

# A Grande Transição

O Futuro dos sistemas elétricos com grande penetração de renováveis e o papel da geração termelétrica a gás natural

**Jorge Alcaide**  
**Wärtsilä Brasil LTDA.**

**Brasília, 03 de Outubro 2019**



UTE Suape II

1. A Grande Transição
2. As Consequências
3. O Papel da Flexibilidade
4. Como fica o Brasil



## Áreas de negócios



### ENERGY BUSINESS

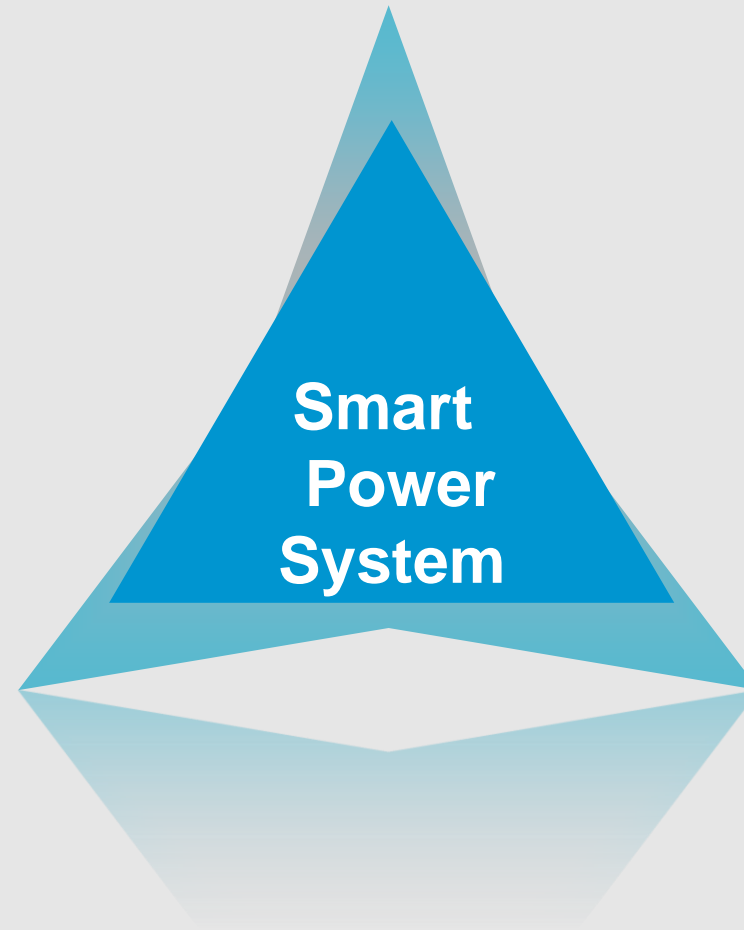


### MARINE BUSINESS



**Acessível**

**Confiável**



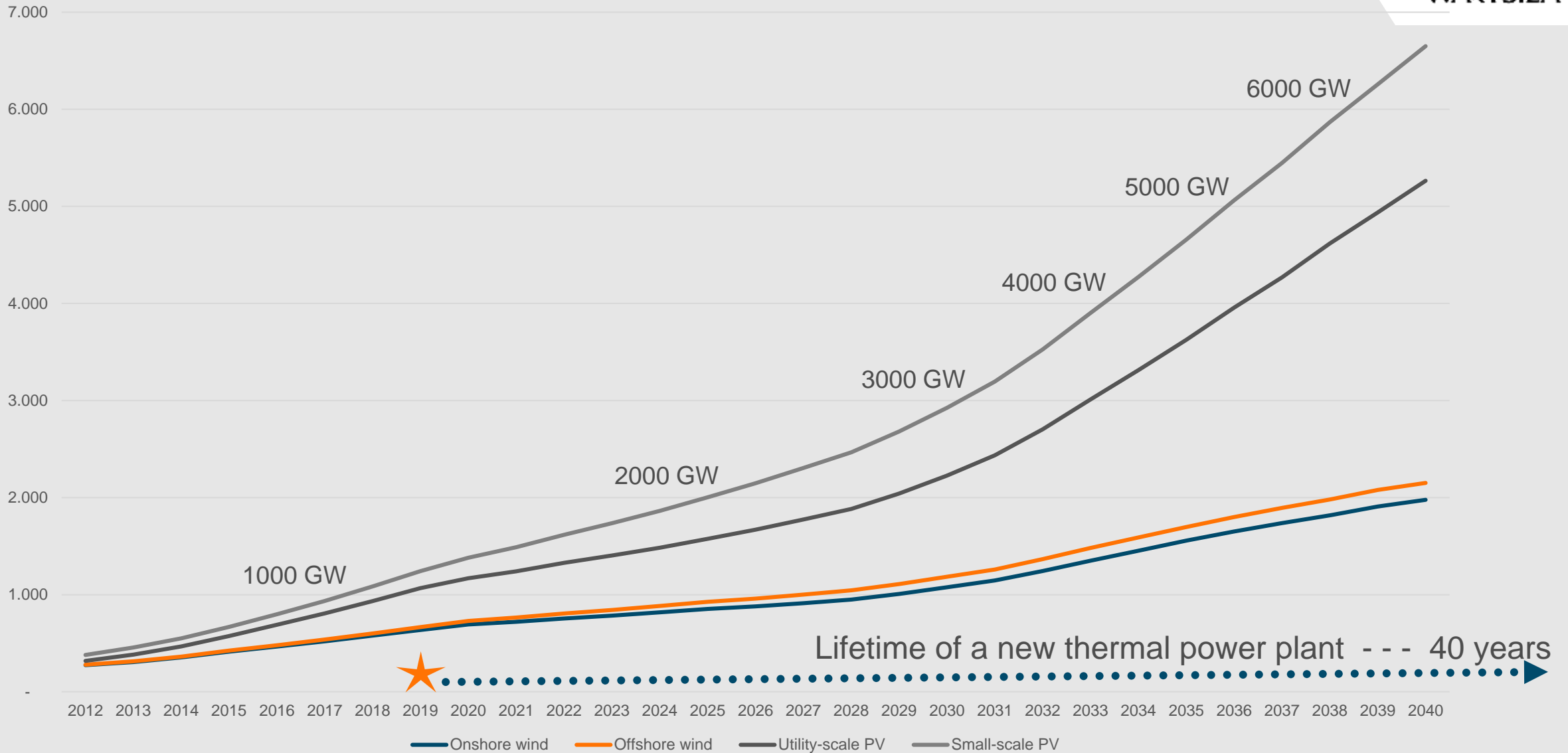
**Sustentável**

[www.smartpowergeneration.com](http://www.smartpowergeneration.com)

# E O CONSUMO VAI CONTINUAR CRESCENDO

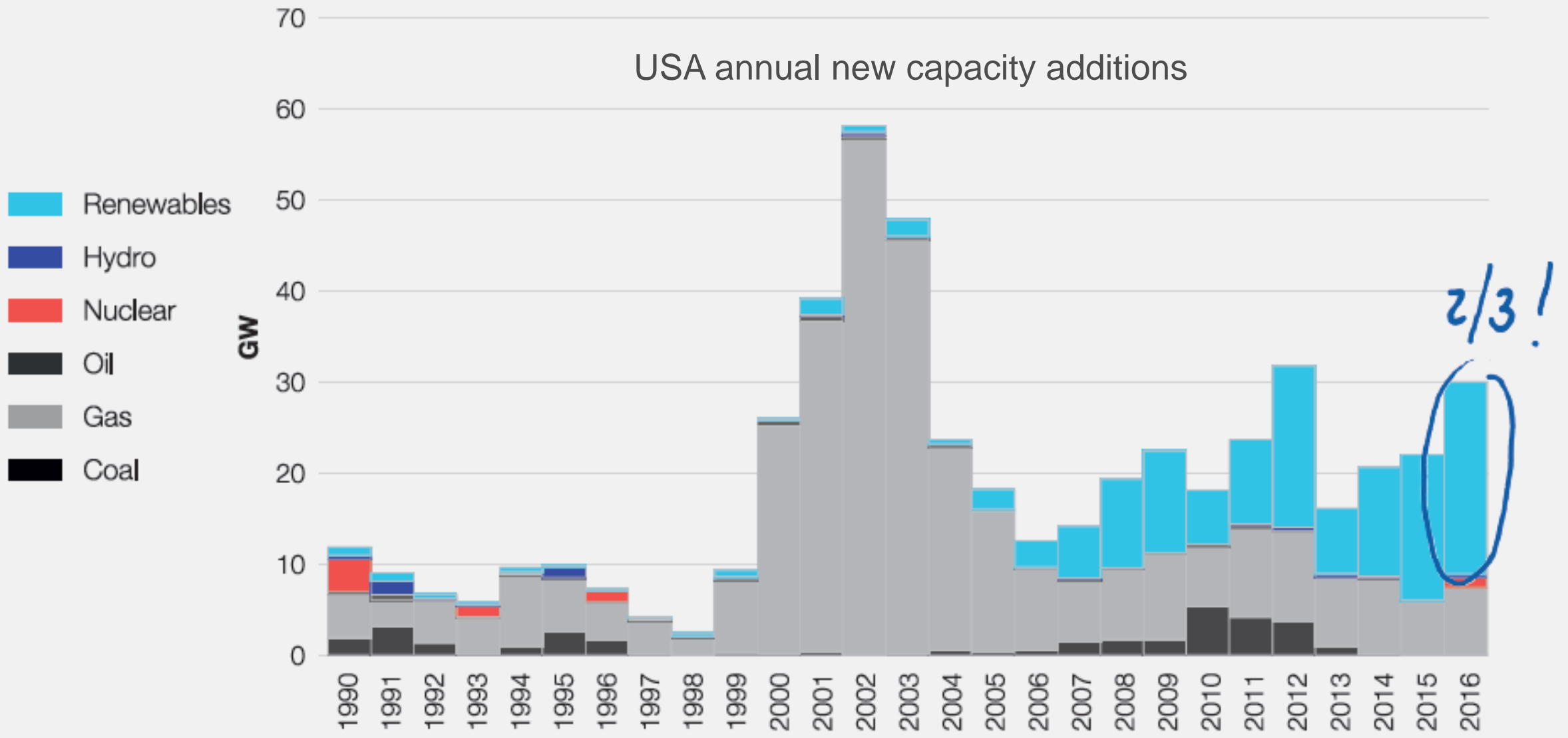


# CUMULATIVE WIND & SOLAR CAPACITY



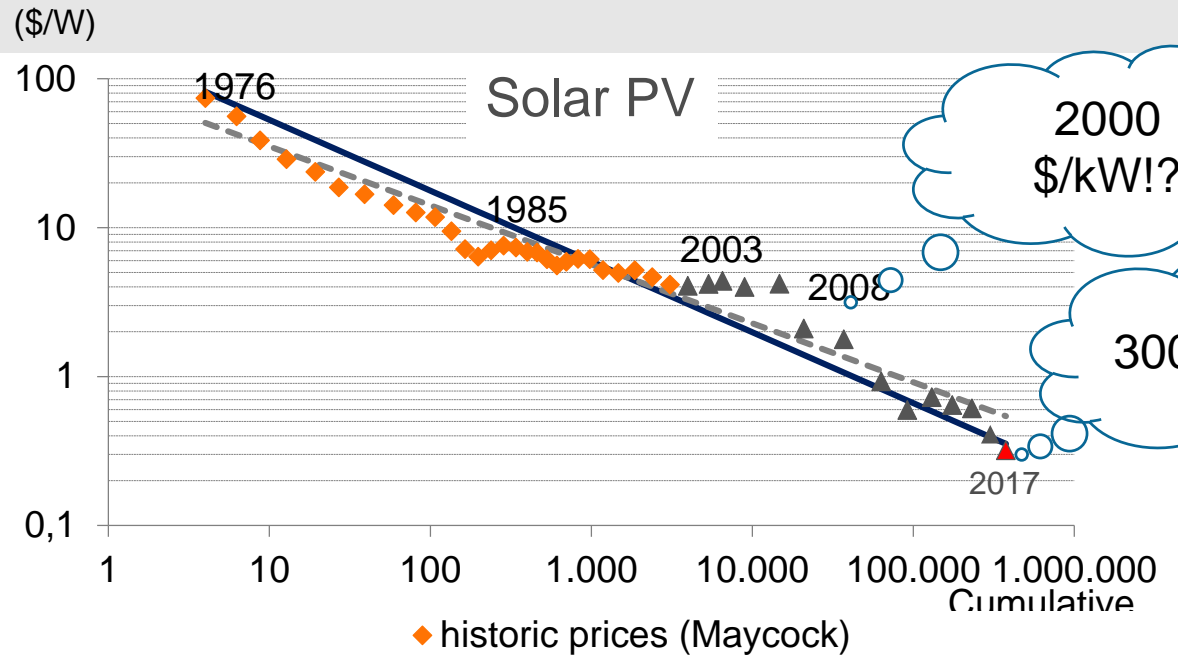
### Annual installed power generation capacity in the U.S.

USA annual new capacity additions

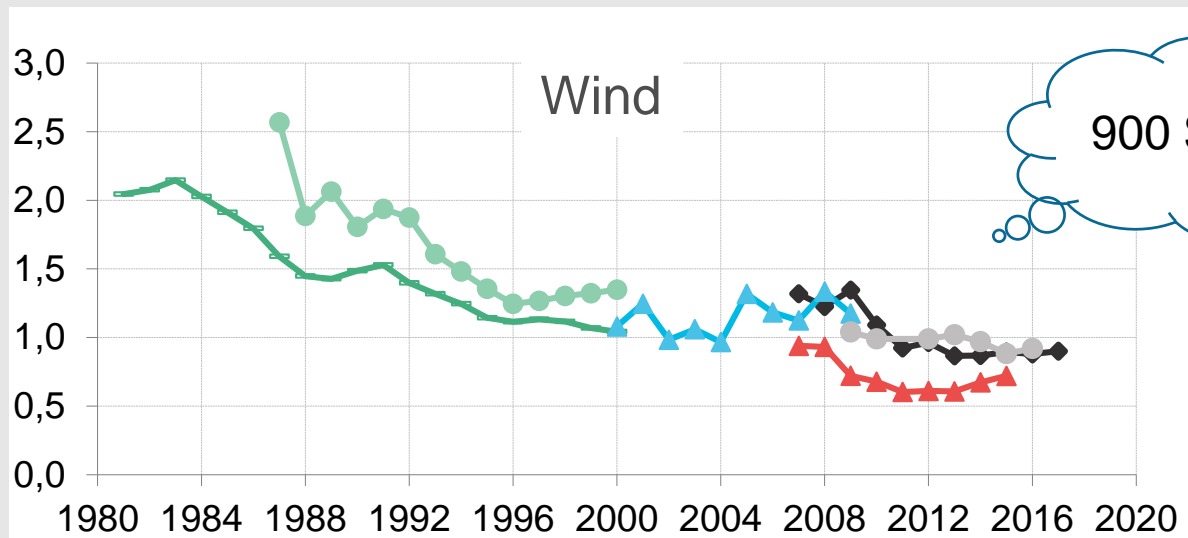




# OS PREÇOS DE ENERGIA SOLAR E EÓLICA CONTINUAM CAINDO

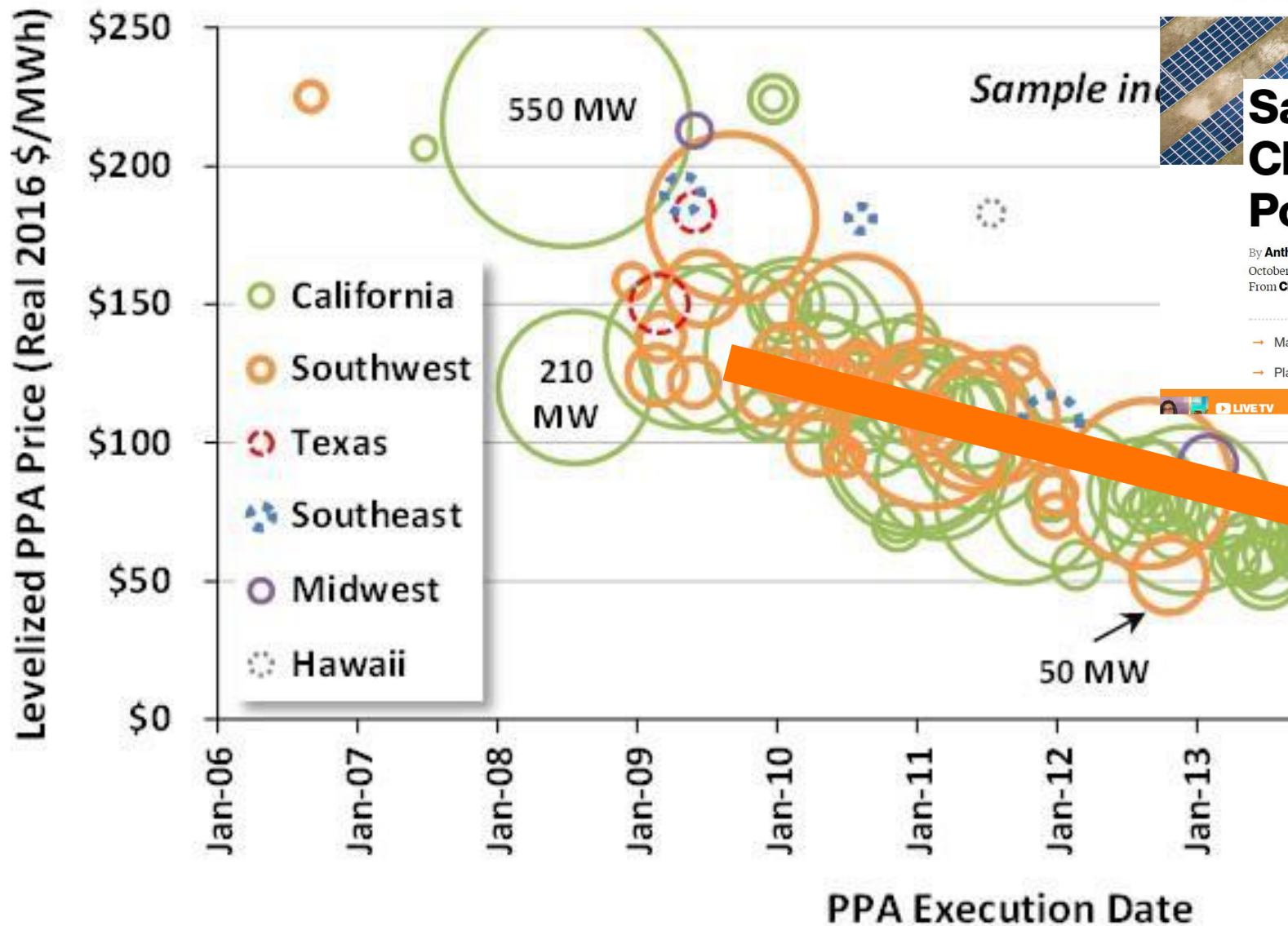


- Eólica e solar estão cada vez mais competitivas e menos dependentes de subsídios.
- Energia solar vai experimentar um boom de expansão nos próximos anos.



**Esse é o potencial futuro do mercado de energia global: 100% renovável operando na base**

# DECLÍNIO DRAMÁTICO NO PREÇO DA ENERGIA SOLAR, EM PPA'S ASSINADOS NOS ULTIMOS ANOS



BloombergMarkets

Saudi Arabia Gets Cheapest Bids for Solar Power in Auction



## Saudi Arabia Gets Cheapest Bids for Solar Power in Auction

By Anthony Dipaola

October 3, 2017, 8:19 AM CDT Updated on October 3, 2017, 4:00 PM CDT  
From Climate Changed

**Saudi \$17/MWh**

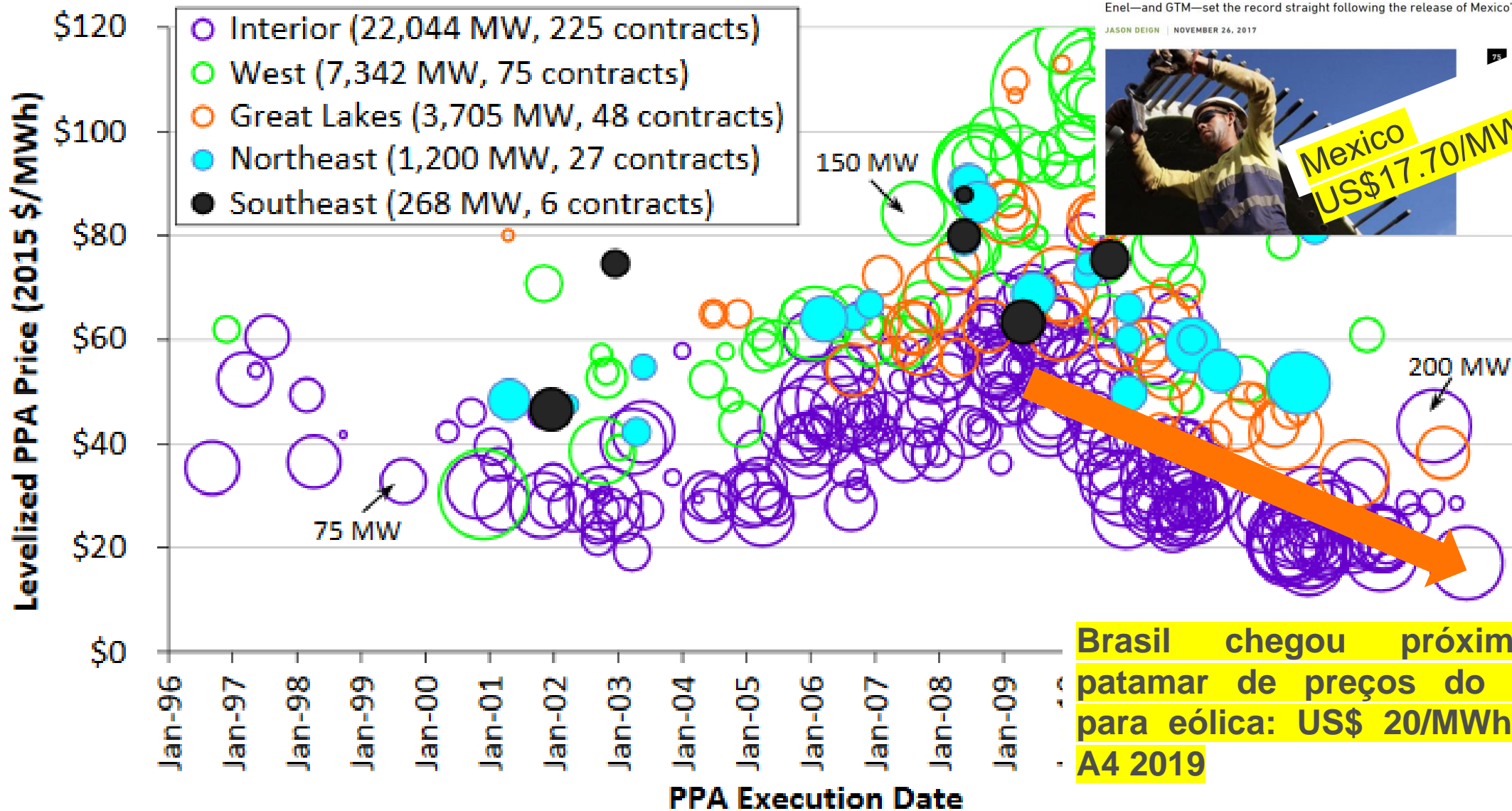
Masdar, EDF offer to supply power for 1.7 cents/Kilowatt hour

Plant to be first in \$50 billion plan to expand renewables



**Brasil chegou próximo ao patamar de preços da Arábia Saudita para Solar: US\$ 16/MWh, leilão A4 2019**

# PREÇOS RECORDES DE EÓLICA EM PPA'S ASSINADOS NOS ÚLTIMOS ANOS



## The World's Cheapest Solar Bid Is Actually for Wind

Enel—and GTM—set the record straight following the release of Mexico's official auction results.

JASON DEIGN | NOVEMBER 26, 2017



Mexico  
US\$17.70/MWh

Brasil chegou próximo ao patamar de preços do México para eólica: US\$ 20/MWh, leilão A4 2019

Note: Area of "bubble" is proportional to contract nameplate capacity

## Energias eólica e solar atingem patamar mais baixo de preços no país

FOLHA DE S.PAULO



consumo consciente imposto de renda previdência brasil que dá certo tec

## Preço de energia solar e eólica para o consumidor tem queda recorde

### COMPETITIVOS

As solares, que responderam por quase 80% da energia negociada no certame, com 806,6 MW (megawatts) em capacidade, praticaram preços entre R\$ 117 e R\$ 118 por MWh (megawatt-hora). Os valores representam deságio de cerca de 60% ante o teto definido para a fonte e bateram de longe os R\$ 143,50 do recorde anterior.

As eólicas, com 114,4 MW em projetos, tiveram deságio de mais de 70%, com a venda da produção futura por R\$ 67,60 --ante cerca de R\$ 97 no ano passado.



Bom Dia Brasil &gt;

## Brasil atinge marca histórica de 1 gigawatt de geração de energia solar

# Produção de energia eólica bate recorde no Nordeste

O bom resultado é consequência do aumento na quantidade de parques eólicos, que têm aerogeradores mais modernos e potentes e acabam gerando também mais empregos.

Por **Jornal Nacional**

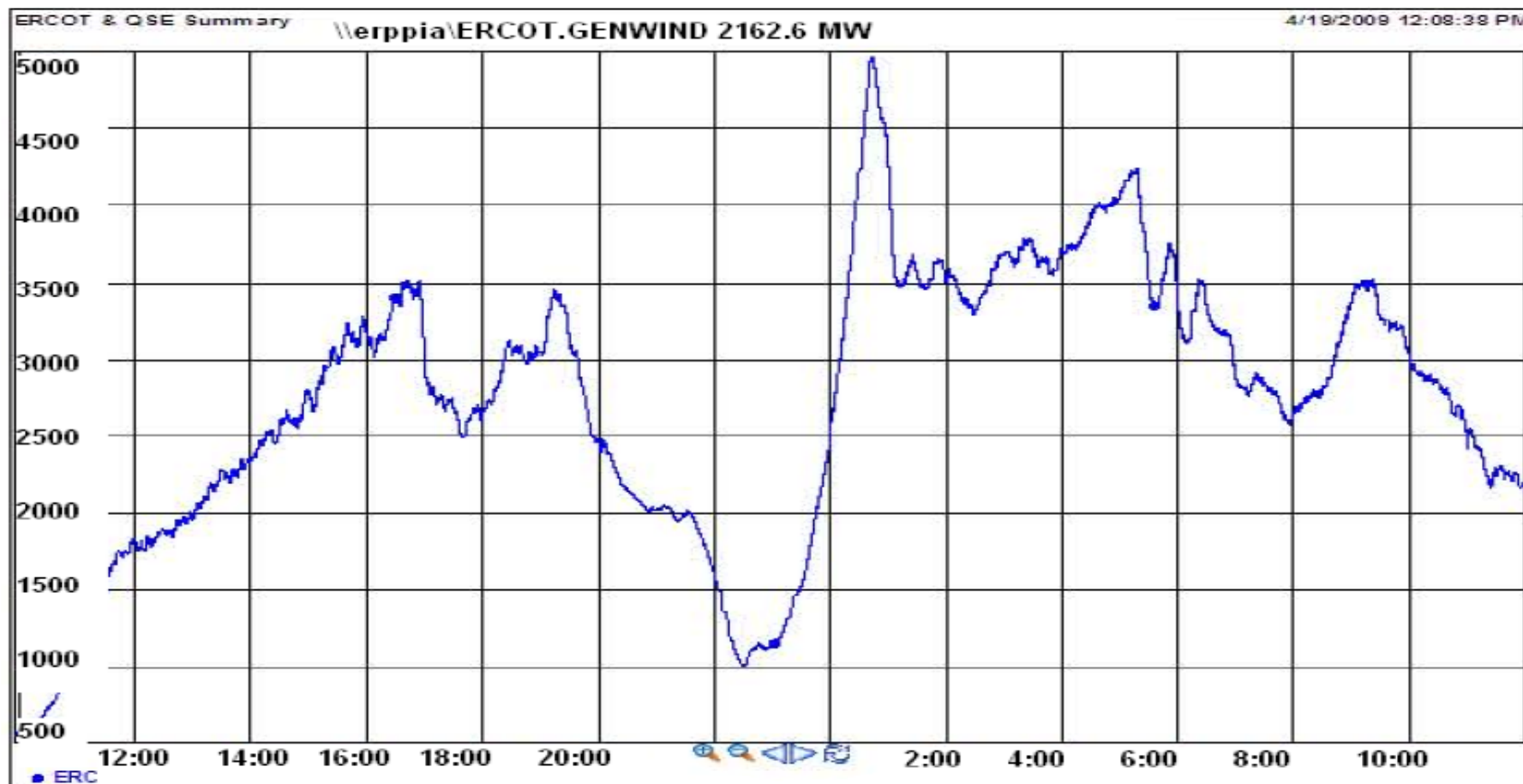
31/08/2019 22h20 · Atualizado há 4 semanas



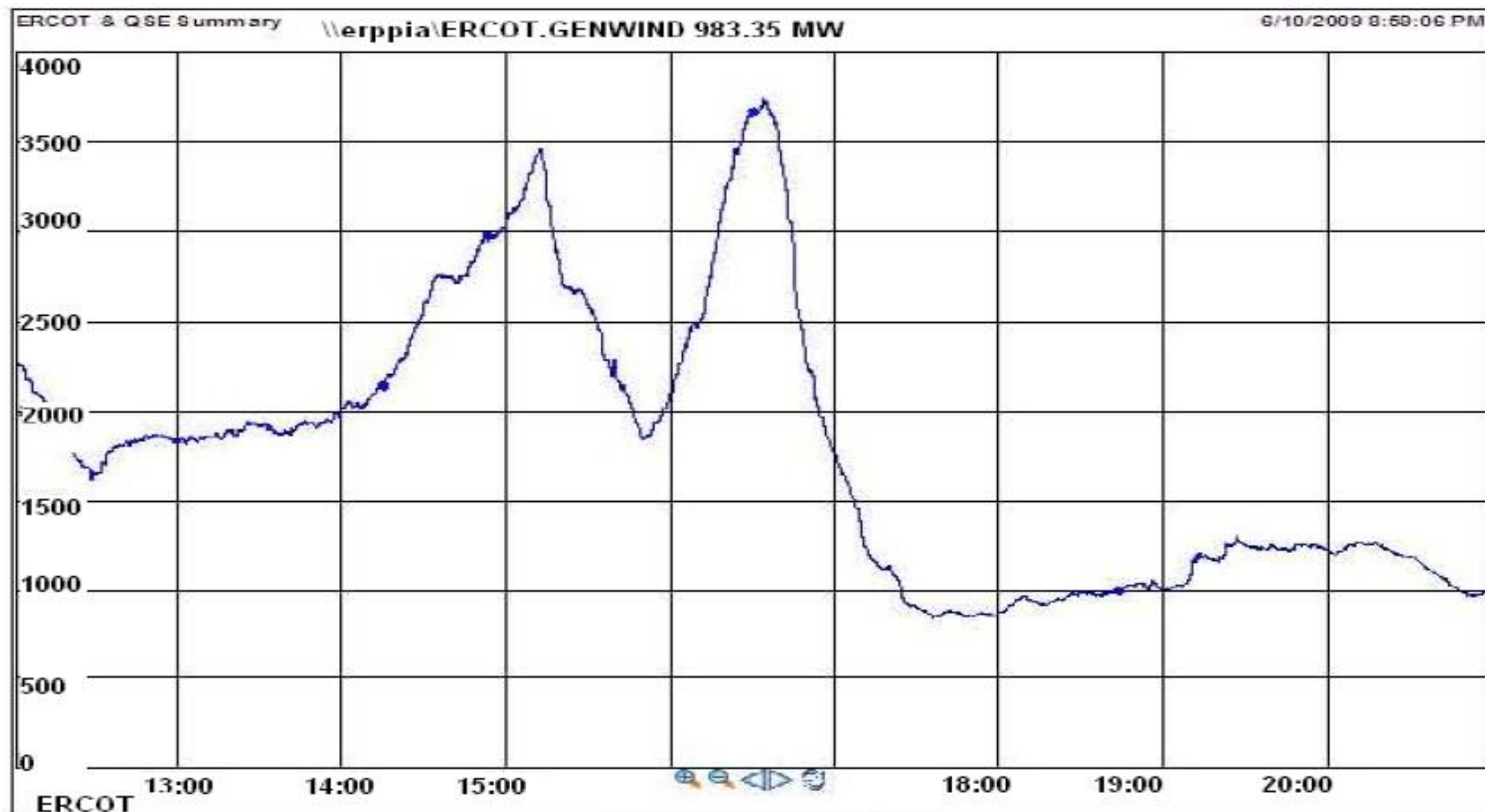
1. A Grande Transição
- 2. As Consequências**
3. O Papel da Flexibilidade
4. Como fica o Brasil



**Figure 2-3a: Wind Increase (18-Apr-09 23:39 to 19-Apr-09 00:39) and Wind Decrease (10-Jun-09 16:35 to 10-Jun-09 17:35).**

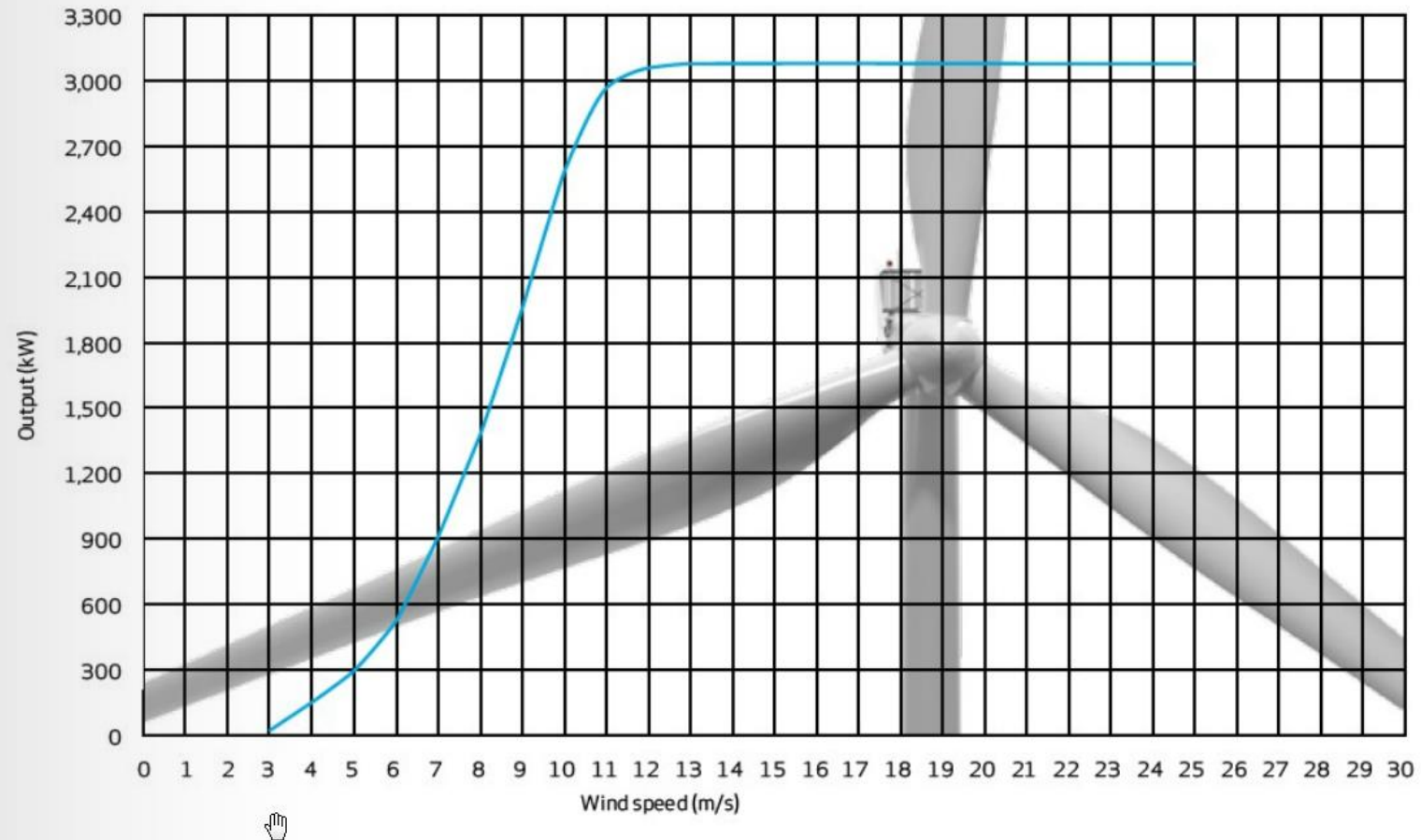


O Texas experimenta rampas eólicas de 3.039 MW de aumento e 2.849 de redução em apenas 1 hora.



~3,000 MW em <1h...





IMPACTO DE CURTO PRAZO

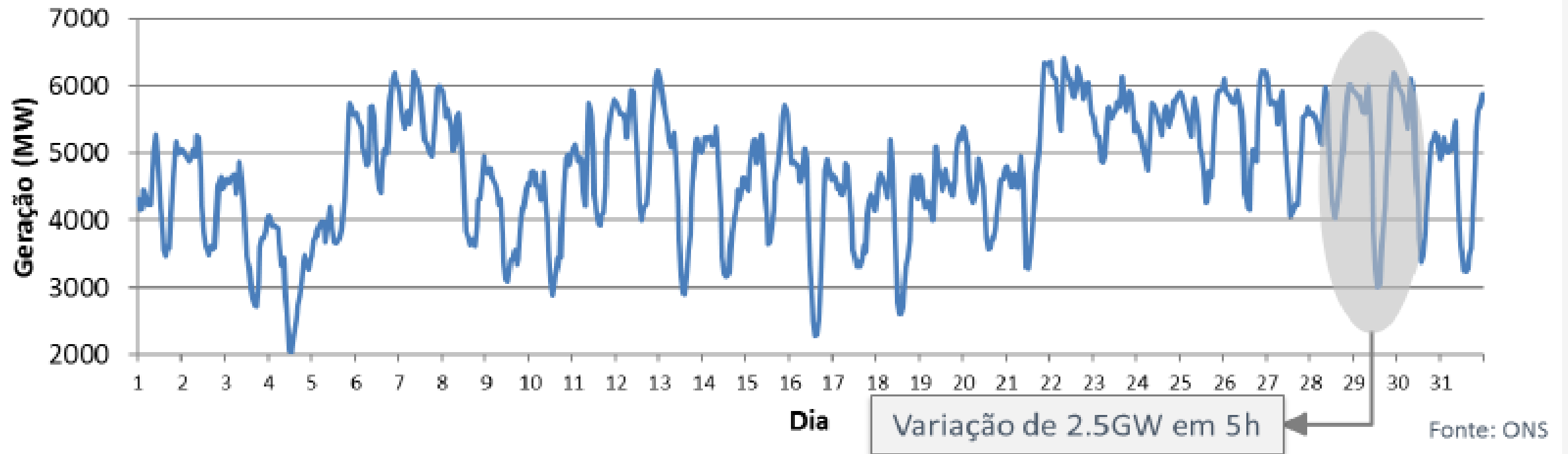
Source: Vestas

- Attingir a meta de 20% de energia renovável requer 285 GW de capacidade eólica instalada na UE.
- **Uma mudança de velocidade do vento de 9 -> 7 m/s pode alterar a potência do sistema em ~100 GW. Tais mudanças na velocidade do vento são dificilmente notáveis e acontecem o tempo todo.**

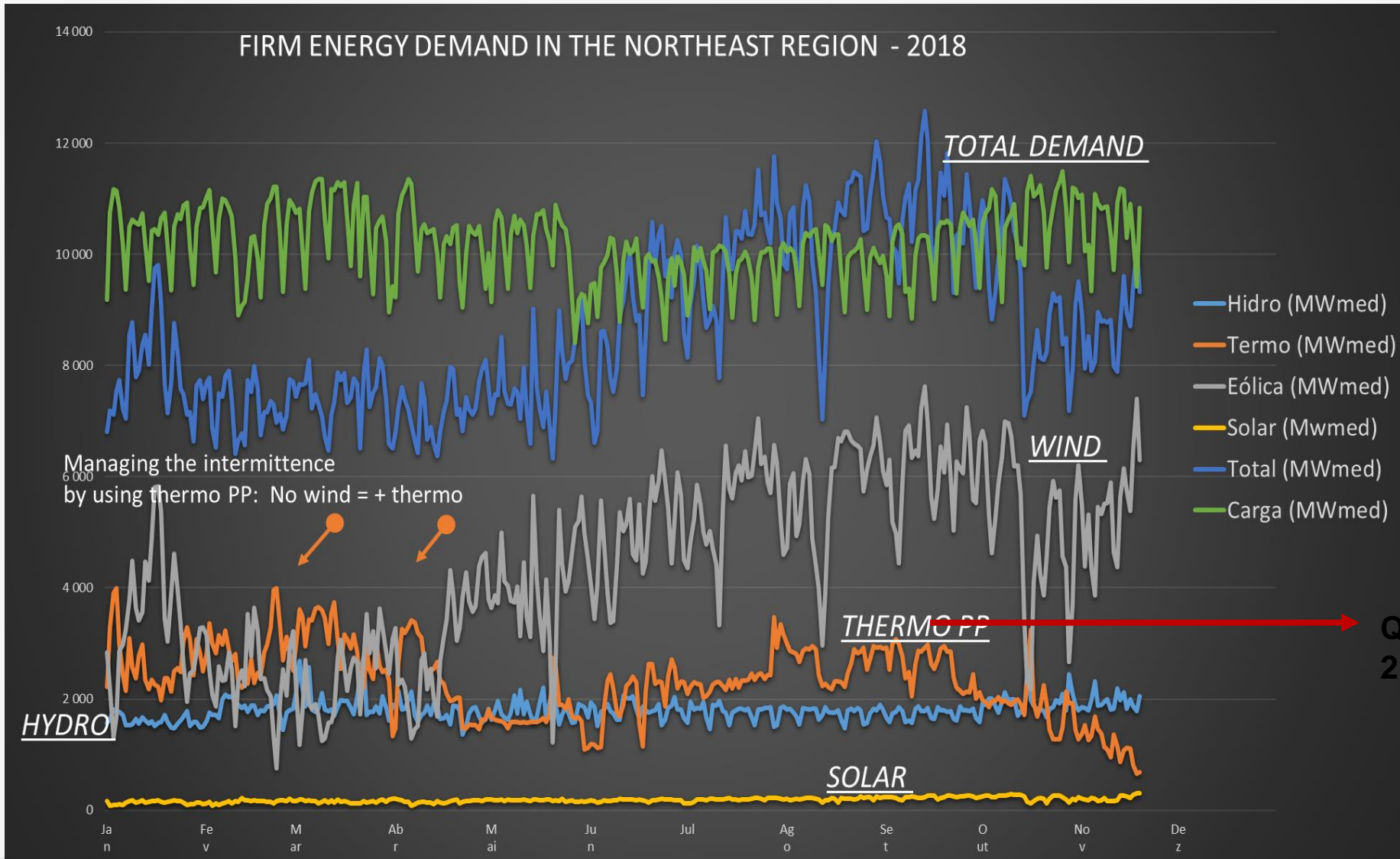
# Geração Eólica

- Gráfico da geração mensal (08/2017) eólico no submercado NE

**Geração Eólica NE  
08/2017**



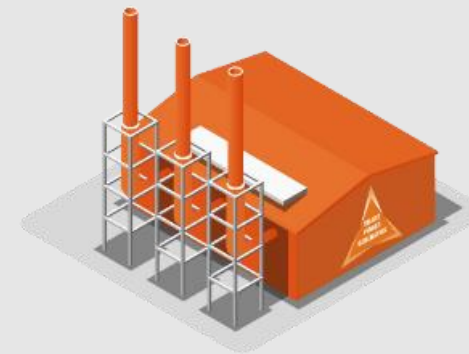
# Geração Eólica ➤ Gráfico da geração anual (2018) de todas as fontes no submercado NE



1. A Grande Transição
2. As Consequências
- 3. O Papel da Flexibilidade**
4. Como fica o Brasil



- Permitir a plena utilização de energias renováveis – partidas e paradas!
- Balancear o sistema – evitar black-outs!
- Fornecer reservas operacionais.
  - Contingências e reservas de erro em previsões
- **Qual a operação típica de uma usina a gás no futuro?**
  - *Partidas e paradas multiplas vezes por dia*
  - *Até 3000h de operação por ano*
- Operação típica de usinas de armazenamento
  - *Serviços ancilares*
  - *Energy shifting quando custos forem mais competitivos*



# 1192

**Número de partidas da usina flexível de 160 MW fornecida pela Wärtsilä em Antelope (EUA).**

***”wind chasing power plant”***



1. A Grande Transição
2. As Consequências
3. O Papel da Flexibilidade
4. **Como fica o Brasil**





A geração térmica terá dois papéis diferentes:

## 1. Balanço energético da geração hidráulica

- Tempo de horizonte: Horário / semanal / mensal
- Operação dependente dos **cenários hidrológicos**

## 2. Balanço da geração eólica e solar

- Tempo de horizonte: minutos
- Plantas localizadas perto da geração intermitente
- Muitos ciclos de operação por dia, seguindo a geração eólica e solar
- Horas de operação anual: 1500 a 3500 horas



**Instalando uma quantidade adequada de geração flexível no sistema para permitir uma utilização eficiente das energias renováveis, o Brasil pode evitar os problemas da UE e dos EUA.**

ao modelo foi utilizado, totalizando uma oferta indicativa adicional de 2.050 MW até 2027. A localização dessa oferta seguiu a distribuição do potencial considerado, resultando em 60% no subsistema Sudeste/Centro-Oeste e 40% no subsistema Sul. Cabe destacar que esse montante pode ser facilmente ampliado, dados os fortes sinais de competitividade econômica apresentados. Além disso, avanços na remuneração dos serviços associados a geração de energia, como por exemplo a valoração dos atributos de capacidade e flexibilidade, permitirá representar nos estudos de planejamento esse benefício que as PCH e CGH podem trazer ao setor, aumentando a competitividade dessas fontes.

Em relação à biomassa, considerando a oferta proveniente do bagaço de cana, biogás (ambas com CVU nulo) e de resíduos florestais, a expansão total no horizonte decenal foi de 2.600 MW, representados no subsistema Sudeste/Centro-Oeste. Novamente, mecanismos que incentivem o investimento em tecnologias de geração que promovam flexibilidade operativa ou mesmo estendam a disponibilidade dos recursos ao longo do ano, principalmente dos insumos provenientes do setor sucroenergético, tendem a melhorar a competitividade econômica apresentada.

A fonte eólica se mostra, novamente, o recurso com maior participação na expansão da matriz para o atendimento à demanda de energia mensal, com 10.000 MW de capacidade instalada adicional, além do montante já contratado que se encontra em construção. Esse crescimento fará sua participação

aproximadamente 4.000 MW, e Sul, com cerca de 1.000 MW. Nas duas regiões, a indicação da expansão ocorre a partir de 2024.

A necessidade de oferta para complementação de potência aparece a partir de 2022, totalizando cerca de 13.200 MW em 2027, considerando tanto as tecnologias de armazenamento quanto as termelétricas para essa finalidade. Desse total, aproximadamente 2.500 MW foram indicados na região Nordeste, a partir de 2025, 3.700 MW na região Sul a partir de 2022, e 7.000 MW na região Sudeste/Centro-Oeste, a partir de 2023.

Vale ressaltar que, por exemplo, uma eventual implantação futura de preços horários de energia que espelhem os sinais corretos de valorização nos horários de carga máxima pode conduzir a reduções das necessidades até agora visualizadas de alternativas de ponta, principalmente na segunda metade do horizonte decenal.

Nesse sentido, os níveis adotados de potência máxima disponível para modulação de ponta nos empreendimentos de geração poderiam assumir valores mais elevados, contribuindo para menor necessidade futura de alternativas de ponta, decorrente, principalmente, por:

- Busca dos empreendedores em disponibilizar para despacho no sistema maior oferta de energia nos horários de carga máxima;
- Maior cuidado dos empreendedores nos programas de manutenção das usinas de modo



Fontes	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>UTE C.A. + Tec.Armazenamento</b>	0	0	0	0	204	1.305	3.997	7.762	7.762	13.142
<b>Biomassa + Biogás</b>	0	0	0	0	0	480	1.010	1.540	2.070	2.600
<b>Eólica</b>	0	0	0	0	0	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000
<b>Hidráulica (*)</b>	0	0	0	0	0	0	118	674	1.034	1.351
<b>PCH + CGH</b>	0	0	0	0	0	350	700	1.150	1.600	2.050
<b>Fotovoltaica</b>	0	0	0	0	0	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
<b>Térmica</b>	0	0	0	0	0	0	3 454	3.972	3.972	5.124

Nota: (\*) Em cada ano, a potência instalada contempla apenas a motorização implantada.

Source – EPE

# TEMA FLEXIBILIDADE EM DISCUSSÃO NO MUNDO



## Grid Impacts of Wind Variability: Recent Findings from a Variety of United States

### Preprint

B. Parsons and M. Milligan (Co-lead)  
National Renewable Energy Laboratory  
J.C. Smith  
Utility Wind Integration Group  
E. DeMeo  
Renewable Energy Consulting Services  
B. Oakleaf  
Excel Energy  
K. Wolf  
Minnesota Public Utilities Commission  
M. Schuerger  
Energy Systems Consulting Service  
R. Zavadil  
EnerNex Corporation  
M. Ahlstrom  
WindLogics  
D. Yen Nakafuji  
California Energy Commission  
Presented at the European Wind Energy Conference  
Athens, Greece  
February 27–March 2, 2006

NREL is operated by Midwest Research Institute



December 2011

## Final Technical Report

# IEA Wind Task 2

## Integration of Wind and Hydropower Systems

Volume 1: Issues, Impacts, and Economics of Wind and Hydropower Integration

iea International Energy Agency

Please note that this PDF is subject to specific restrictions that limit its use and distribution. The terms and conditions are available online at [www.iea.org/about/copyright.asp](http://www.iea.org/about/copyright.asp)

# Harnessing Variable Renewables

## A Guide to the Balancing Challenge

iea International Energy Agency

Please note that this PDF is subject to specific restrictions that limit its use and distribution. The terms and conditions are available online at <http://www.iea.org/termsandconditions/usageandcopyright/>

# The Power of Transformation

## of Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems



[jorge.alcaide@wartsila.com](mailto:jorge.alcaide@wartsila.com)