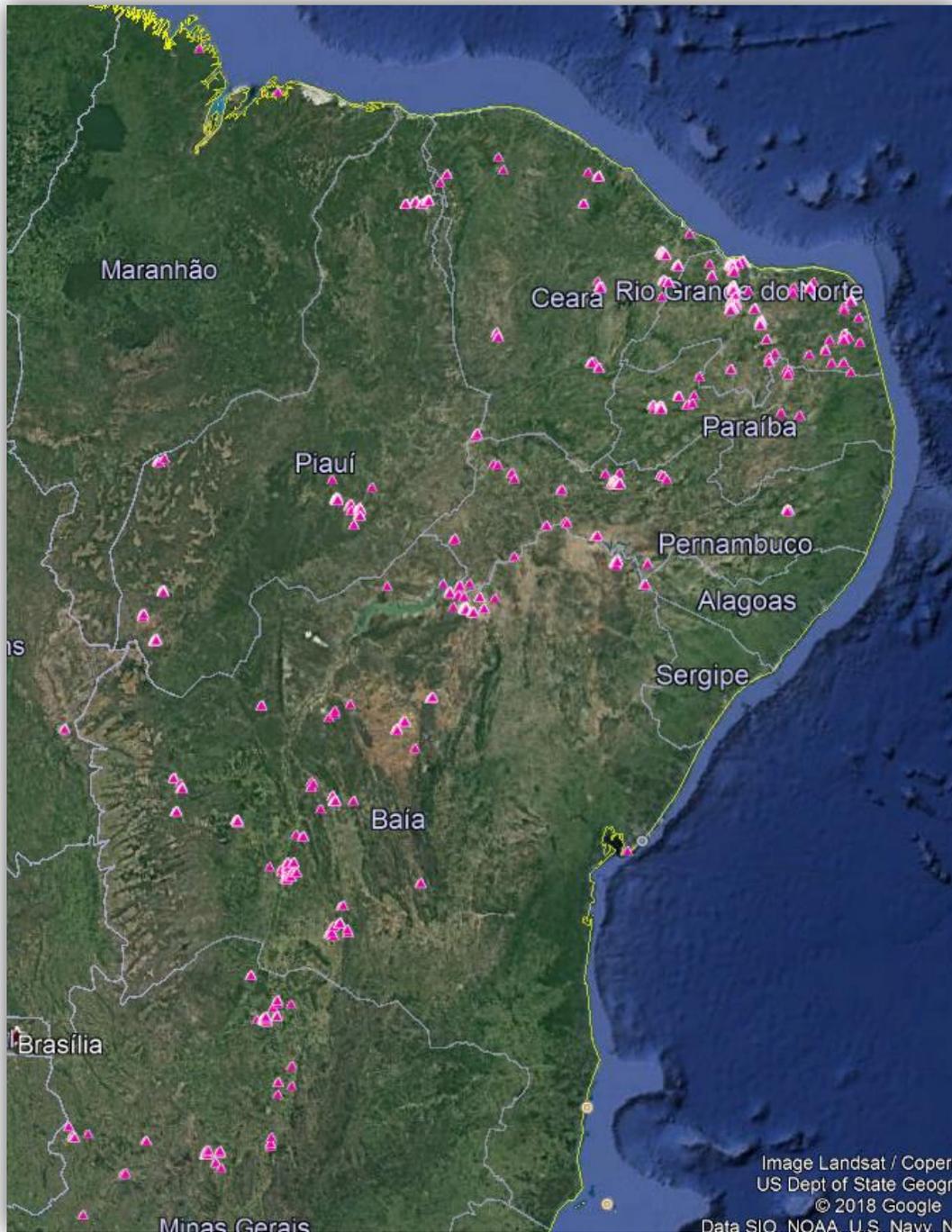
Gerência Executiva  
de Engenharia  
EG

- Estudos Especiais
- Pré Operacional ---- Leandro
- Estudos de Proteção e Recomposição ---- Masaud
- Análise de Projetos Básicos e Qualidade da Energia ----- Adriano
- Equipes descentralizadas NNNE ---- Arlindo  
NSUL -----André



# A Geração Fotovoltaica Recente

# Localização das usinas fotovoltaicas em operação e futuras



Valores anuais médios da  
irradiação solar do Brasil:

1.550 a 2.370 kWh/m<sup>2</sup>

Valores de referência no mundo:

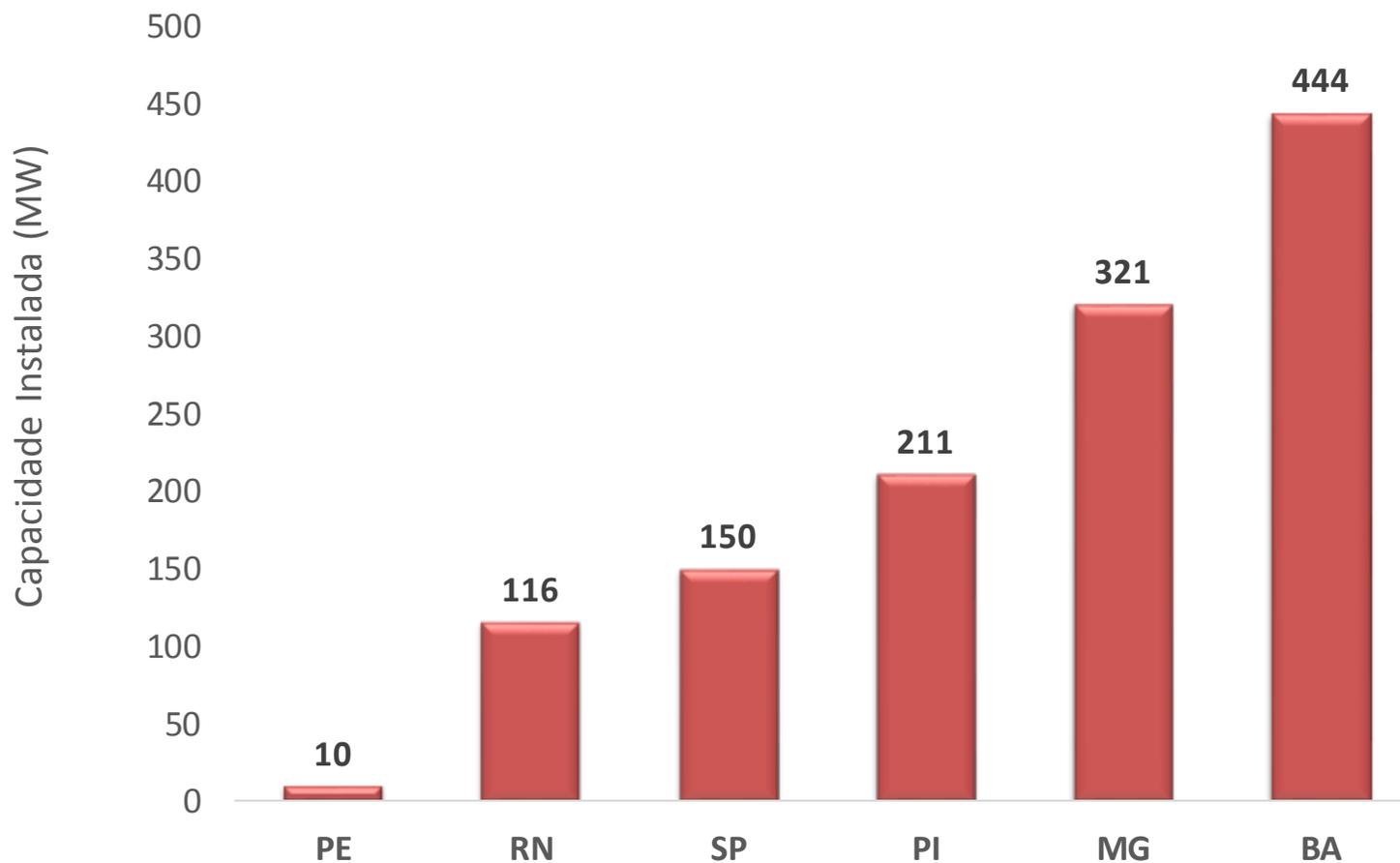
✓ Média Europa:

1.200 kWh/m<sup>2</sup>

✓ Oriente Médio:

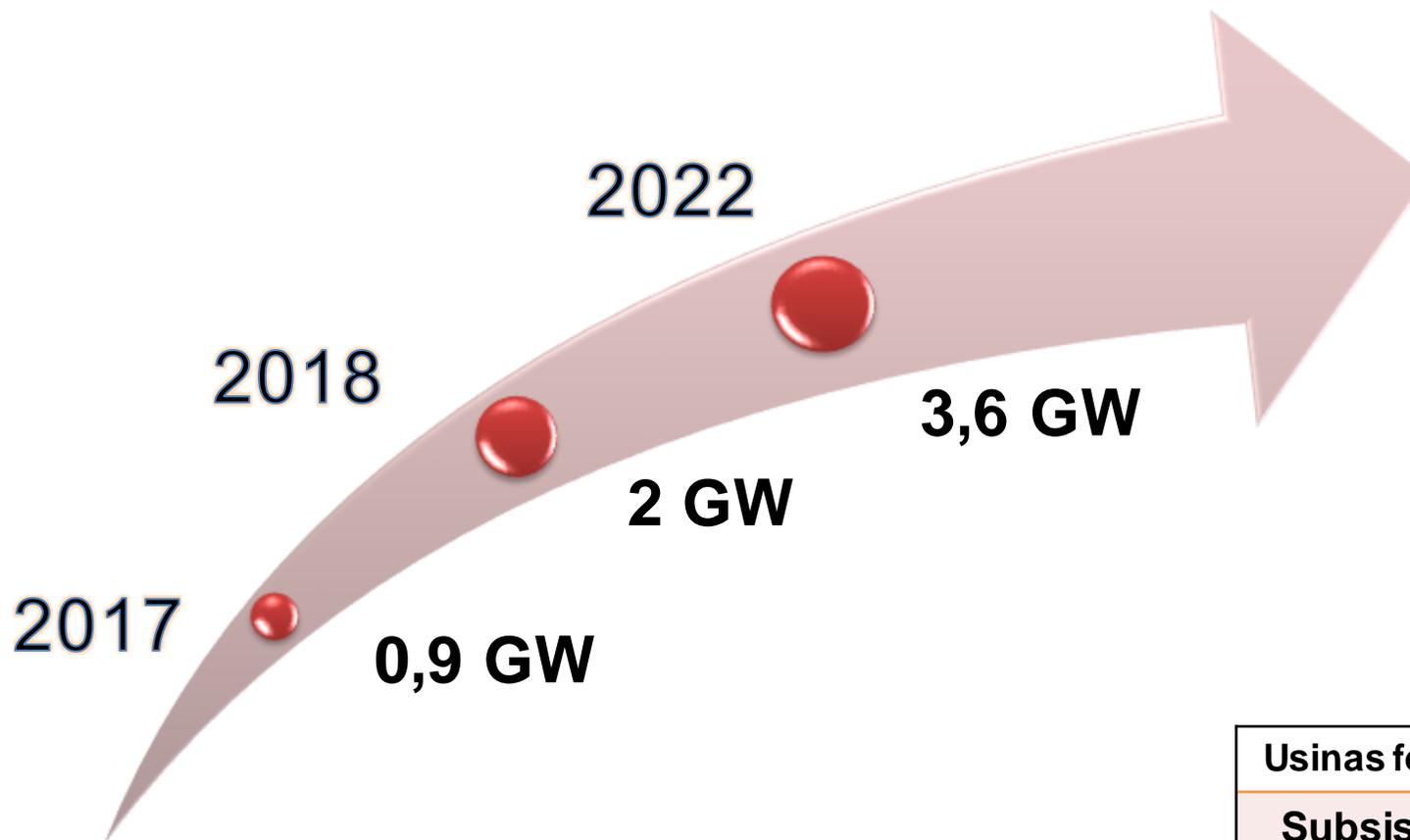
1.800 – 2.300 kWh/m<sup>2</sup>

# Capacidade instalada das usinas fotovoltaicas



Fonte: Dados ONS/ANEEL (usinas supervisionadas)

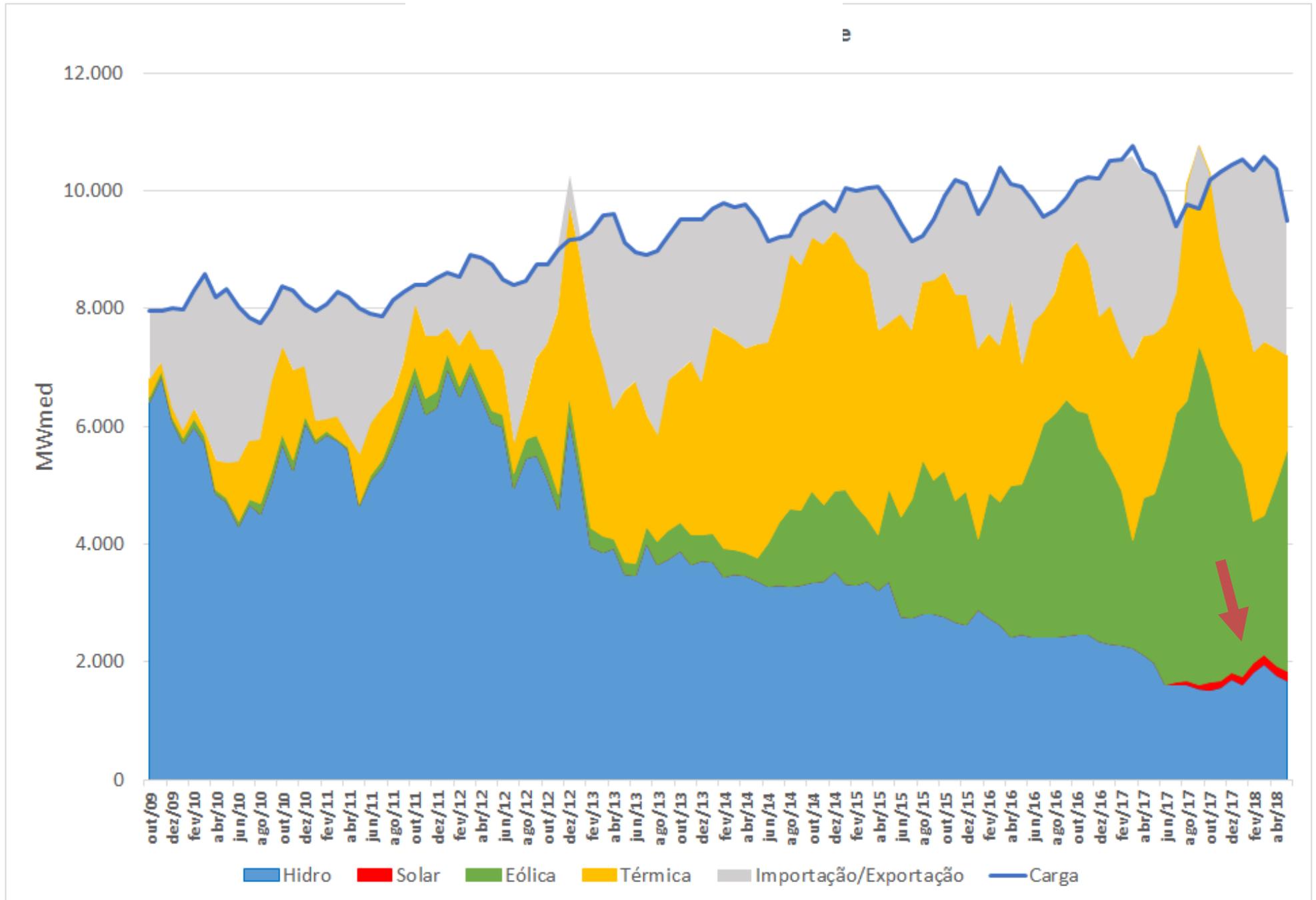
# Capacidade Instalada e Prevista de Solar no SIN



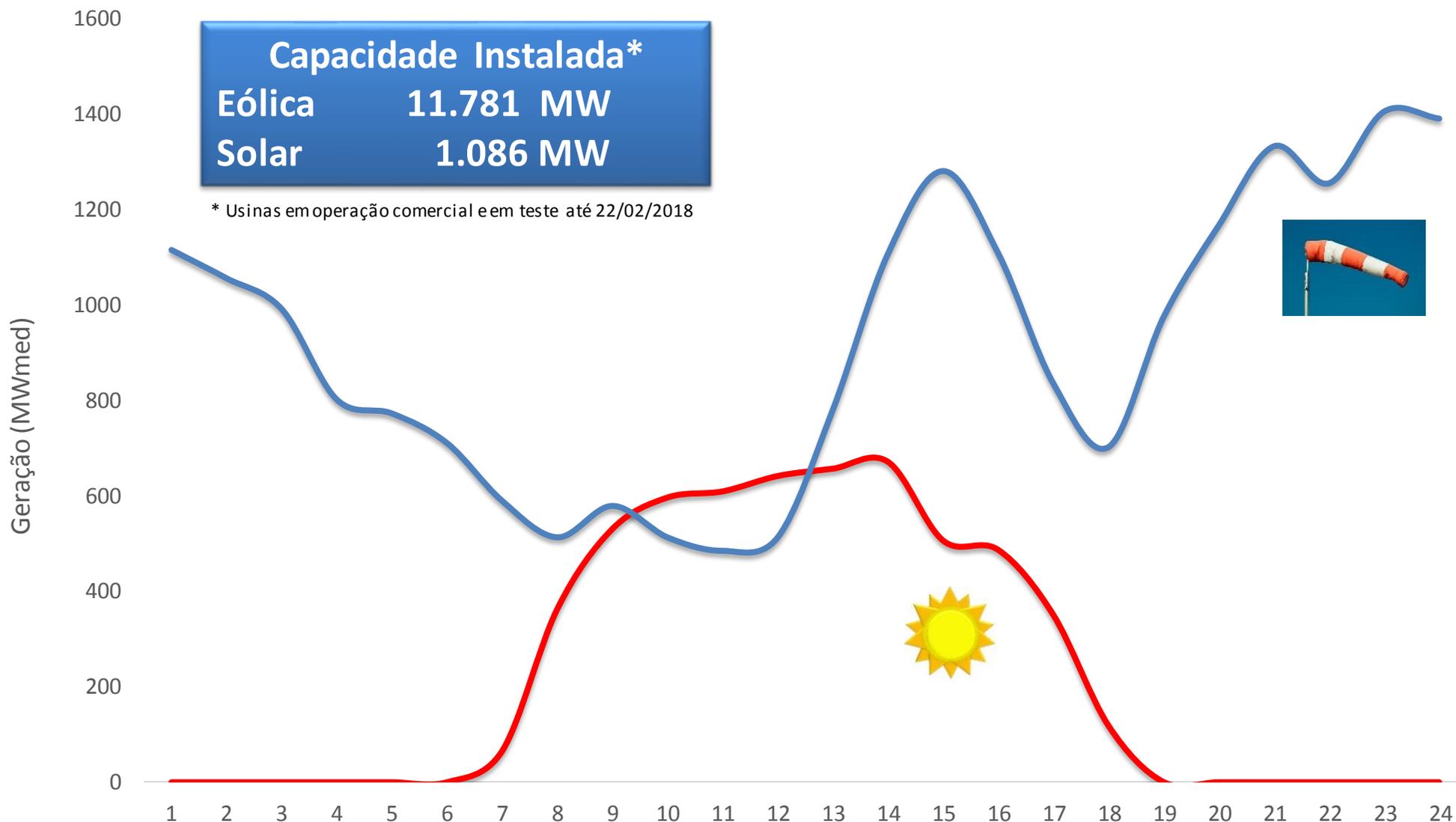
Usinas fotovoltaicas em operação no SIN <sup>1</sup>	
Subsistema	Potência Inst. (GW)
Nordeste	0,8
Sudeste	0,5
<b>Total</b>	<b>1,3</b>

<sup>1</sup> Capacidade instalada das usinas despachadas pelo ONS, em operação comercial e em testes até 08/06/2018.

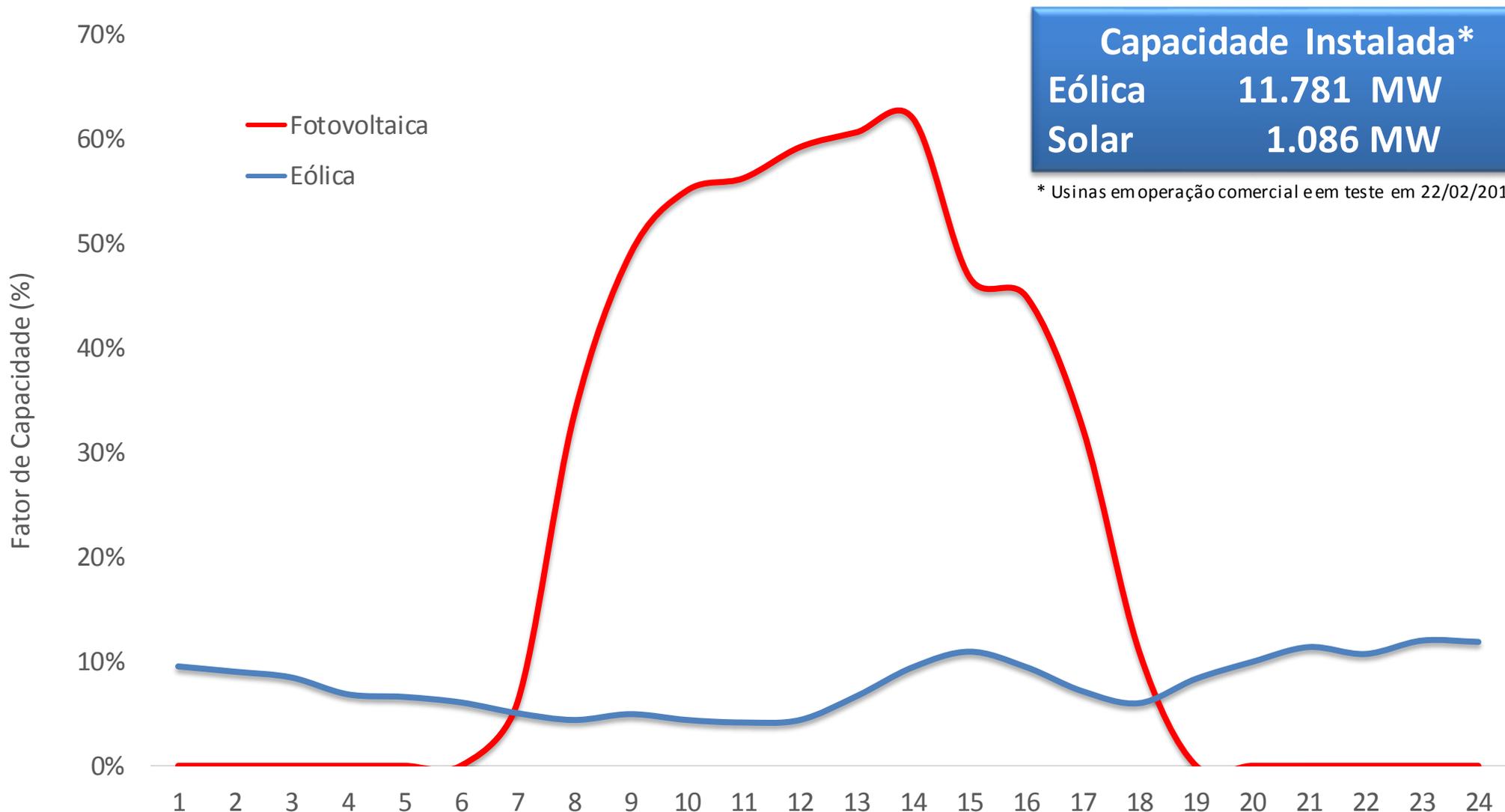
# Balanço Energético do Nordeste out/2009 – maio/2018



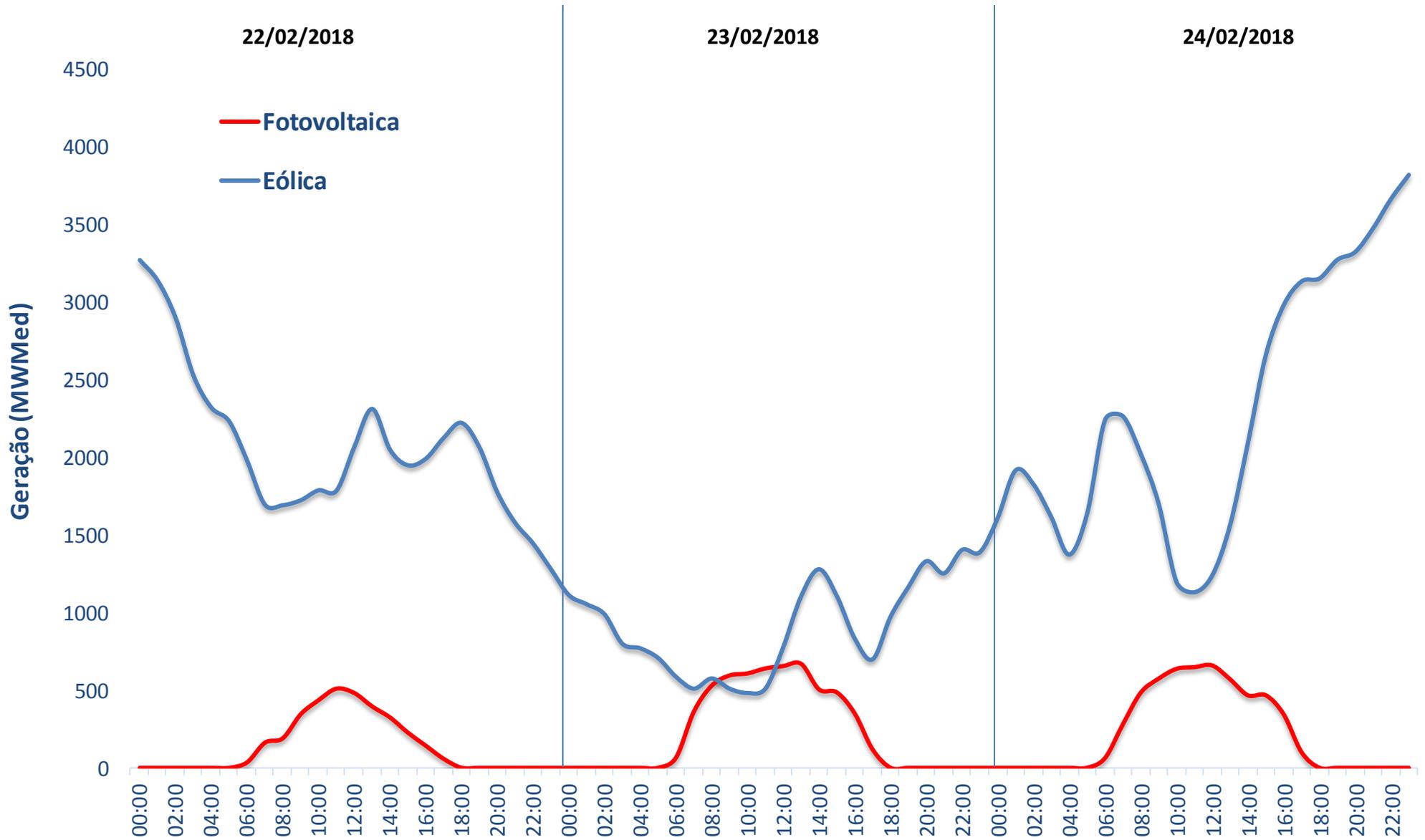
# Geração Eólica x Fotovoltaica do SIN em 23/02/2018



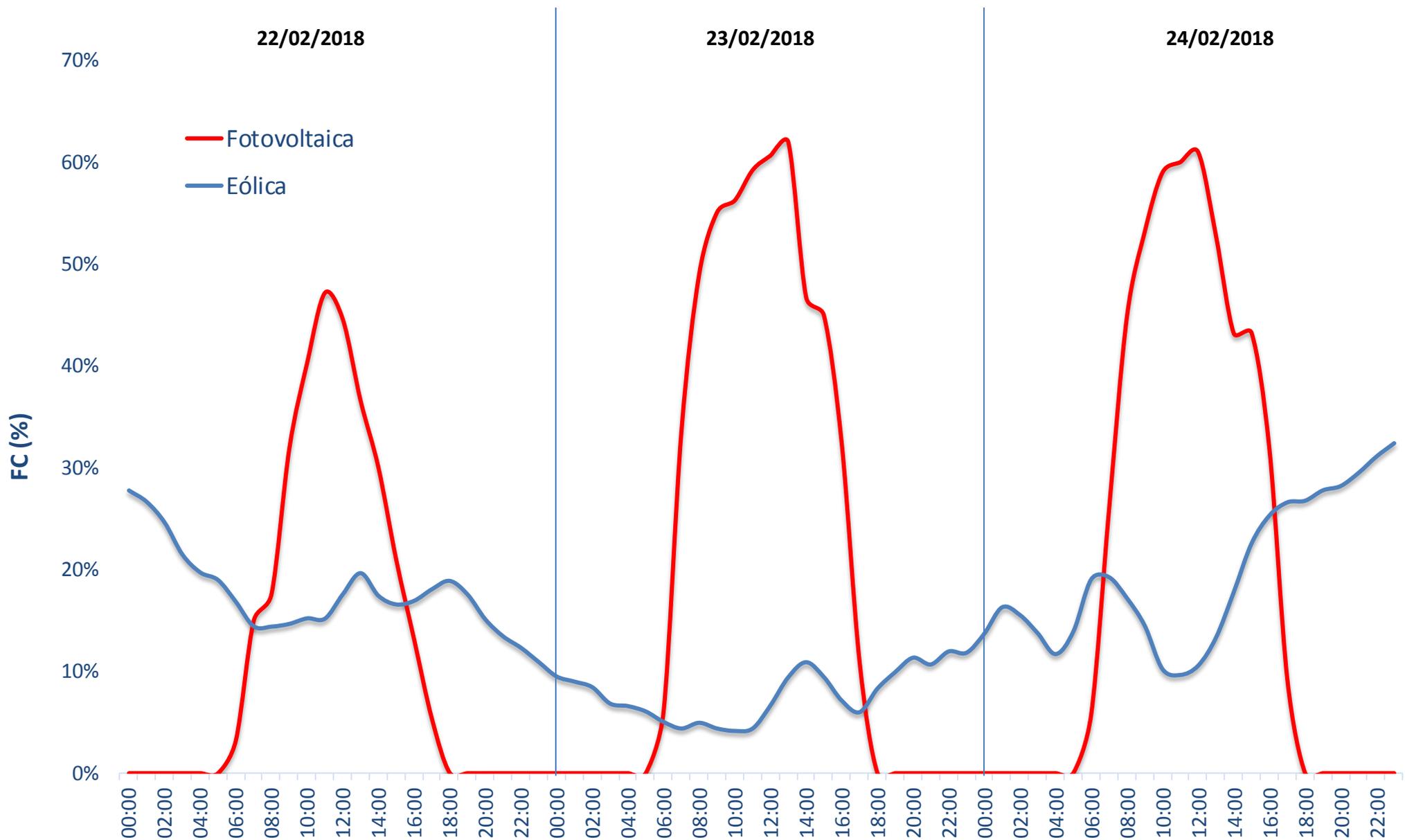
# Fator de Capacidade da Geração Eólica x Fotovoltaica do SIN em 23/02/2018



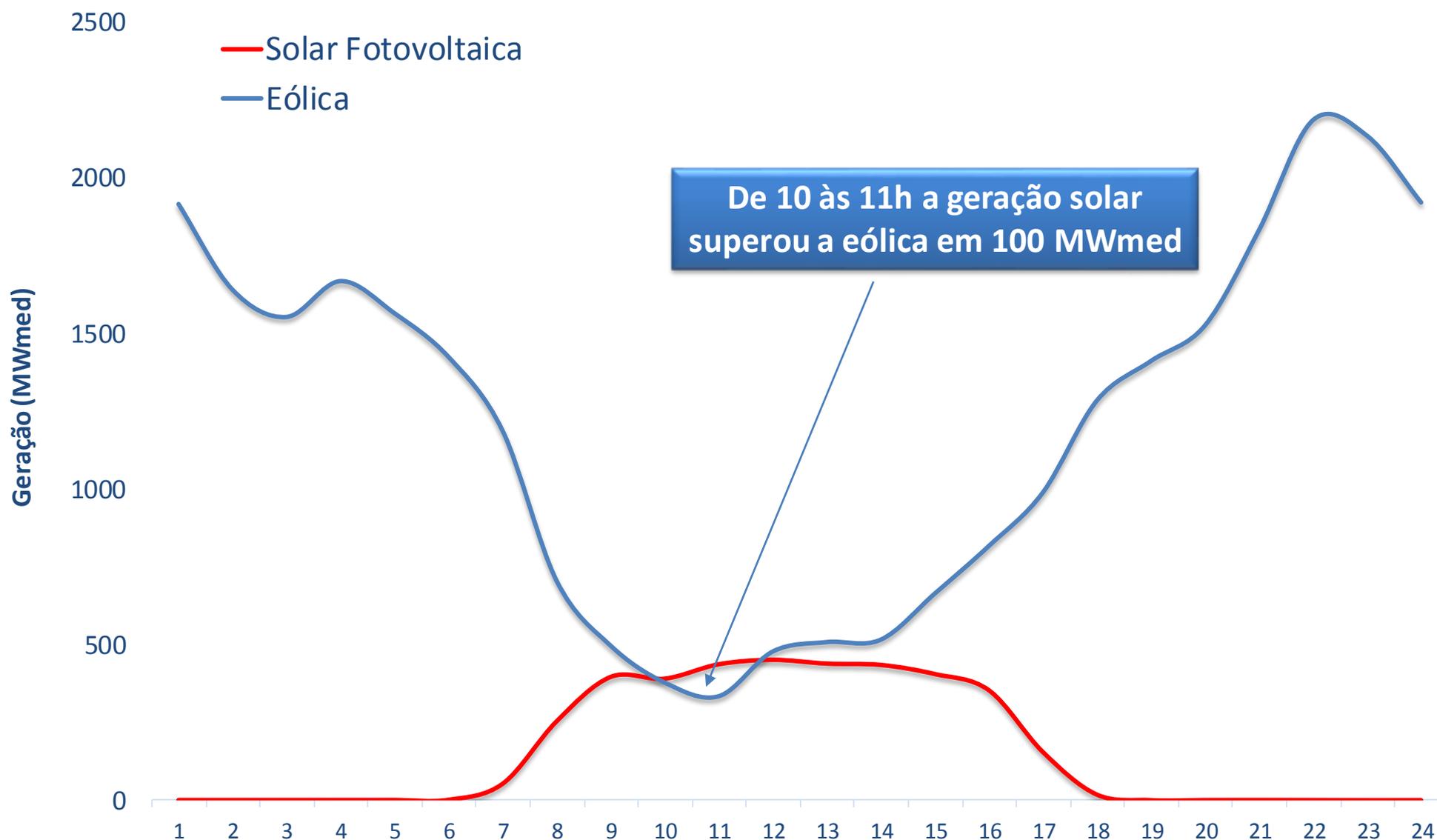
# Geração Eólica x Fotovoltaica do SIN - 22/02 a 24/02/2018



# Fator de Capacidade Geração Eólica x Fotovoltaica do SIN - 22/02 a 24/02/2018



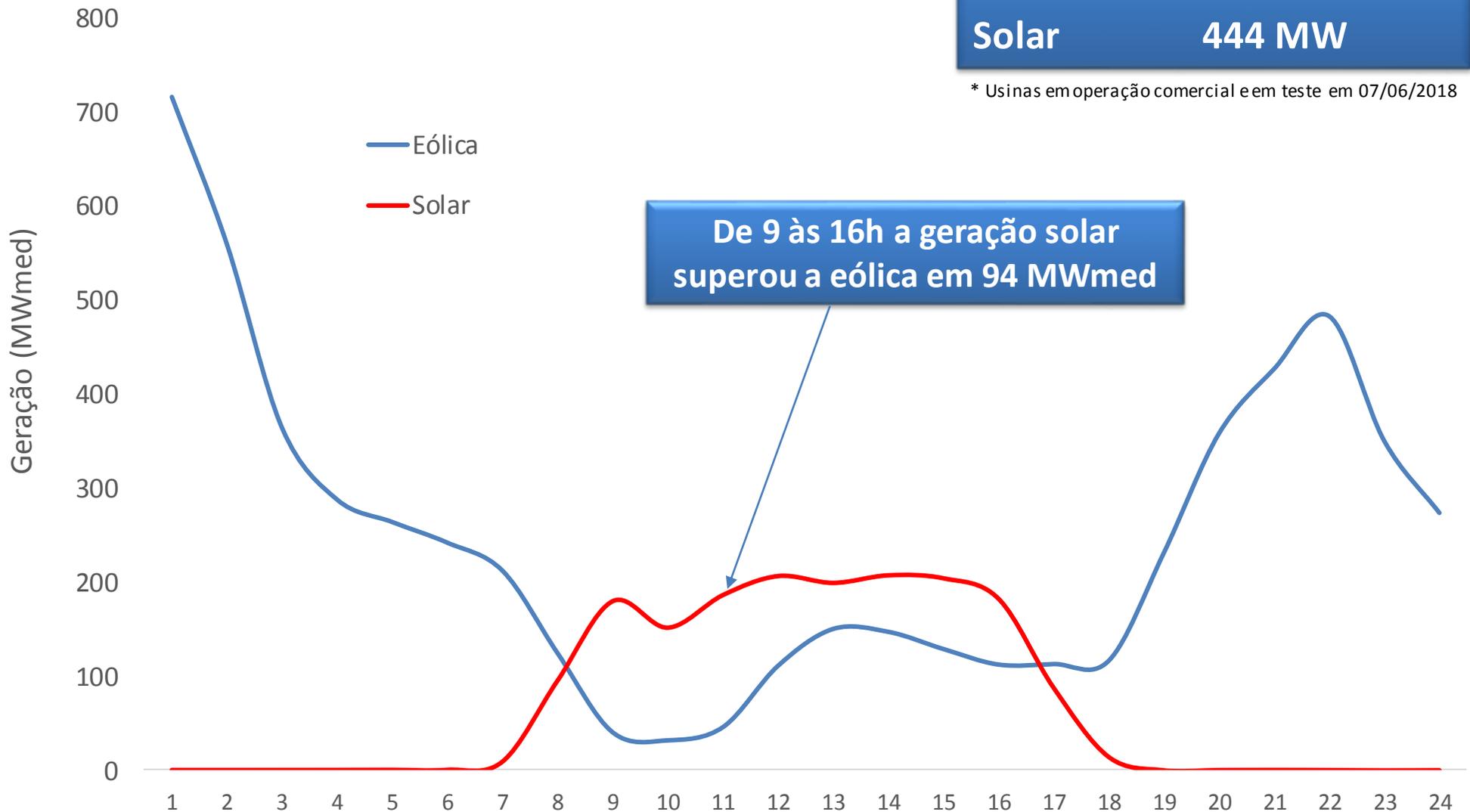
# Geração Eólica x Solar Fotovoltaica do Nordeste em 20/05/2018



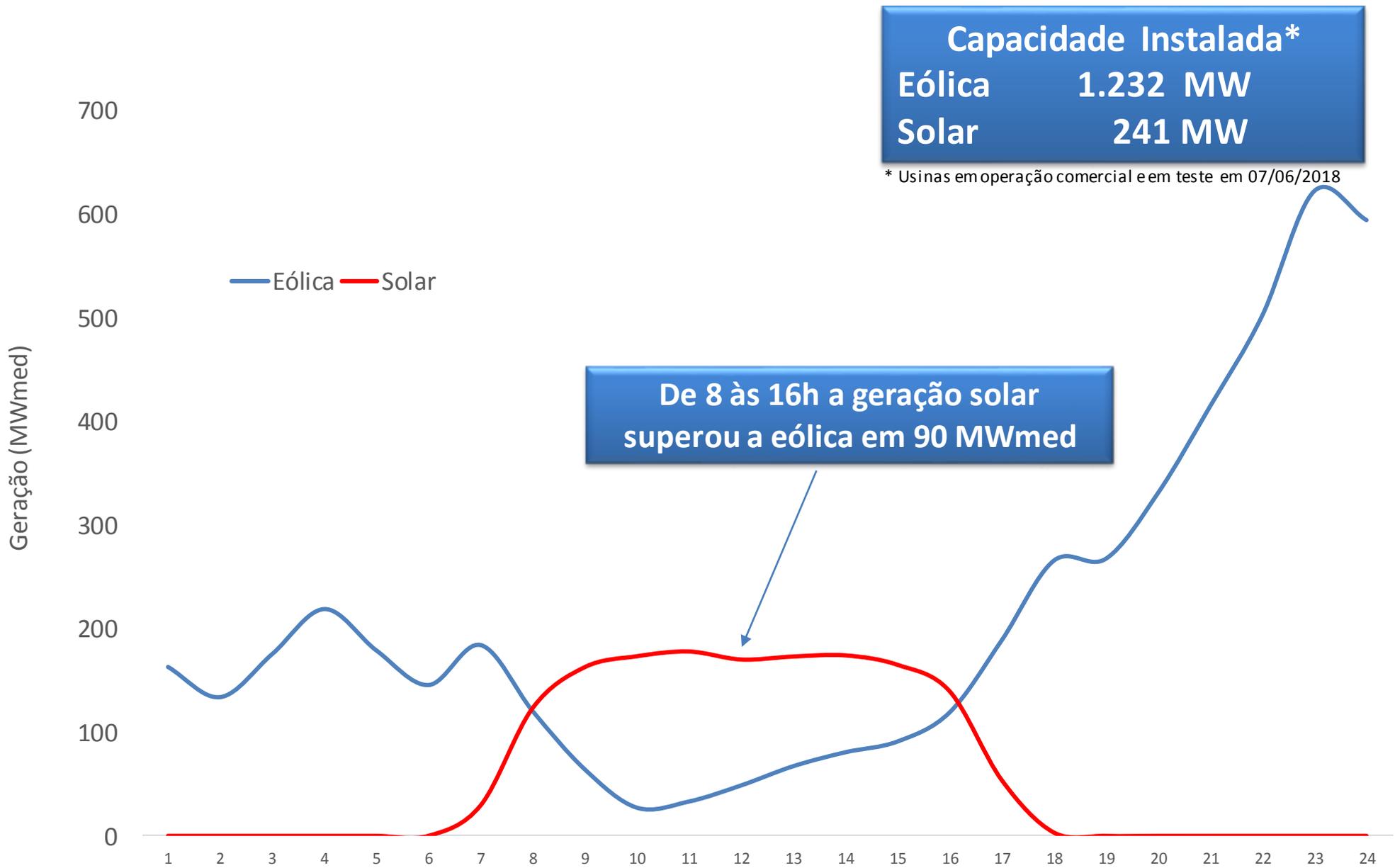
# Geração Eólica x Solar Fotovoltaica da Bahia em 20/05/2018

Capacidade Instalada*	
Eólica	2.702 MW
Solar	444 MW

\* Usinas em operação comercial e em teste em 07/06/2018



# Geração Eólica x Solar Fotovoltaica do Piauí em 20/05/2018



# A Geração Solar em Abril de 2018

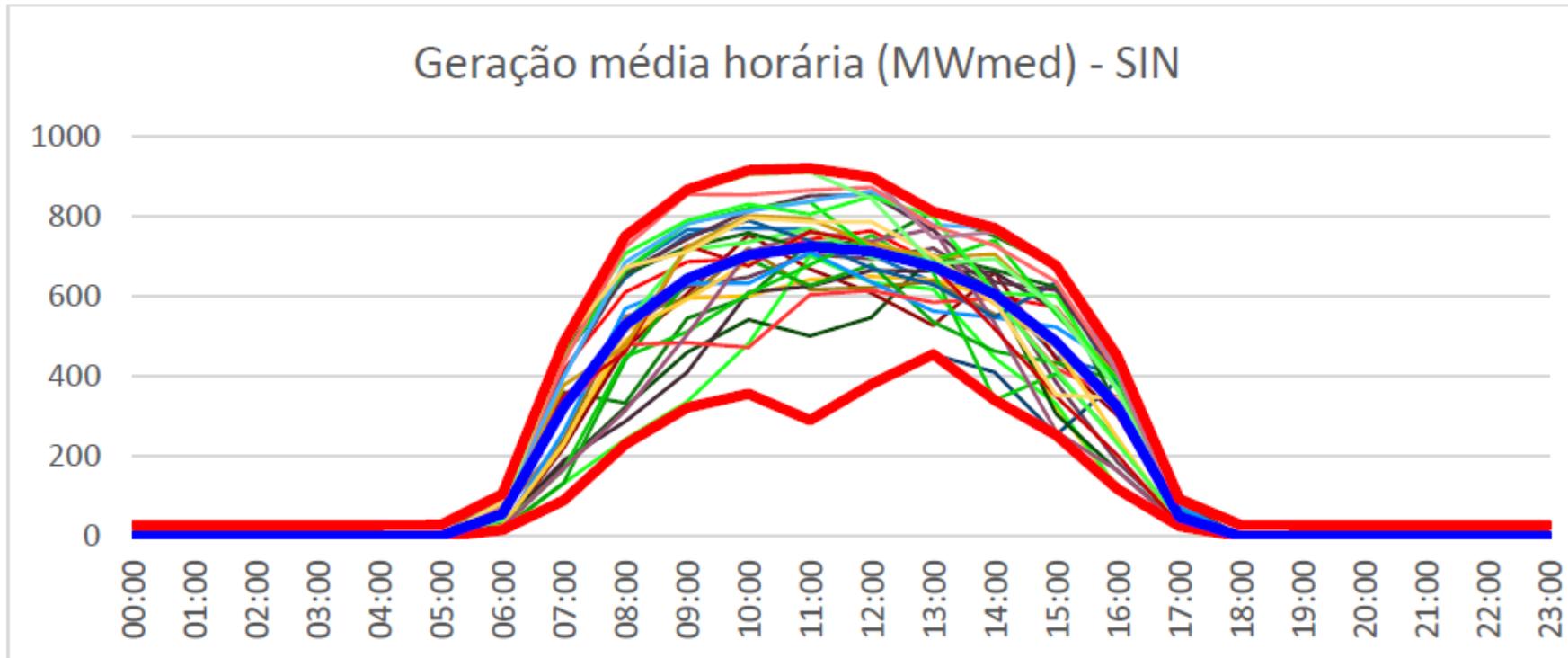


Figura 7 – Geração solar fotovoltaica no SIN em base horária para todos os dias do mês. Em destaque, é mostrada a geração mínima, máxima e média para cada hora.

**Fonte: Boletim Mensal de Geração Solar Fotovoltaica Abril/2018, do ONS**

# A Previsão de Geração Solar Fotovoltaica

**X**

**Verificado**

# Representação das UFV no Médio Prazo, no PMO e na PDP (Resoluções ANEEL 440/2011 e 476/2012)

Abatido  
da Carga

Geração mensal verificada por usina, em cada subsistema

Janela móvel de 5 anos (\*)

Existentes

FUTURO: Cada mês igual a média do passado

Planejamento até 5 anos

60 janeiros iguais

+

.....  
60 dezembros iguais

Futuras

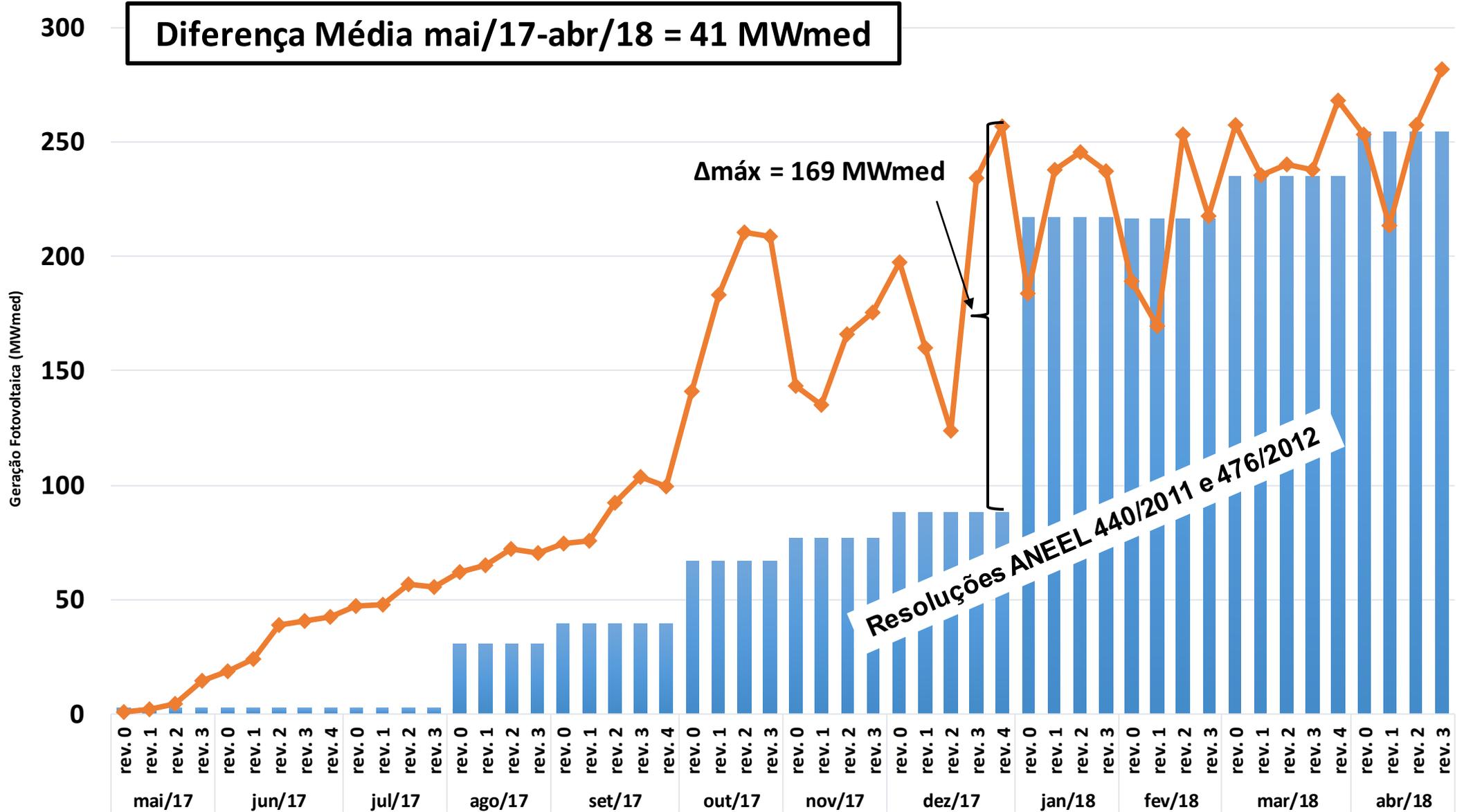
Calcula-se o Fator de Capacidade a cada mês em cada subsistema para a soma de todas as usinas da janela móvel ->  $FATOR_{ss,m}$

FUTURO: Com o mesmo  $FATOR_{ss,m}$  do passado

(\*) Refrescada todo ano no PMO de maio

# Geração Fotovoltaica Prevista PMO x Geração Verificada

SIN – Semanal



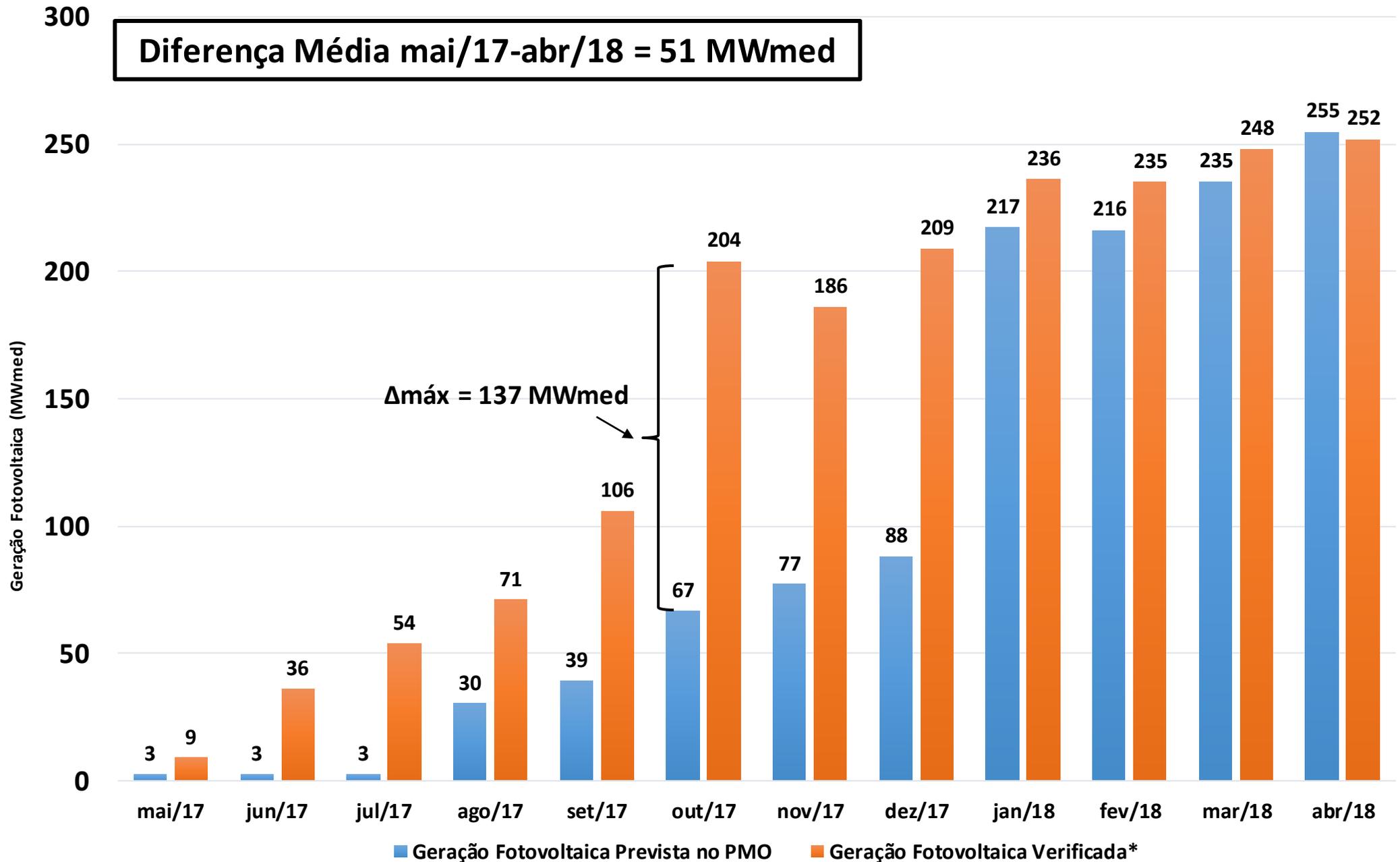
\*Geração supervisionada pelo ONS

■ Geração Fotovoltaica Prevista no PMO

—●— Geração Fotovoltaica Verificada\*

# Geração Fotovoltaica Prevista PMO x Geração Verificada

SIN – Mensal



\*Geração supervisionada pelo ONS

- Março/2016 início do desenvolvimento do modelo e processo de previsão de geração eólica
  - Objetivo:
    - ✓ Prover, até o final de 2016, a previsão de geração eólica para a programação diária da região Nordeste
    - ✓ Para 2017, o tempo real do Nordeste, programação e tempo real do Sul
- Em abril/2016, a ABEEÓLICA, todos os agentes eólicos e instituições do setor foram convidados para o 1º Workshop no ONS-Rio, onde foi apresentado o projeto a ser desenvolvido
- Levantamento de informações:
  - EPE, CCEE, ANEEL e o próprio ONS
  - Criação de uma base de dados eólicos – BD-EÓLICA
- Com apoio da ABEEÓLICA, em maio/2016 reunião técnica com os agentes no ONS-Rio para detalhamento do modelo e dados utilizados
- Em novembro/2016 reunião com os agentes no ONS-Recife para apresentação das dificuldades relacionadas aos dados verificados

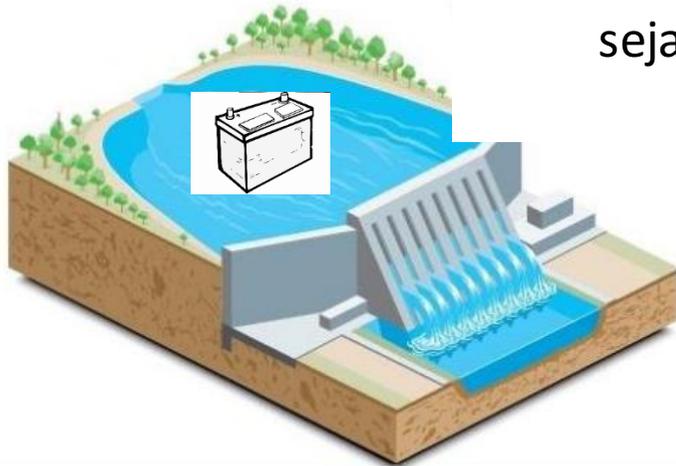
- Início do uso do modelo para a programação:
  - Em Janeiro/2017 início do uso do modelo para a região Nordeste
  - Janeiro/2017 início do uso do modelo Eta/CPTEC
  - Fevereiro/2017 inserção do modelo GFS
  - Março/2017 a ABEEÓLICA, todos os agentes eólicos e instituições do setor foram convidados para 2º Workshop reunião no ONS-Rio, onde foi apresentado os resultados iniciais do modelo
  - Maio/2017 aquisição do modelo ECMWF
  - Em setembro/2017 início da previsão para a programação da região Sul
  - Dezembro/2017 uso do modelo BAM/CPTEC
- Início do uso do modelo para o tempo real:
  - Para a região Nordeste em maio/2017
  - Para a região Sul em dezembro/2017

- Em agosto/2017 reunião na sede da ABEEÓLICA para entrega do modelo aos agentes
- Em dezembro/2017 reunião no ONS-Rio para esclarecimentos de dúvidas do modelo
- Em março/2018 deliberação da CPAMP quanto a reprodutibilidade/confidencialidade de dados
- Em abril/2018 primeira reunião ONS-Rio para criação de uma Força-Tarefa do Modelo de Previsão de Geração Eólica do ONS (FT-Eólica)
- Em maio/2018 segunda reunião FT-Eólica
- Em junho/2018 está programada a terceira reunião FT-Eólica

# O desafio do Equilíbrio Carga X Geração na Matriz atual

## O que precisamos, a despeito das Novas Renováveis:

Reservatórios de Regularização



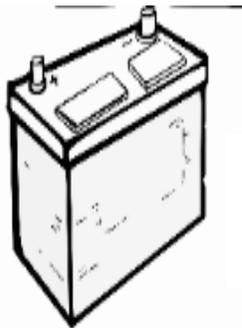
Por menores que  
sejam

Fonte: Nobre (2013)



Novas UTEs a GN  
(do Pré-Sal?)  
menores custos

**O SIN precisa de Inércia!!!!**



Baterias – *Energy Storage*  
... *Questão de tempo*



Novas Nucleares.... Por que não???

# Obrigado

