

# Aproveitamento de potencial energético da eólica offshore

Audiência Pública no Senado Federal

Milad Shadman

Professor - Energias Renováveis Offshore e Descarbonização

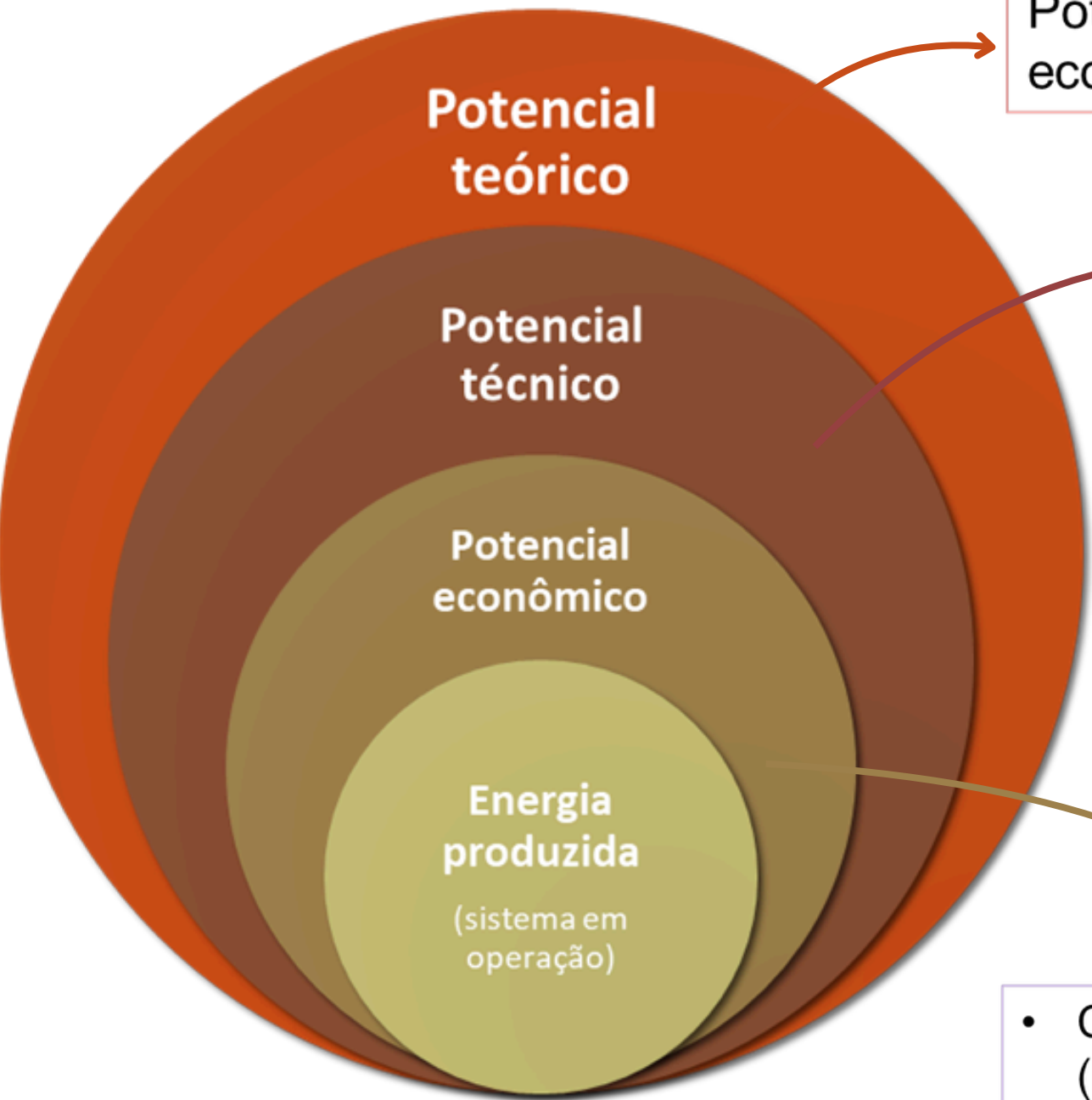
COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro

# Agenda

- **Potencial Energético**
- **Capacidade de construção**
- **Segurança energética**
- **Eólica offshore: curtailment e complementariedade com a hidrelétrica**

# Potencial Energético

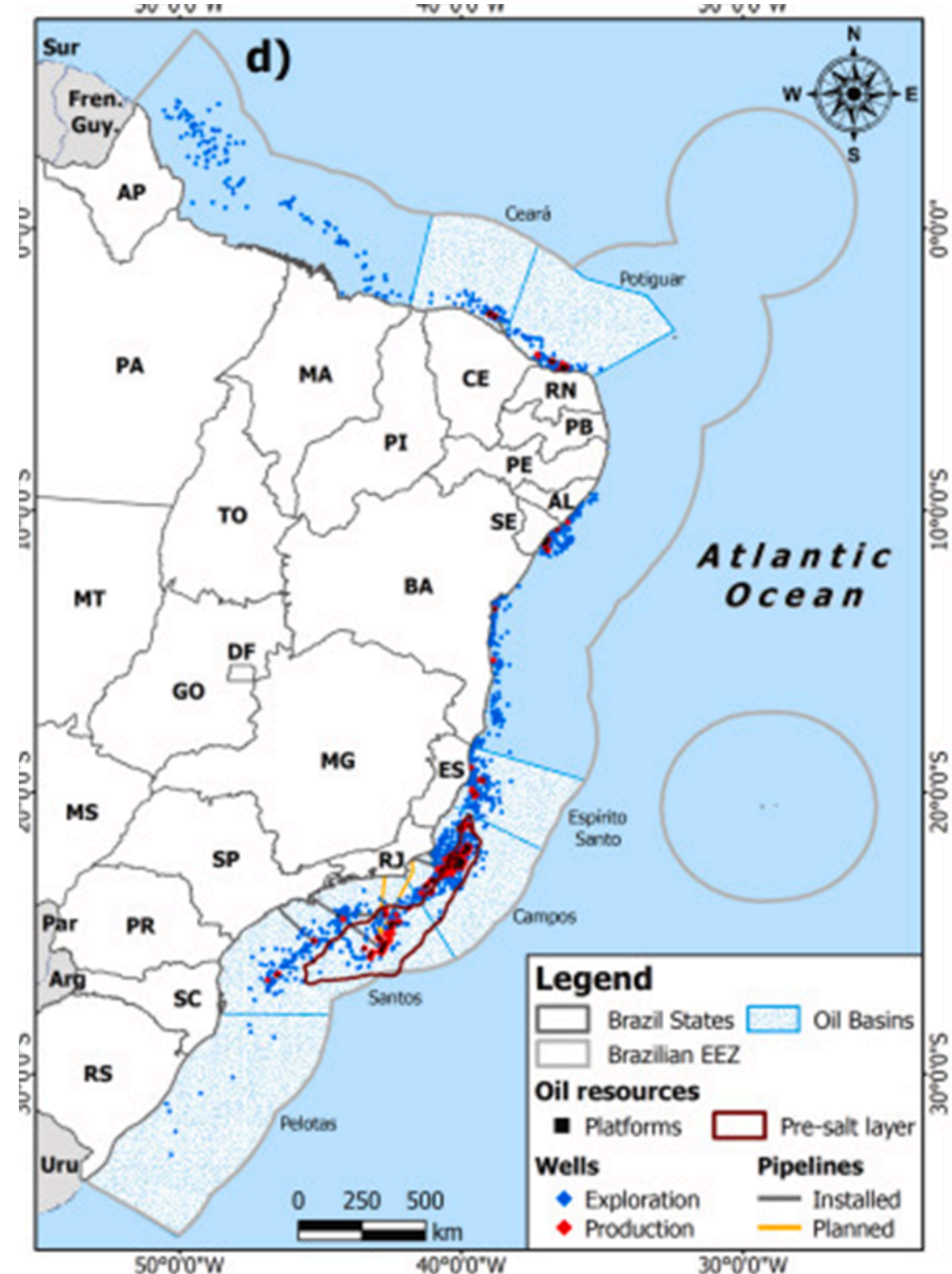
# Potencial da Eólica Offshore



Potencial disponível, área: zona econômica exclusiva (ZEE)

- Restrições técnicas (batimetria, velocidade do vento, distância da costa, etc.)
- Impactos socioambientais
- Outros usos do mar (pesca, navios, etc.)

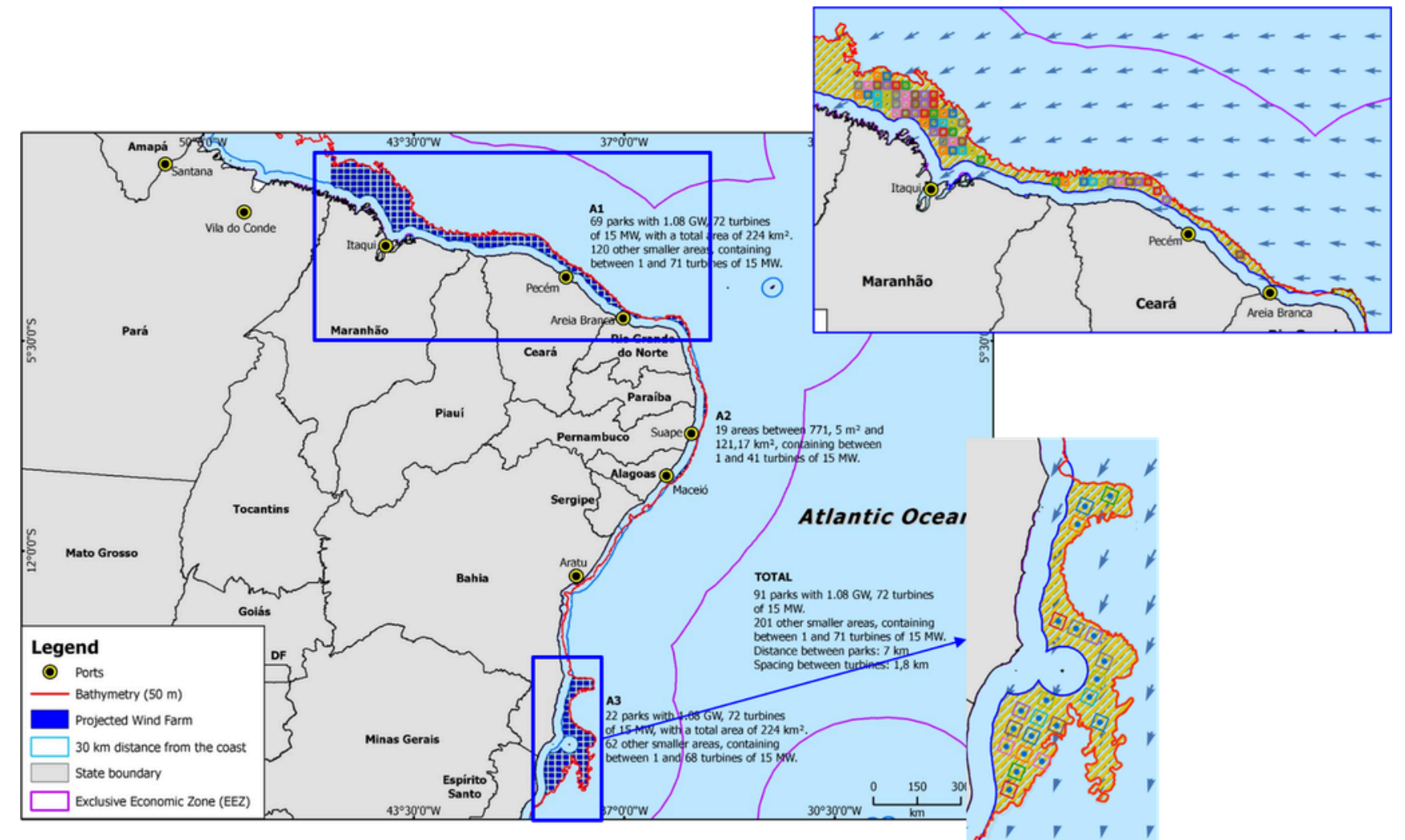
- Custo nivelado de energia (LCOE)
- Custo nivelado evitado (LACE)



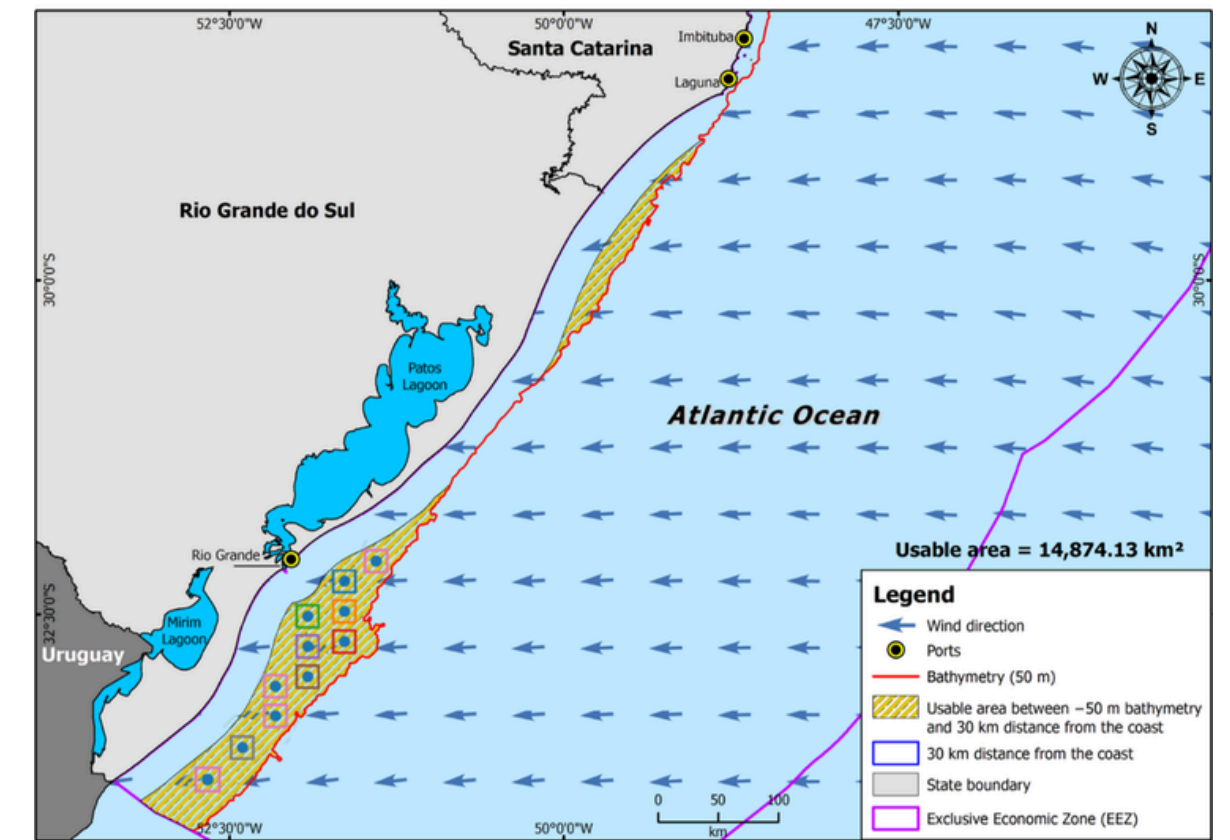
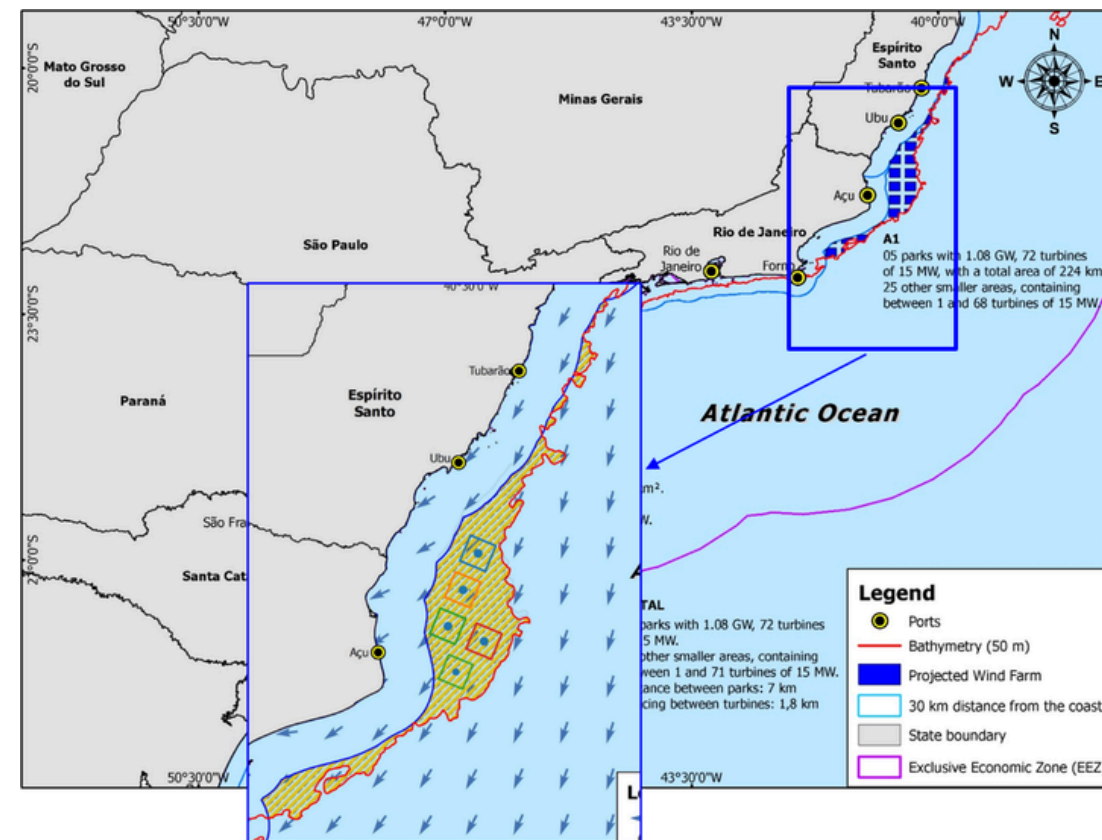
# POTENCIAL TÉCNICO – PARQUES DE 1,05GW (70 TURIBNAS POR PARQUE)

ICD = 4 MW/Km2

AREAS	N PARQUES	P [GW]
NORDESTE	81	72,6
SUDESTE	17	15,24
SUL	11	9,86

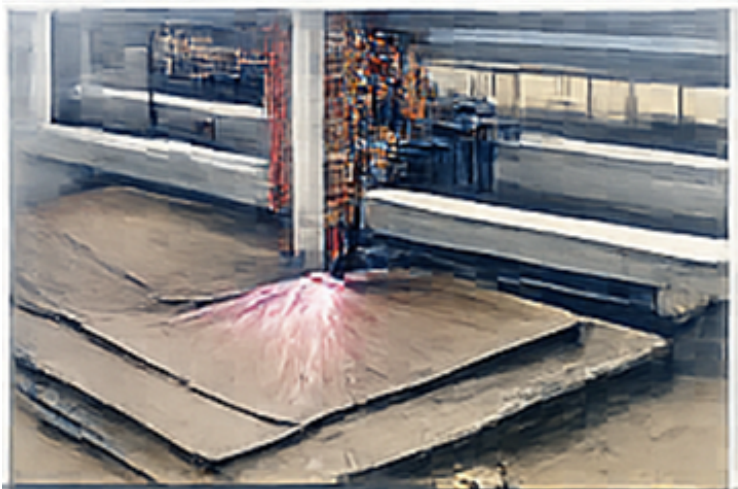


- Distância da costa: 12 MN (~22 km)
- Profundidade: 30 m e 50 m
- Média anual da velocidade do vento: > 7 m/s (modelos globais de ERA5)



# **Capacidade de Construção e Instalação**

# Capacidade de Construção e Instalação



- Capacidade de guindastes (600 t – 1.500 t )
- Capacidade de transporte interno (SPMT, skidding systems)
- Resistência do piso (cargas > 20–30 t/m<sup>2</sup>)
- Capacidade de processamento de aço
- Calado  $\geq 12 - 18 m$
- Cais  $\geq 400 m$
- Área típica necessária por monopile: ( $\approx 3.000 - 5.000 m^2$ )



and ready for transport to the He Dreiht field.

# Capacidade de Construção dos Estaleiros

## Nordeste

Estaleiros	Processamento de toneladas de Aço/ano	Área Total [m <sup>2</sup> ]	Cais [m]
Atlântico Sul (PE)	≅ 108.000	1.600.000	1.600
Enseada (BA)	≅ 100.000	400.000	1.000
Paraguaçu (BA)	≅ 40.000	320.000	800

## Sudeste

Estaleiros	Processamento de toneladas de Aço/ano	Área total [m <sup>2</sup> ]	Cais [m]
Jurong Aracruz – ES	48.000	825.000	1.000
Porto do Açu	Inativo	3,2E+06	
Brasfels – RJ	50.000	520.000	Nº 1: 174 Nº 2: 310 Nº 3: 300 Acabamento: 200
Mauá – RJ	36.000	180.000	1.000
Inhaúma – RJ	Reativação	321.000	265
Wilson Sons – SP	10.000	39.000	200

## Sul

Estaleiros	Processamento de toneladas de Aço/ano	Área Total [m <sup>2</sup> ]	Cais [m]
Rio Grande (RS)	≅ 60.000-80.000	1.500.000	1.500
EBR (RS)	≅ 30.000	1.000.000	800
Naviship (SC)	≅ 40.000	200.000	400
Detroit Brasil (SC)	15.000 – 25.000	150.000	350

Região	Capacidade de Proc. Aço/ano	Número de monopile construído /ano
Nordeste	248.000	138 (2 GW)
Sudeste	144.000	80 (1,2 GW)
Sul	175.000	97 (1,5 GW)
<b>Total</b>		<b>315 (4,7 GW)</b>

Essa análise preliminar tem como objetivo fornecer uma visão inicial da capacidade construtiva dos principais estaleiros do Brasil para a eólica offshore. Os resultados apresentados representam apenas uma ordem de grandeza, considerando, de forma simplificada, que 100% da capacidade disponível seria dedicada à fabricação de fundações do tipo monopile.

# Infraestrutura Portuária

Pecém vs. Atlântico Sul: 796 Km

Pecém vs. Enseada: 1.482 km

Pecém vs. Inhaúma: 55,6 km

Suape vs. Atlântico Sul: 3 km

## Nordeste

Portos	Calado [m]	Calado do canal [m]	Pier [m]	Área de ação [m <sup>2</sup> ]	Observações
Porto do Pecém	15	16	~2.000	> 100.000	Porto-indústria moderno, excelente retroárea para HUB
Porto de Suape	15,5	15,5	> 5.000	> 130.000	Complexo industrial consolidado, alta sinergia offshore
Porto de Salvador	12 ~ 15	15	~1.500	~35.000	Inserido na Baía de Todos-os-Santos

## Sudeste

Portos	Calado [m]	Calado do canal [m]	Pier [m]	Área de ação [m <sup>2</sup> ]	Observações
Forno	9,14	10	100 ~ 200	2.900 ~ 5.700	Pequeno porte, possível base de apoio secundária
Açu	10 ~ 14,5	14,5	500	32.200	Porto privado com área industrial ampla apto operação com embarcações Heavy-lift
Rio	10 ~ 15	18,50	—	—	Porto multiuso, infraestrutura consolidada, próximo a polos offshore
Ubu	15	19	308	—	Estrutura profunda, próximo a áreas industriais e potencial para expansão
Vitória	14	15	700	25.000	Porto público consolidado, com boa conexão ferroviária e rodoviária
Tubarão	18	20	1.200	50.000	Porto profundo e altamente mecanizado, ideal para cargas de grande porte

Açu vs. Brasfels: 796 Km

Açu vs. Mauá: 1.482 km

Açu vs. Inhaúma: 240 km

Açu vs. Jurong: 220 km

## Sul

Portos	Calado [m]	Calado do canal [m]	Pier [m]	Área de ação [m <sup>2</sup> ]	Observações
Porto de Rio Grande	14	16	≅ 3.000	> 60.000	Porto profundo, vocação offshore, grande retroárea industrial
Porto de Itajaí	14	14	≅ 1.000	≅ 30.000	Porto organizado, forte atuação em cargas gerais
Porto de Navegantes	14	14	≅ 900	≅ 25.000	Terminal privado, boa eficiência operacional
Porto de Paranaguá	12 ~ 15	15	≅ 2.600	> 40.000	Porto consolidado, alta movimentação de granéis

# **Segurança Energética e Oportunidades**

- **O Brasil ainda depende muito da hidrologia.**

Em junho de 2026, a fonte hidrelétrica representa cerca de 108 GW, ou 42,9% da capacidade instalada do SIN. Isso mostra que a segurança do sistema ainda está fortemente ligada ao regime de chuvas.

- **A carga vai crescer.**

O planejamento 2026–2030 indica que a carga brasileira pode chegar a 98.151 MW médios em 2030, com crescimento médio anual de 3,8%. Ou seja, o país precisará de nova oferta confiável e diversificada.

- **Segurança de preço:**

Depois de instalado, o parque offshore não depende do preço internacional de gás, petróleo, LNG ou carvão.

- **Apoio a novas cargas:**

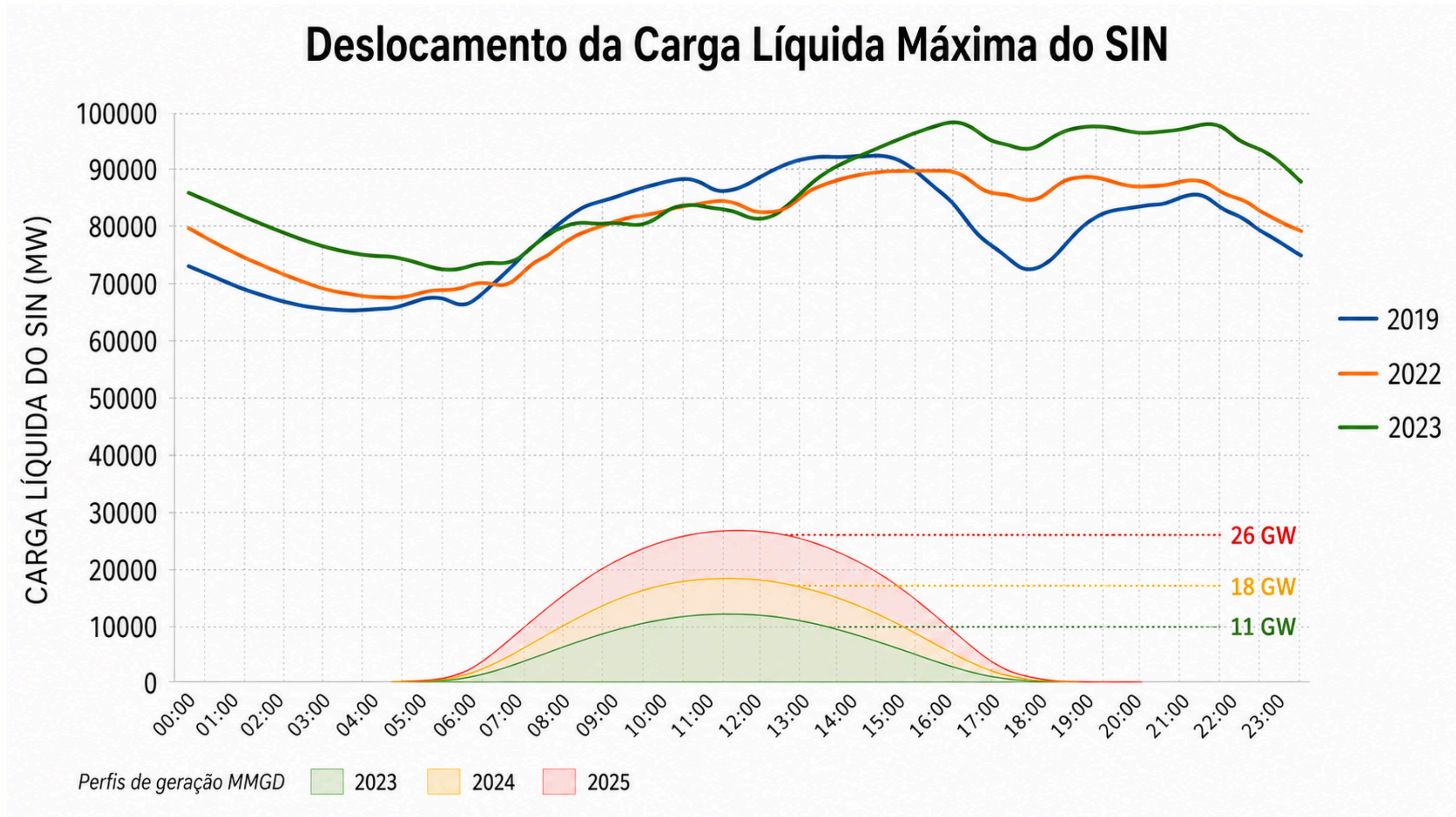
Data centers, hidrogênio e indústria verde podem ser instalados próximos a portos e regiões costeiras com offshore.

A eólica offshore deve ser vista como uma infraestrutura de segurança energética. Não se trata apenas de gerar mais MWh, mas de preparar o Brasil para uma nova economia eletrointensiva: data centers, inteligência artificial, hidrogênio, portos verdes, combustíveis sustentáveis e eletrificação industrial. Se o país não ampliar sua oferta renovável de grande escala, a alternativa será maior dependência de térmicas e maior exposição à volatilidade dos combustíveis fósseis.

- Os **data centers** brasileiros demandam atualmente cerca de 0,8–0,85 GW, mas os projetos já identificados pelo MME podem acrescentar aproximadamente 2,5 GW até 2037 apenas nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Ceará. **Soberania digital e atrair investimentos.**
- **Hubs de energias offshore** para descarbonização das atividades de óleo e gás offshore, viabilizando em alguns casos as operações economicamente.
- Produção de Hidrogênio de **baixa emissão de carbono** (armazenamento e aplicação para descarbonização da indústria), **combustíveis sustentáveis** (SAF, amônia verde, metanol, etc.), fertilizantes.
- Impulsionar a **indústria naval** através da revitalização e adaptação dos estaleiros e desenvolvimento dos **portos verdes.**

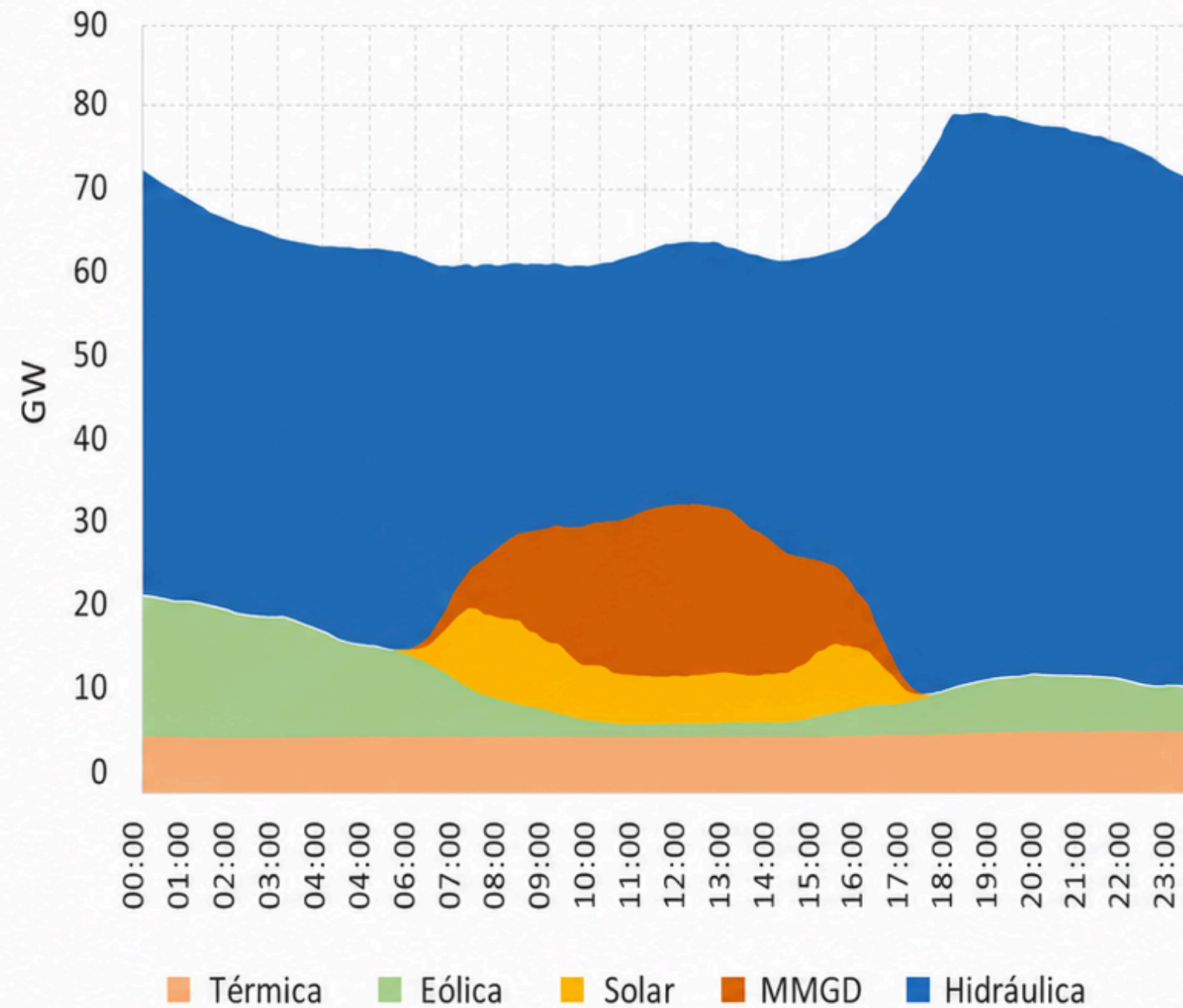
# **Eólica Offshore e Curtailment**

**Carga líquida = Carga total dos consumidores – geração que não é diretamente despachada pelo operador**



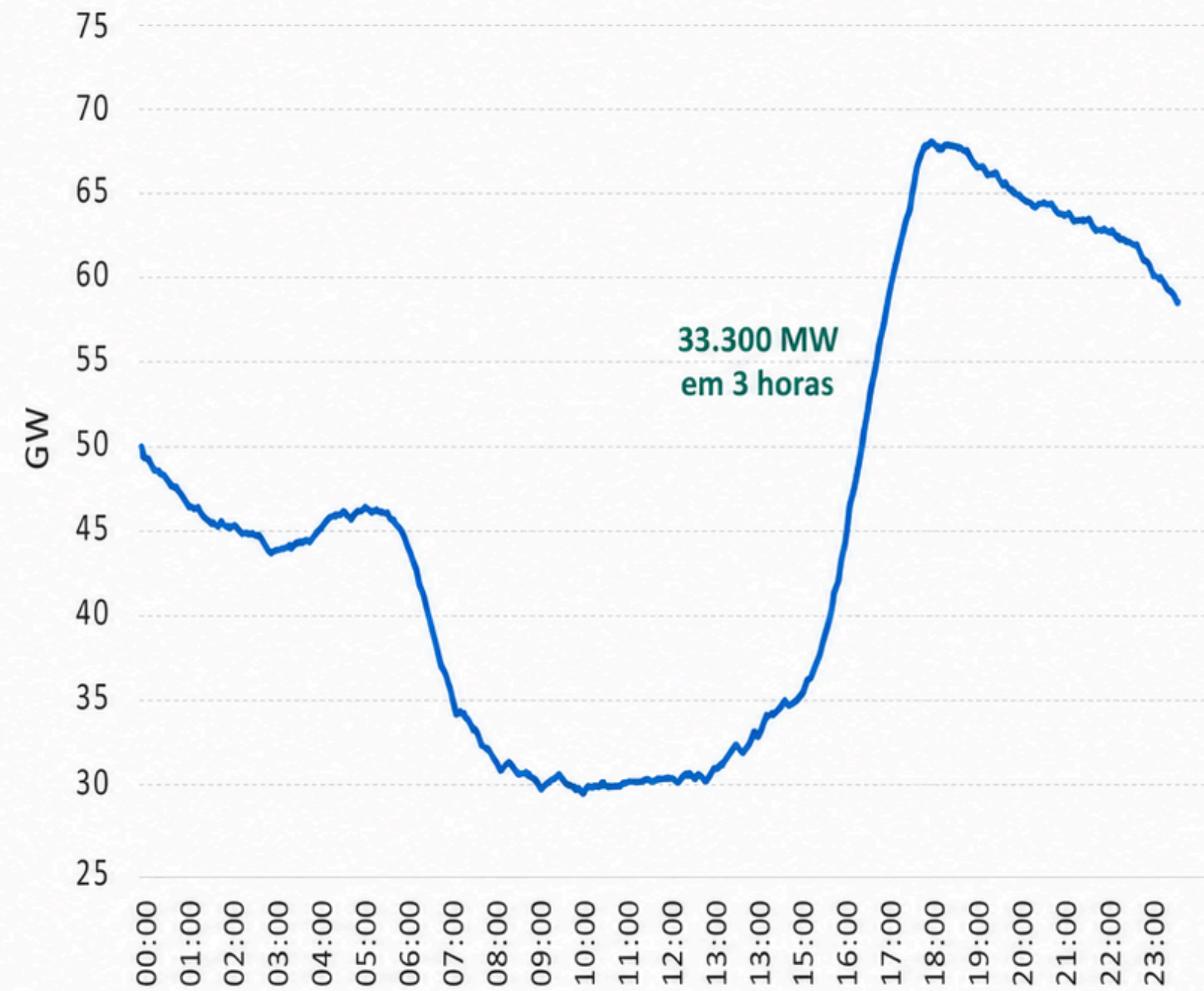
Coincidência de saída da geração solar com o aumento da

**Balanco de energia**  
20/04/2025 (domingo)



Varição é compensada com elevação da geração hidráulica, atendendo rampas cada vez mais intensas

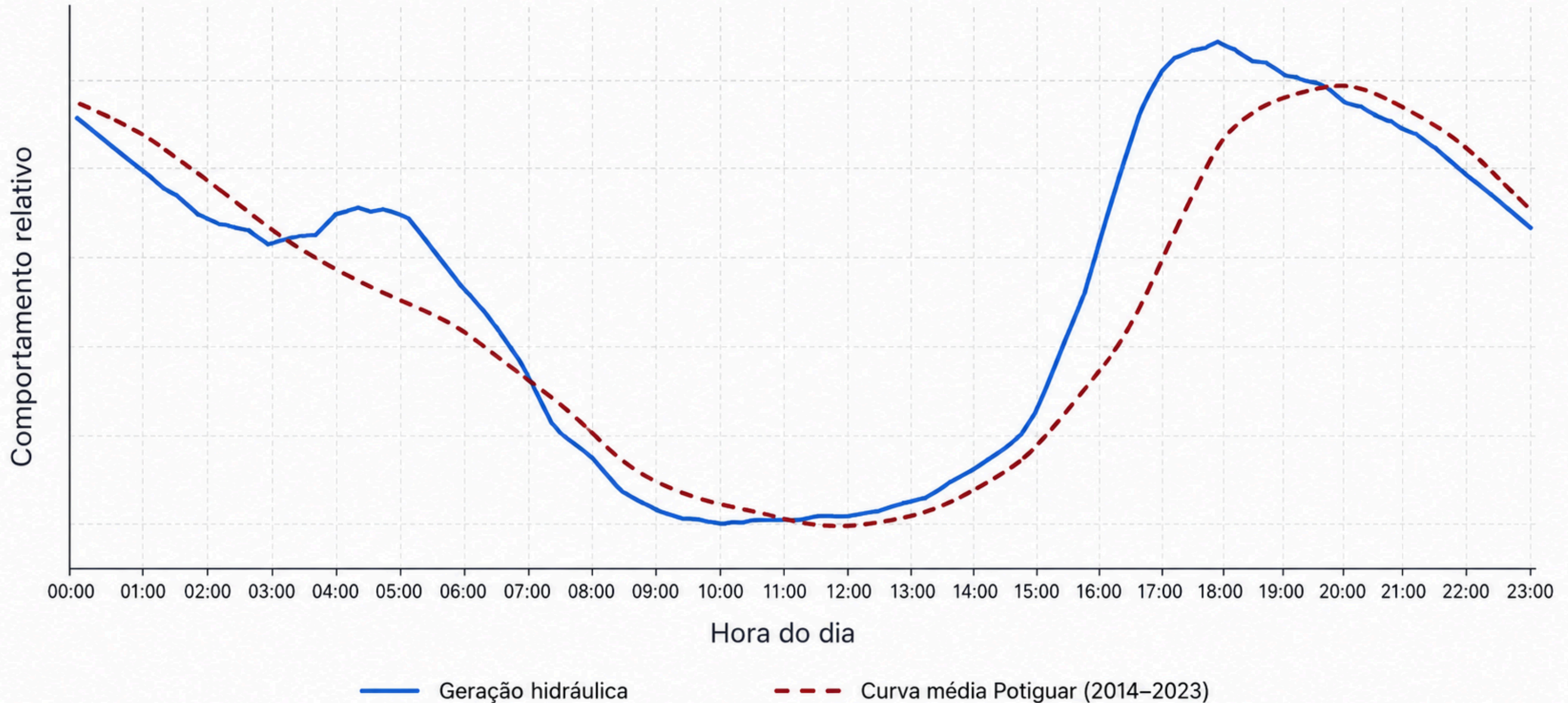
**Geração hidráulica**



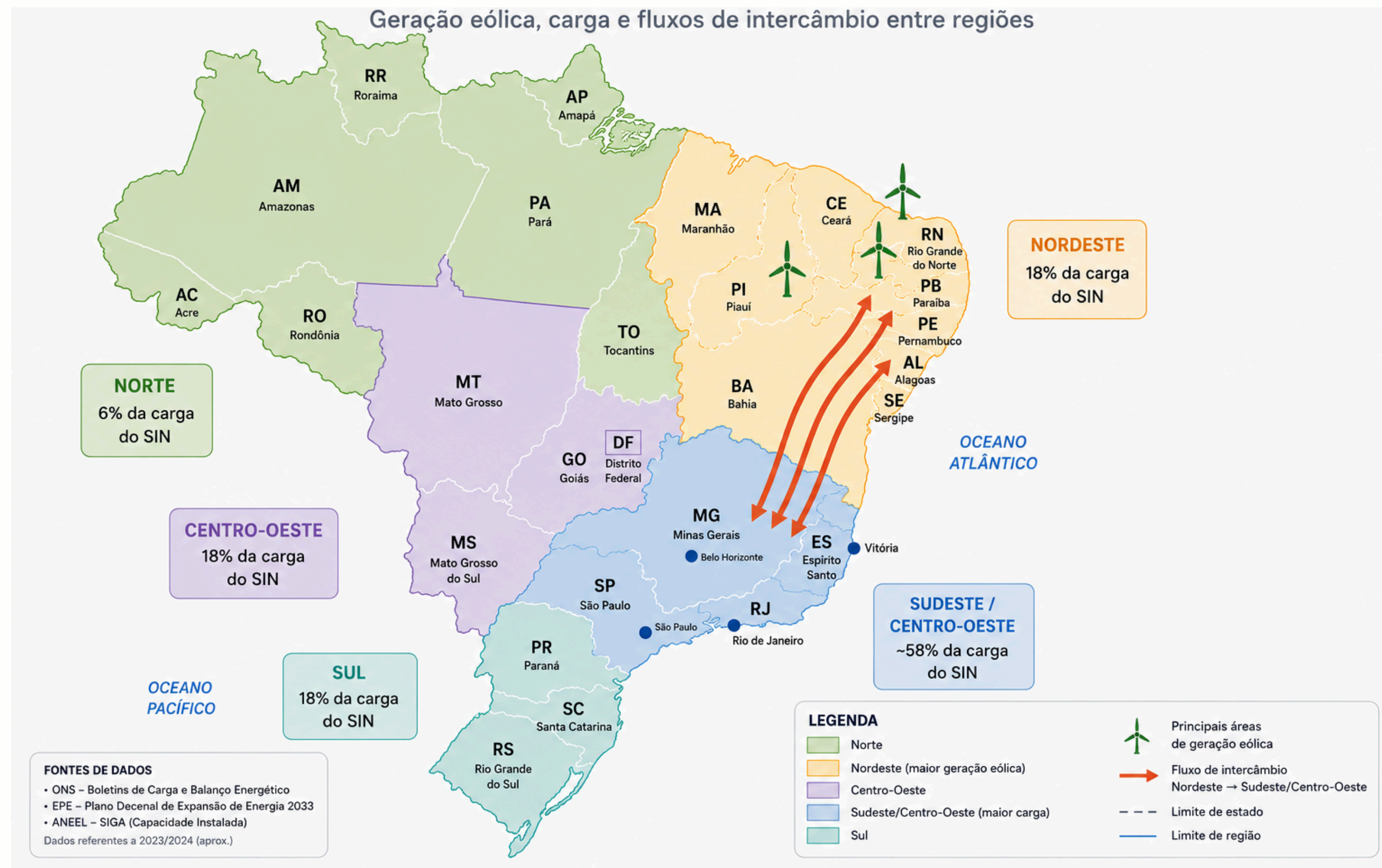
# Resiliência da Rede Elétrica

## Comparação do comportamento diário das curvas

*Curvas normalizadas para comparação de forma*

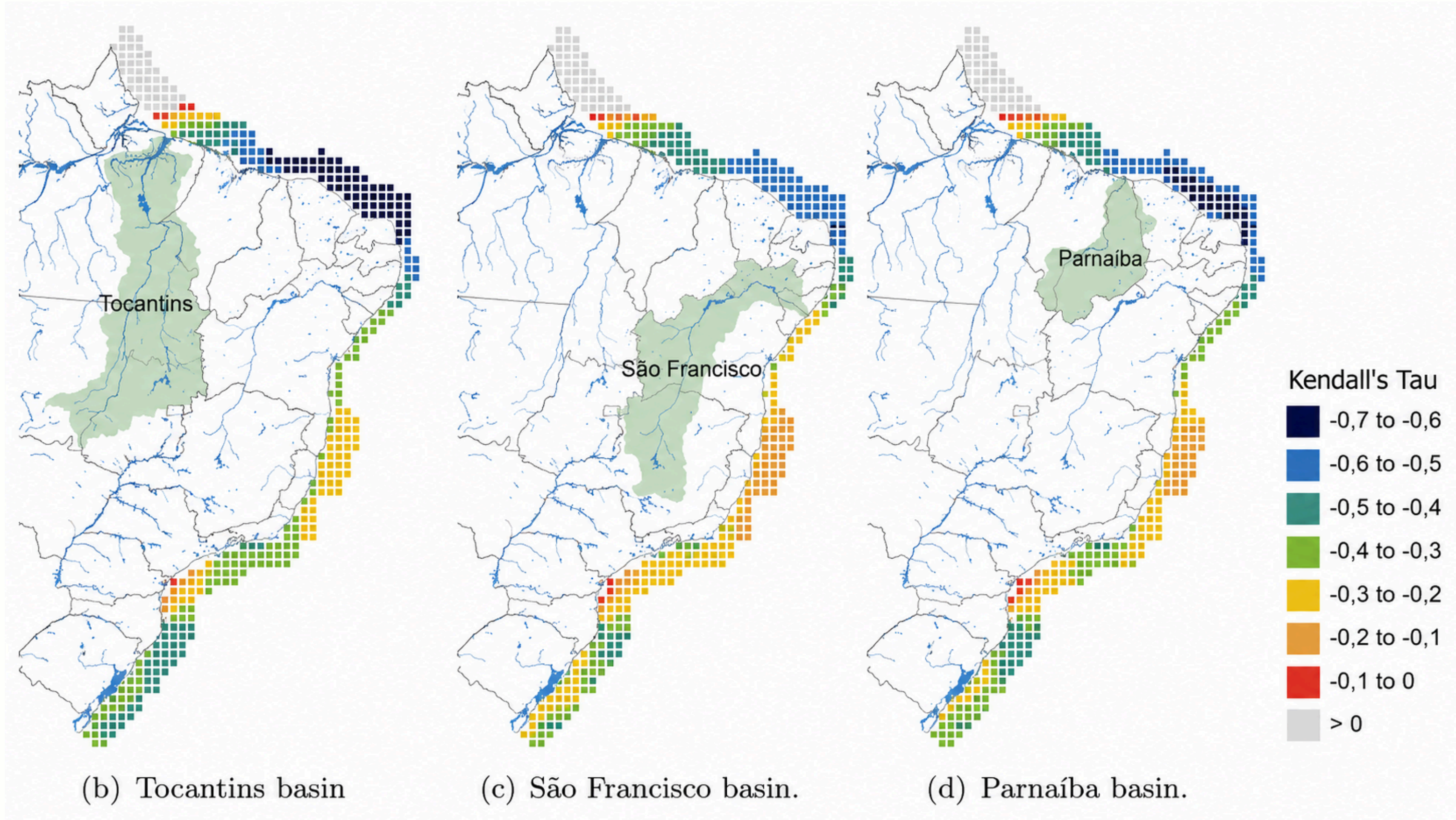


A expansão futura da geração próxima aos centros de carga do Sudeste pode reduzir a necessidade marginal de expansão dos corredores de transmissão e aumentar a diversificação geográfica da oferta.



Fonte: ONS – Carga e Geração / Carga de Energia Verificada. Percentuais aproximados, variáveis conforme período analisado. [https://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/carga-e-geracao?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/carga-e-geracao?utm_source=chatgpt.com)

# Complementariedade com hidrelétrica



## Considerações finais

- O Brasil possui um dos maiores potenciais de eólica offshore do mundo e condições naturais favoráveis para desenvolver uma nova fronteira energética de grande escala.
- A experiência acumulada pela indústria offshore de óleo e gás, aliada à infraestrutura portuária, estaleiros e cadeia eólica onshore existente, cria bases sólidas para a construção de uma cadeia nacional competitiva.
- A eólica offshore deve ser encarada como uma infraestrutura estratégica de segurança energética, capaz de atender ao crescimento da demanda elétrica e apoiar novas cargas eletrointensivas, como data centers, hidrogênio e combustíveis sustentáveis.
- A expansão da geração offshore próxima aos grandes centros consumidores pode aumentar a resiliência do SIN, diversificar geograficamente a oferta de energia e reduzir pressões futuras sobre a expansão da transmissão.
- A complementaridade entre eólica offshore e hidrelétricas permite reduzir curtailment, otimizar o uso dos reservatórios e tornar o sistema elétrico brasileiro mais renovável, flexível e eficiente.

# Obrigado!



MILAD.SHADMAN@LTS.COPPE.UFRJ.BR

Professor

Energias Renováveis Offshore e Descarbonização  
COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro

