

XXIX SIMPÓSIO JURÍDICO ABCE

# LICENCIAMENTO DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO E USINAS REVERSÍVEIS



**João Carlos Mello**  
Thymos Energia, Brasil  
*CEO*



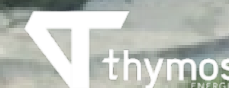
19 de Outubro de 2023  
Brasil

**PRESENCIAL**

CONFIDENCIAL E PROPRIETÁRIO | O conteúdo deste material foi preparado pela Thymos Energia para o evento XXIX Simpósio Jurídico ABCE de 2023, e pode ser utilizado, desde que seja devidamente referenciado



Associação  
Brasileira de  
Empresas de  
Energia Elétrica







## Conteúdo

1. A Thymos Energia 03
2. Transição Energética 05
3. Contextualização 11
4. Os Sistemas de Armazenamento de Energia 17
5. Considerações Finais 25



# Conteúdo

- |                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 1. A Thymos Energia                        | 03 |
| 2. Transição Energética                    | 05 |
| 3. Contextualização                        | 11 |
| 4. Os Sistemas de Armazenamento de Energia | 17 |
| 5. Considerações Finais                    | 25 |



A Thymos Energia agrega valor ao Setor Elétrico e a seus Clientes por meio de uma abordagem orientada a soluções customizadas a cada negócio.



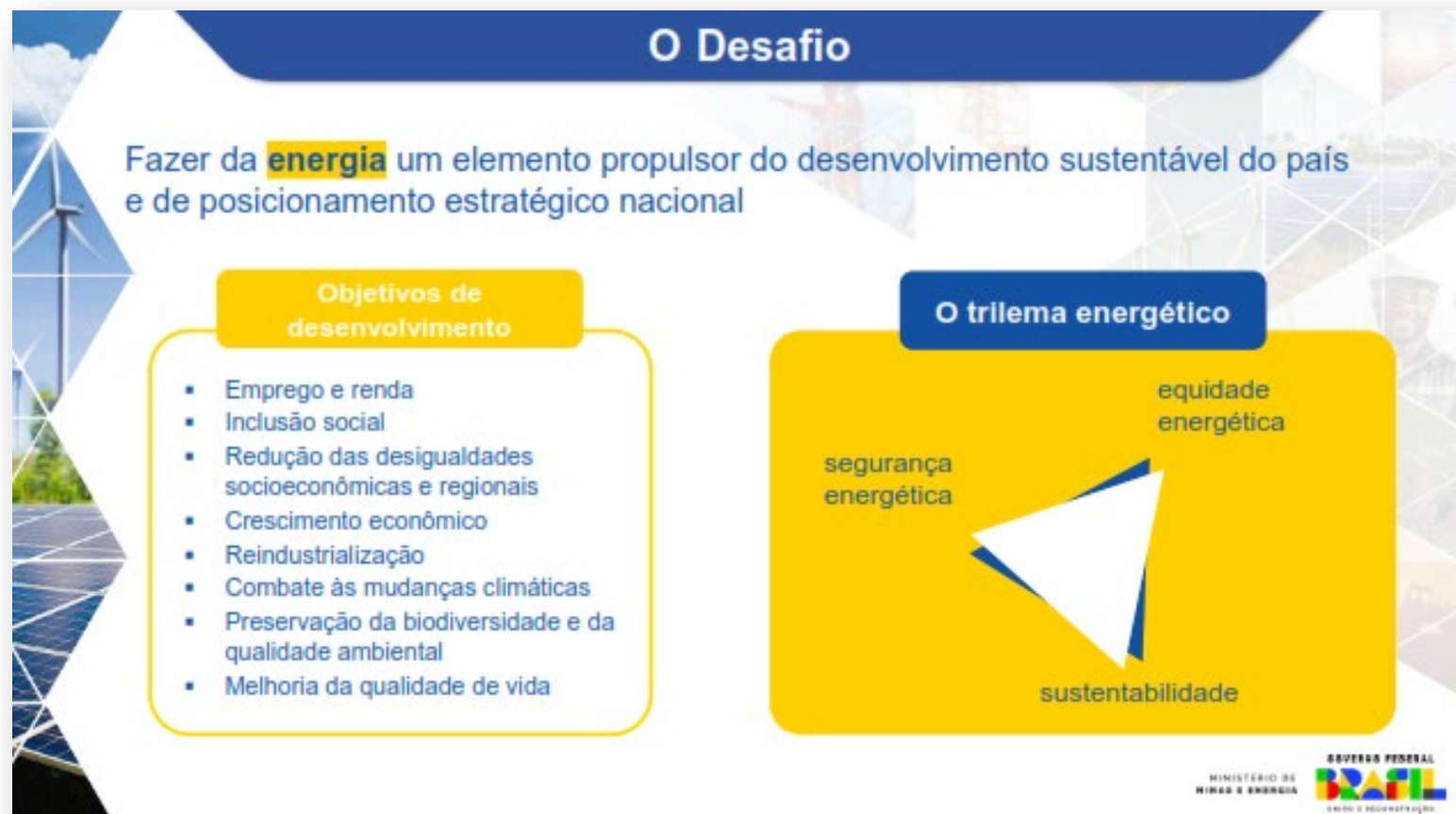


# Conteúdo

- |                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 1. A Thyos Energia                         | 03 |
| 2. Transição Energética                    | 05 |
| 3. Contextualização                        | 11 |
| 4. Os Sistemas de Armazenamento de Energia | 17 |
| 5. Considerações Finais                    | 25 |

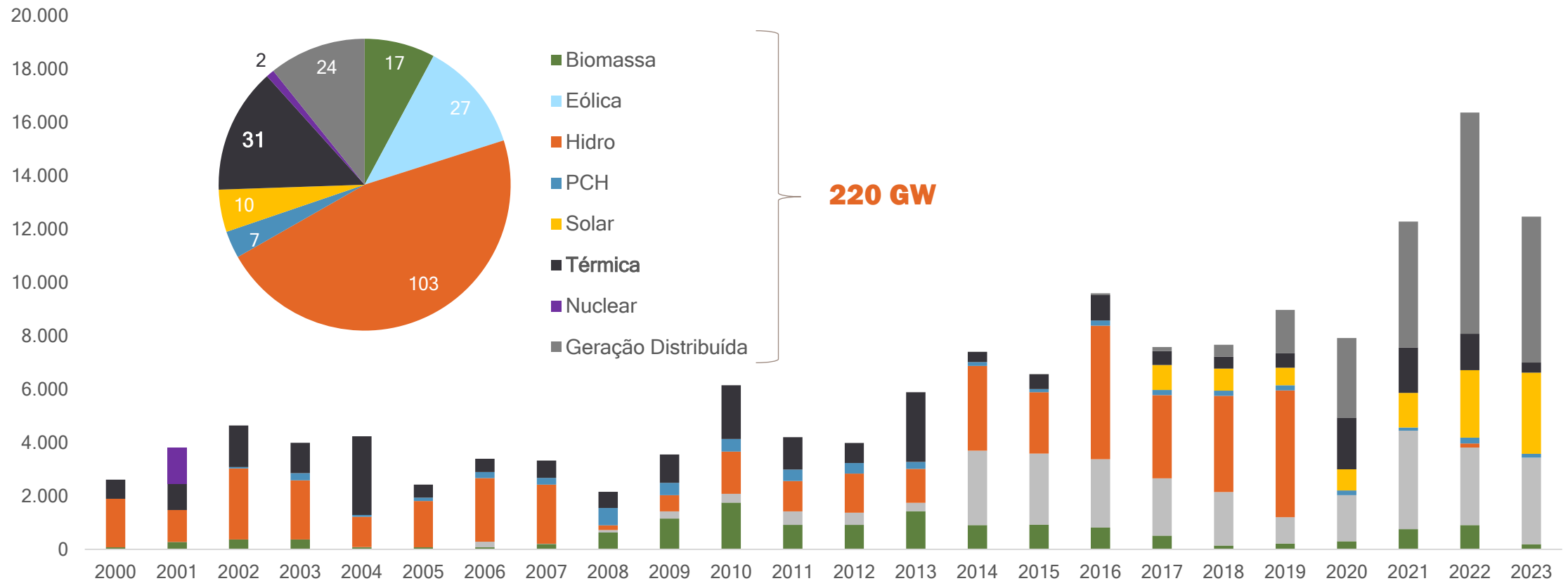


# POLÍTICA NACIONAL DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA - PNTE



# A capacidade instalada total do Brasil é de ≈220 GW e as fontes renováveis representam aproximadamente 85% do parque gerador

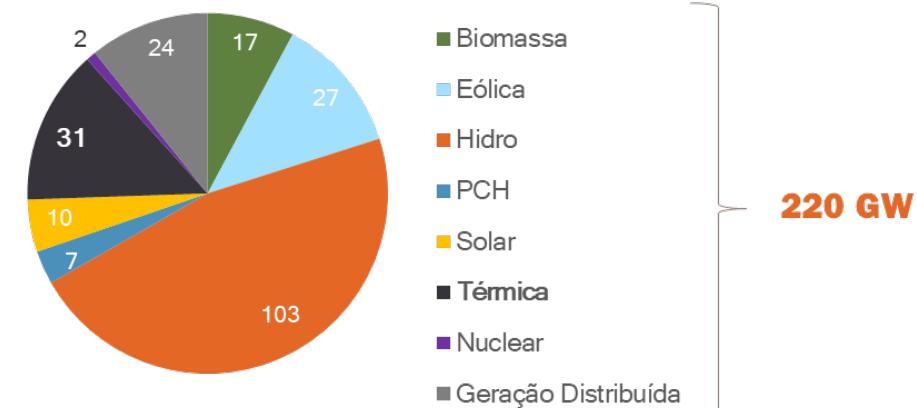
Evolução da Capacidade Instalada e Capacidade Instalada em Operação (Set/2023)  
GW



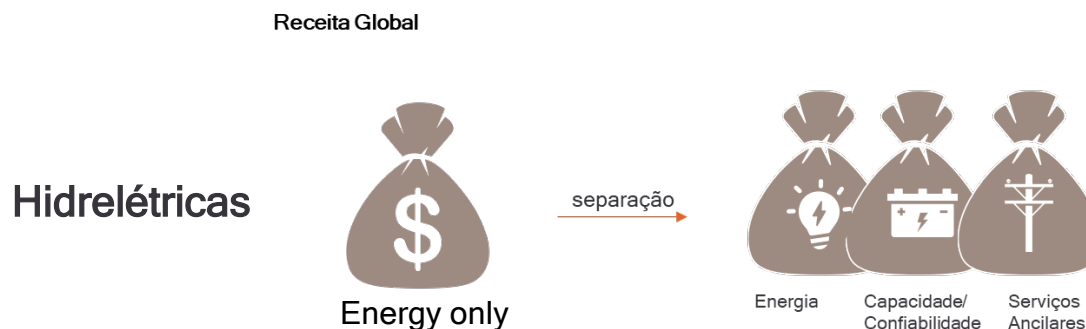
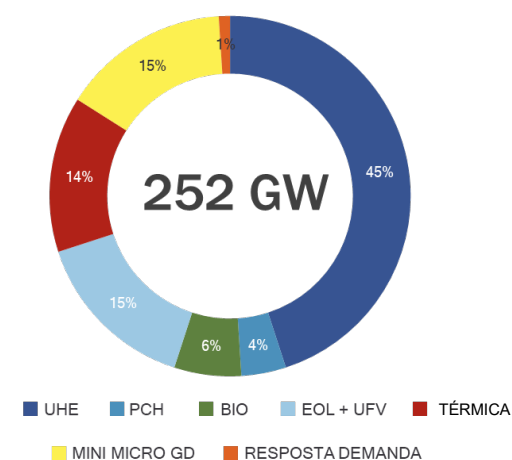
# O sistema brasileiro é um dos mais resilientes para a transição energética, no entanto todo o cuidado é pouco...

- A participação das fontes síncronas hidrelétricas e térmicas atualmente ainda é bastante expressiva
- A participação das fontes com inversores apresenta um crescimento intenso até 2031 (PDEE) - Eólicas, Solar e GD solar vão representar 30%
- Este crescimento tem que ser monitorado de perto pelo poder concedente para contratação no “mercado de capacidade” - Lei 14.120/21
- O “mercado de capacidade” é uma solução de mercados mais maduros para manutenção da confiabilidade na transição energética
- As térmicas à gás natural encontram um espaço adequado nos leilões de reserva de capacidade
- As renováveis são imbatíveis no produto “energia” sem outros produtos para oferecer
- A receita das hidrelétricas devem passar por uma revisão regulatório para incorporar uma série de produtos: energia, confiabilidade/flexibilidade, serviços ancilares

fontes renováveis cerca de 85%



Matriz Elétrica - Projetada (2031)  
%





# Expansão das renováveis é uma rota sem volta...

Queda expressiva nos custos dos equipamentos eólicos e solares



Queda média de **46%**  
no período nov/16-jan/20

**5 anos**



Queda média de **45%**  
no período mar/05-set/19

**15 anos**

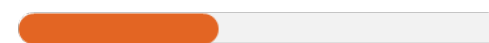
O fim do desconto TUSD/TUST devido à Lei nº 14.120/2021 demonstrou uma realidade do potencial on-shore das renováveis



**180 GW**



**50 GW**



**230 GW**  
novos  
projetos  
Cap. atual  
200 GW

- Apesar do “desafio” da infraestrutura e do mercado comprador, a meta da Lei nº 14.120/21 se mostrou uma realidade - a expansão será renovável!
- Atualmente, as energias renováveis estão sendo negociadas diretamente no ACL em vez do perfil anterior nos leilões do ACR - o consumidor livre quer legitimamente comprar o produto mais competitivo



# Transição Energética Brasil - Aspectos Operativos e Comercialização de Energia



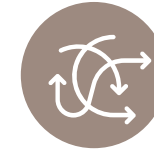
As Novas Tecnologias vão criar um Novo Setor Elétrico - é uma Questão de Tempo



As renováveis vão se expandir cada vez mais no mercado



A nova matriz traz um desafio maior para o ONS com a intermitência das fontes



A palavra no futuro será FLEXIBILIDADE e a hidrelétrica é fundamental nesse quesito

A produção de H<sub>2</sub> é um novo mercado excelente para o Brasil

H<sub>2</sub>

- Cria uma nova demanda muito significativa para o grande potencial renovável
- A mistura com o gás natural do pré-sal para atender as térmicas é uma solução
- Os desafios logísticos e tecnológicos deverão estar plenamente resolvidos até 2030

O SEB é 85% renovável e já passou pela transição energética

É mais razoável a eletrificação de outros segmentos (eletromobilidade, H<sub>2</sub>, etc.) com a nova oferta renovável, do que buscar os outros 15% de qualquer jeito

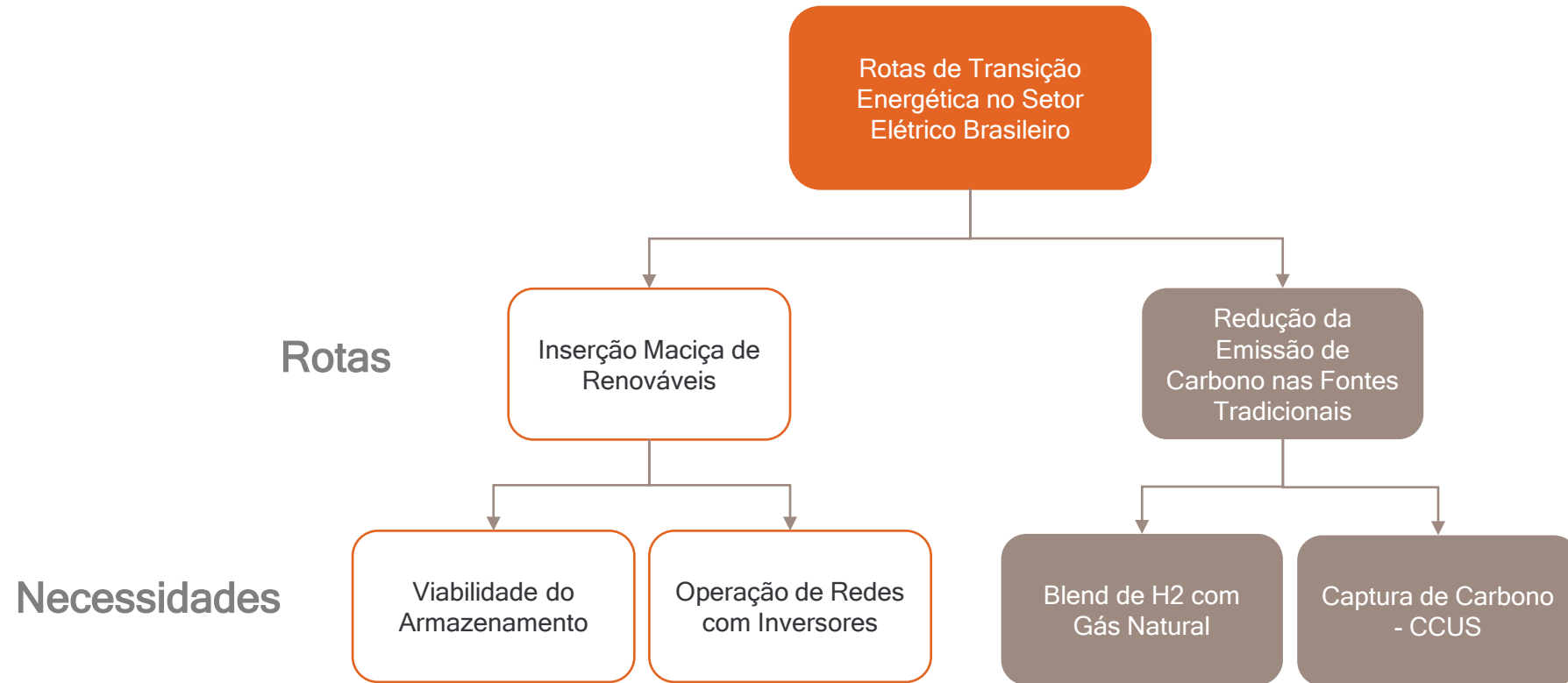


# Conteúdo

1. A Thymos Energia 03
2. Transição Energética 05
3. Contextualização 11
4. Os Sistemas de Armazenamento de Energia 17
5. Considerações Finais 25

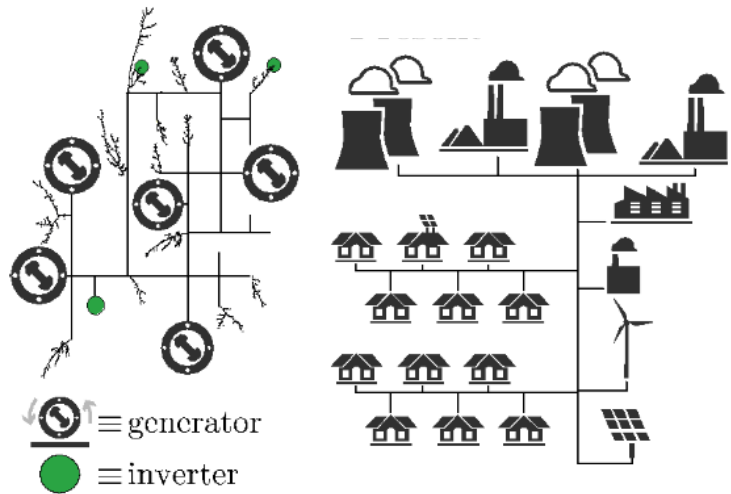


# Possíveis Rotas da Transição Energética no Setor Elétrico – Soluções complementares para segurança...

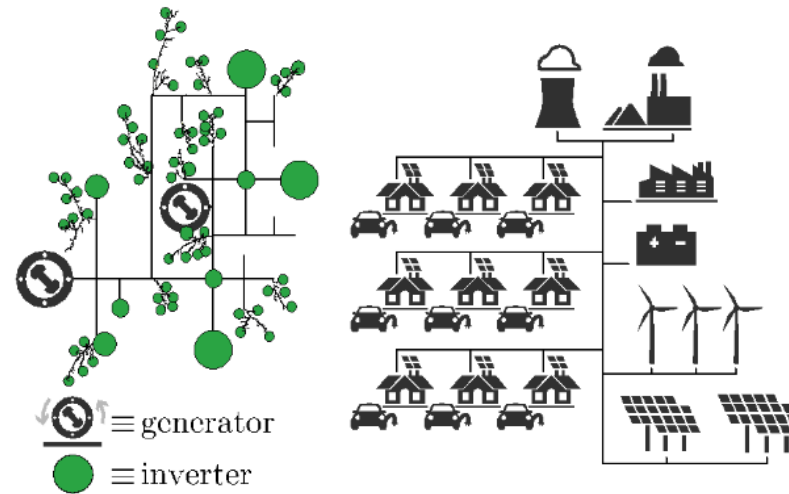


# A operação do sistema elétrico do futuro é um tema de pesquisas intensas – a convivência com as fontes com inversores

## Presente



## Futuro



O atual sistema de energia é dominado pela presença de geradores síncronos com grande inércia rotacional.

Os sistemas futuros terão uma fração significativa de recursos de geração baseados em inversores.

Isto implica na necessidade de formação de redes de próxima geração, com controladores que garantam a estabilidade da rede, em qualquer nível de penetração com recursos baseados em inversores.

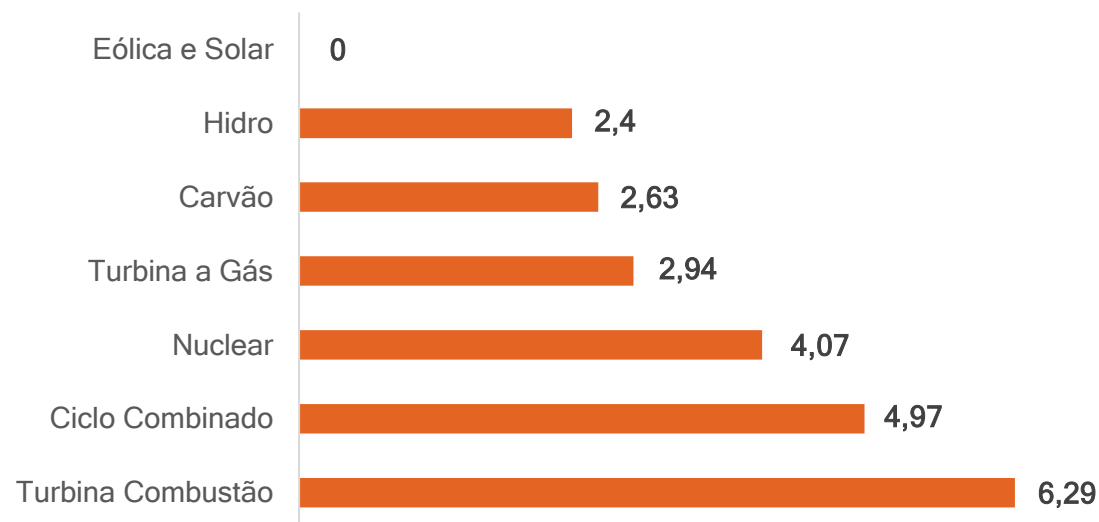
As pesquisas mais atuais estão relacionadas a cinco tópicos com redes dominadas por fontes com inversores:

- ✓ Controle de frequência;
- ✓ Controle de tensão;
- ✓ Proteção do sistema;
- ✓ Recuperação pós-falhas;
- ✓ Modelagem e simulação.



# Usinas hidrelétricas, reversíveis e térmicas possuem unidades geradoras síncronas – importante para a estabilidade aos sistemas

Médias de inércia rotacional por tipo de gerador [ s ]



A principal vantagem de um gerador síncrono é que ele pode produzir energia sem uma rede elétrica externa. A unidade geradora é capaz de fornecer o seu próprio controle de tensão e frequência e, com isso, não depende da rede elétrica.

Com isso, os geradores síncronos podem permanecer conectados durante e após uma falha na rede elétrica, pois possuem uma característica inerente: a inércia, que proporciona estabilidade ao sistema elétrico.

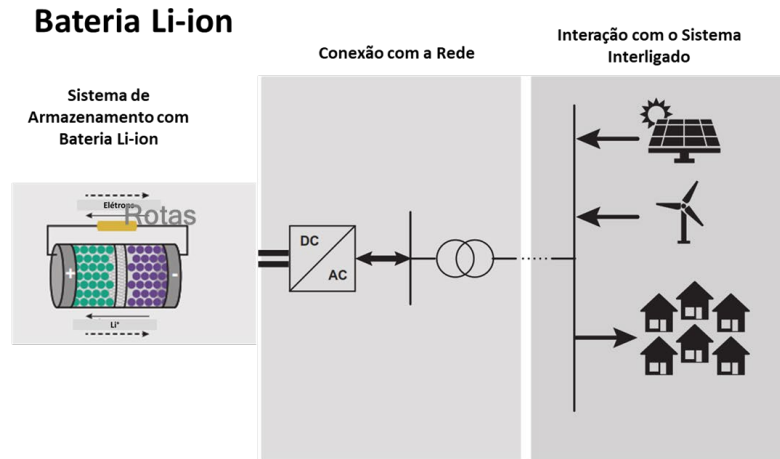
Durante um distúrbio do sistema, a geração e o consumo ficam desequilibrados, resultando em uma alteração na frequência da rede.

A energia cinética armazenada nas unidades geradoras rotativas, como as unidades geradoras presentes nas hidrelétricas e termelétricas, diminui os eventos de variação de frequência além do previsto nos procedimentos técnicos.

# Baterias frequentemente são apontados como solução - Não é uma solução completa ainda...



Hornsdale Energy Reserve  
Tesla 100 MW/129 MWh  
Jamestown - Austrália



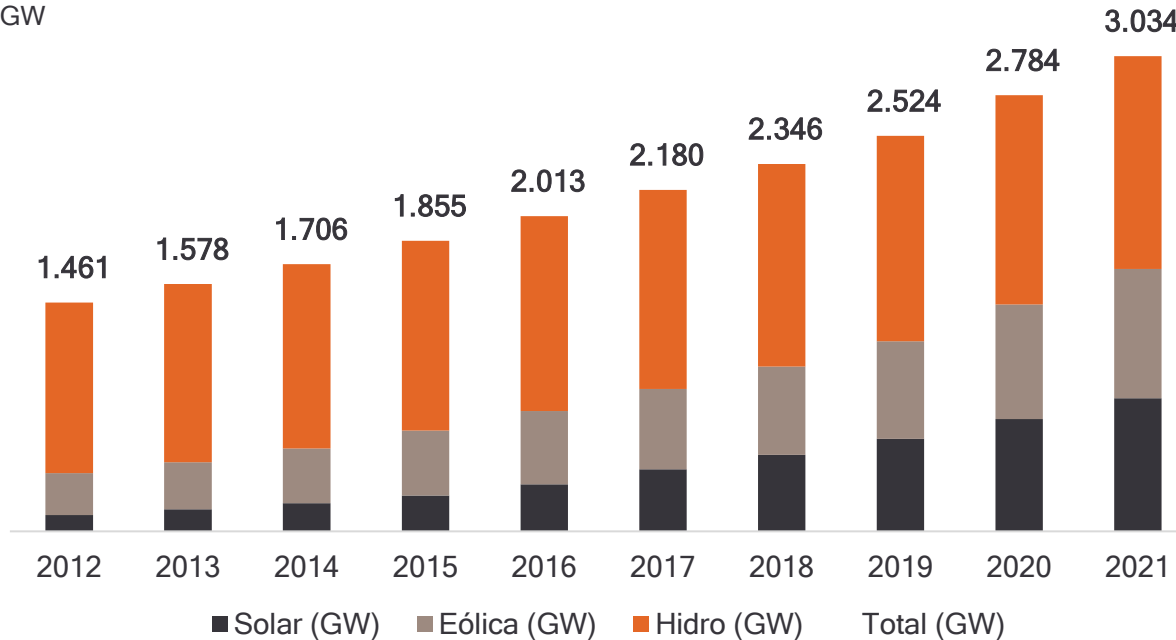
- A importância do armazenamento vem crescendo
- A Grã-Bretanha realizou em 2022 um leilão de capacidade para entregar no ano 2025/2026, com duração contratada de 15 anos, e dos 35 GW os vencedores foram:
  - Bateria de 1 GW
  - Termelétricas gás natural 27 GW
  - Reversíveis 7 GW

- ✓ *O preço, a vida útil e o descarte das baterias ainda são um grande desafio para a solução*
- ✓ *As baterias utilizam de minerais raros cuja extração estão em poucos países, com uma dependência crescente da produção de minerais na China*
- ✓ *No atacado a solução de armazenamento mais evidente no Brasil são os reservatórios das hidrelétricas*
- ✓ *No atacado e varejo uma alternativa competitiva são as “usinas reversíveis” de grande a pequeno porte*



# Adicionalmente, o aumento da capacidade instalada de energias renováveis, exigirá novas tecnologias de armazenamento de energia

Capacidade Instalada de Fontes Renováveis no Mundo  
GW



Uma profunda descarbonização da geração de eletricidade e da mobilidade (veículos elétricos - EVs) está exigindo uma mudança relevante das tecnologias tradicionais

Esta tendência é motivada principalmente pela necessidade de reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), visando desacelerar as alterações climáticas.

As tecnologias renováveis amplamente conhecidas apresentam, como uma das principais características, a intermitência exigindo o desenvolvimento de **sistemas de armazenamento**.



# Conteúdo

1. A Thymos Energia 03
2. Transição Energética 05
3. Contextualização 11
4. Os Sistemas de Armazenamento de Energia 17
5. Considerações Finais 25



# Existem 5 formas principais de tecnologias armazenamento de energia: Eletroquímico, Mecânico, Elétrica, Químico e Térmico

Tecnologias de Armazenamento de Energia				
Eletromecânico	Mecânico	Elétrico	Químico	Térmico
Baterias	Usinas Reversíveis	Capacitor	Célula Combustível	Material de Mudança de Fase Latente
Baterias de Fluxo	Volante	Armazenamento Magnético Supercondutor		Térmica Sensível
	Ar Comprimido	Super Capacitor		Termoquímico

# As baterias podem fornecer um grande número de serviços e benefícios ao sistema elétrico principalmente na rede de distribuição

→ **Definição:** Um sistema de armazenamento de energia de bateria (BESS) é um dispositivo eletroquímico que carrega (ou coleta energia) da rede ou de uma usina de energia e depois descarrega essa energia posteriormente para fornecer eletricidade ou outros serviços de rede quando necessário.



A aplicação do armazenamento de energia pode oferecer diversas vantagens aos sistemas energéticos, como a integração de energias renováveis e um melhor desempenho económico da rede. Além disso, o armazenamento de energia é importante para a operação de sistemas elétricos, permitindo o nivelamento de carga e a redução de picos, a regulação de frequência, o amortecimento de picos de energia e a melhoria da qualidade e confiabilidade da energia.

→ **Características:**



A capacidade de armazenamento de energia (kWh) é a quantidade de energia que pode ser armazenada no sistema



As taxas de carga e descarga (kW)(Ah) definem a rapidez com que a energia pode ser carregada/descarregada



O tempo de resposta é o tempo necessário para que o sistema de armazenamento comece a fornecer energia sob demanda



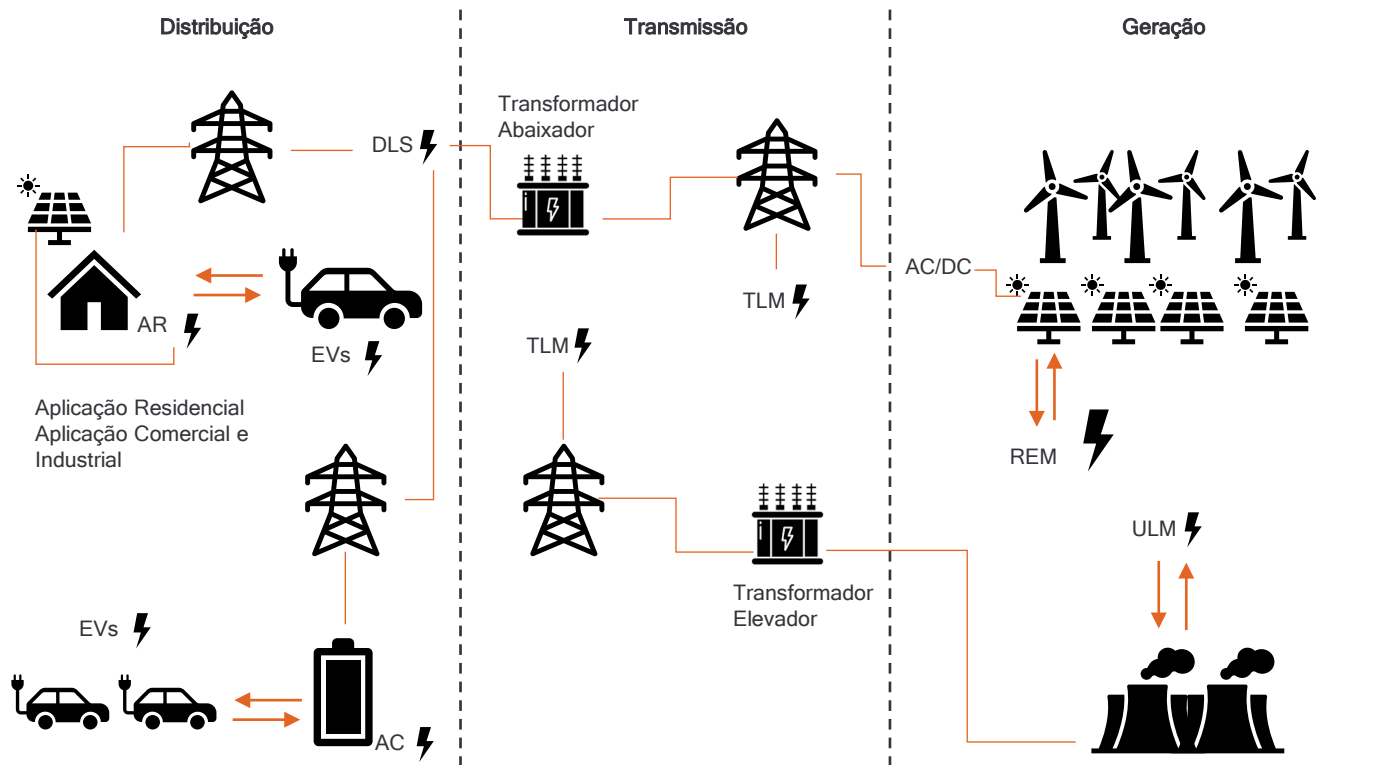
A vida útil de um sistema de armazenamento é dada como o número de ciclos, anos ou energia armazenada/fornecida (kWh)



Eficiência é a relação entre a energia descarregada pelo sistema e a energia necessária para carregá-lo em cada ciclo



# Os serviços prestados pelo armazenamento de eletricidade terão finalidades diferentes dependendo do seu ponto de interligação à rede



AR: Aplicação Residencial  
AC: Aplicação Comercial

ULB: Baterias de Nível Utilitário  
DLS: Serviços em Nível de Distribuição

TLM: Serviços em Nível de Transmissão  
REM: Gestão de Energia Renovável

EVs: Veículo Elétrico

⚡ Armazenamento de Energia

**Geração:** Se estiver ligado a outras instalações de geração, o armazenamento de energia pode permitir a captação de preços mais elevados, a prestação de serviços de rede e, ao mesmo tempo, economia nos custos de transmissão.

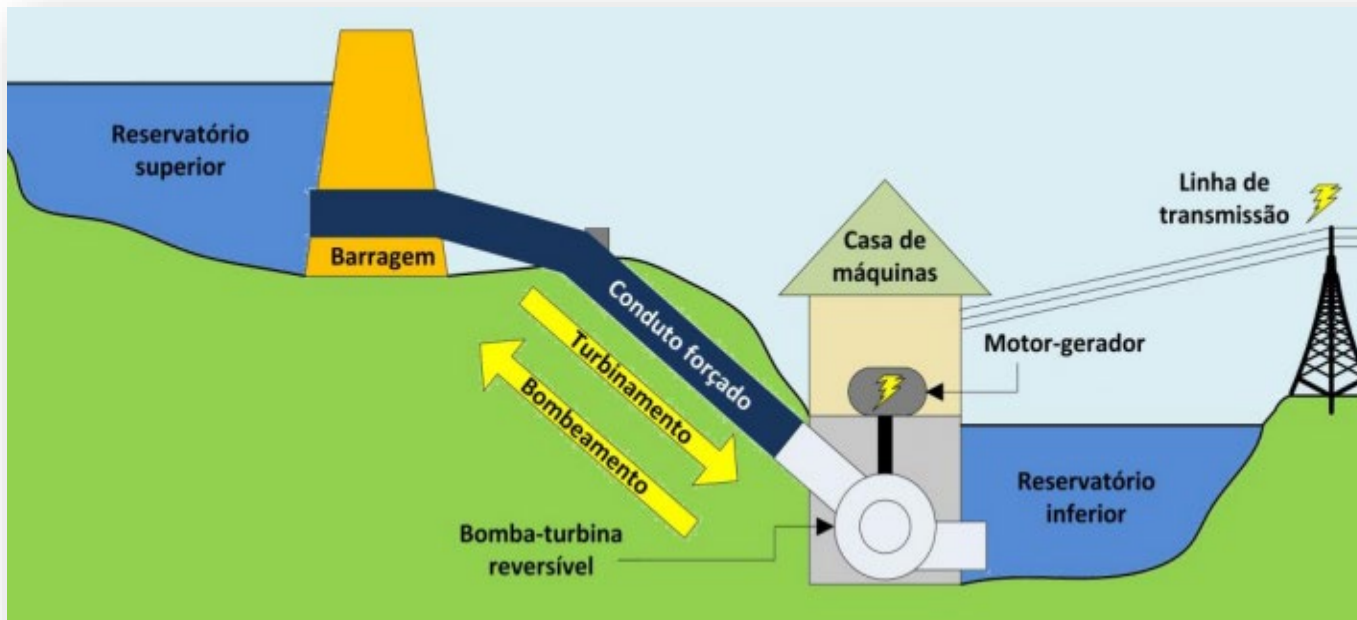
**Transmissão:** suporta o aumento da energia renovável variável, pode participar em licitações no mercado de eletricidade para comprar e vender eletricidade e fornecer serviços ancilares.

**Distribuição:** o armazenamento de eletricidade pode fornecer os mesmos serviços prestados ao nível da transmissão e, além disso, pode ser utilizado para fornecer energia com qualidade e serviços de confiabilidade na subestação local, adiar o investimento na capacidade de distribuição e apoiar a integração da energia renovável distribuída.

**Behind the Meter:** apoiar o cliente no aumento do autoconsumo fotovoltaico, reduzindo assim as faturas de eletricidade, melhorando a qualidade da energia

# As Usinas Reversíveis podem fornecer diversos serviços ancilares e de flexibilidade para aumento da confiabilidade e resiliência das redes elétricas

Esquemático de uma Usina Reversível



É exatamente no aspecto de controlabilidade que as **Usinas Reversíveis** encontram um novo espaço de atuação diante das crescentes demandas por flexibilidade em diferentes escalas de tempo.

Elas podem fornecer diversos serviços ancilares e de flexibilidade para aumento da confiabilidade e resiliência das redes elétricas:

- Inércia Síncrona;
- Regulação de Frequência;
- Reserva de Potência;
- Reserva de Substituição;
- Controle de Tensão/Potência Reativa; e
- *Black Start* (Partida sem Energização Externa).



# A escolha do arranjo, modo de operação, constante de tempo hidráulico e controle de velocidade depende das características específicas de cada projeto

Macro Finalidade	Aplicações mais comuns	Característica essencial para exercer a função
Provisão de Armazenamento Energético para fins Operacionais	Regularização Sazonal	Reservatório com regularização sazonal
	Regularização Semanal	Reservatório com regularização semanal
	Regularização Diária	Reservatório com regularização diária
	Redução de Congestionamento na Transmissão	Reservatórios com capacidade para acumular excedentes de geração regional
Provisão de Armazenamento Energético para fins Comerciais	Arbitragem de Longo Prazo	Reservatórios com volumes significativos e comercialmente atrativos
	Arbitragem de Curto Prazo	Volume de reservatório dependente do modelo de tarifa horária
Provisão de Potência	Potência para Horário da Ponta	Reservatório com tempo de descarga de 2 a 4h
	Rampas de Média e Longa Duração	Reservatório com tempo de descarga de 2 a 6 h
Serviços Convencionais	Reserva de Capacidade	Reserva de volume de armazenamento e de potência adequados
	Suporte de Reativos	Capacidade de funcionamento como compensador síncrono ou uso de inversor apropriado
Novos Serviços Ancilares	FFR - Fast Frequency Regulation	Velocidade variável das máquinas
	Rampas de Curta Duração	Reservatório com tempo de descarga de até 1h
	Suporte para Contingências	Reduzido tempo de despacho das máquinas
	Black Start	Reserva de volume de armazenamento e sistemas elétricos apropriados

O impacto ambiental das baterias é constante, desde à mineração até a substituição e descarte. Nas reversíveis, os impactos ambientais são previsíveis pelo domínio tecnológico e ocorrem uma única vez



### Usinas Reversíveis

Solução excelente porque a tecnologia já está madura no mundo e é feita sob medida com os condicionantes ambientais de cada alternativa

**O ciclo é praticamente infinito**



### Baterias

Existem problemas na cadeia construtiva (mineração intensa de metais raros, importação de grande parte da matéria prima, alta intensidade energética) e incerteza quanto ao descarte

**O ciclo de vida é finito e de difícil tratamento do resíduo**



# Dada a importância do tema, a ANEEL abriu Consulta Pública com o objetivo de discutir alternativas de soluções regulatórias para a inserção de sistemas de armazenamento no SEB

→ A proposta é dividir o assunto em três ciclos para priorizar tópicos de discussão, de acordo com a definição abaixo:

1° Ciclo	2° Ciclo	3° Ciclo
1/2023 a 6/2024	7/2024 a 12/2025	7/2024 a 12/2025
Conceitos e definições	Ajustes finais do ciclo anterior	Ajustes finais do ciclo anterior
Outorga (inclui reversíveis de ciclo fechado)	Usinas reversíveis de ciclo aberto	Redução de Curtailment e Constrained-off
Acesso e uso da rede	Empilhamento de receitas	Agregadores
Retirada de barreiras regulatórias		Simulações para os modelos computacionais
Comercialização de energia		

 O período para contribuições será de 19/10 a 18/12/23



# Conteúdo

1. A Thyos Energia 03
2. Transição Energética 05
3. Contextualização 11
4. Os Sistemas de Armazenamento de Energia 17
5. Considerações Finais 25



# Considerações Finais



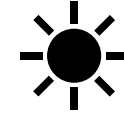
- 1 A transição energética é um movimento multidimensional, com um elemento fundamental: a participação do consumidor



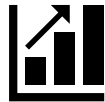
- 2 O net zero, caracterizado por anular as emissões é um movimento que demanda coordenação entre o vários países e iniciativa privada



- 3 Nesse sentido, há dois grandes movimentos a serem endereçados: a descarbonização da matriz elétrica mundial e a eletrificação



- 4 A evolução tecnológica permitiu que a projeção de aumento de temperatura global fosse reduzida em 1°C, mas muito ainda precisa ser feito para alcançar a meta central do acordo de Paris



- 5 Em 2022, os investimentos em renováveis foram maiores do que os de infraestrutura de O&G pela primeira vez nos últimos anos. E está é uma tendência, pelo menos para os próximos dois anos à frente



- 6 O Brasil já possui uma matriz predominantemente renovável, e há um indicativo claro de que essa expansão continuará a ser via fontes renováveis



- 7 A operação do sistema elétrico do futuro é um desafio e as fontes síncronas aliada aos sistemas de armazenamento serão indispensáveis para a estabilidade dos sistemas



- 8 Diante de tudo que foi exposto, será necessário o desenvolvimento de normas regulatórias e ambientais para a viabilização das usinas reversíveis e baterias no SEB

# Obrigado!



## João Carlos Mello

✉ [jmello@thymosenergia.com.br](mailto:jmello@thymosenergia.com.br)

☎ (11) 9 9370-5023 | (11) 3192-9101

🌐 [www.thymosenergia.com.br](http://www.thymosenergia.com.br)

📍 Av. das Nações Unidas, 11541 | 10º andar | 04578-907 | Brooklin | SP

