



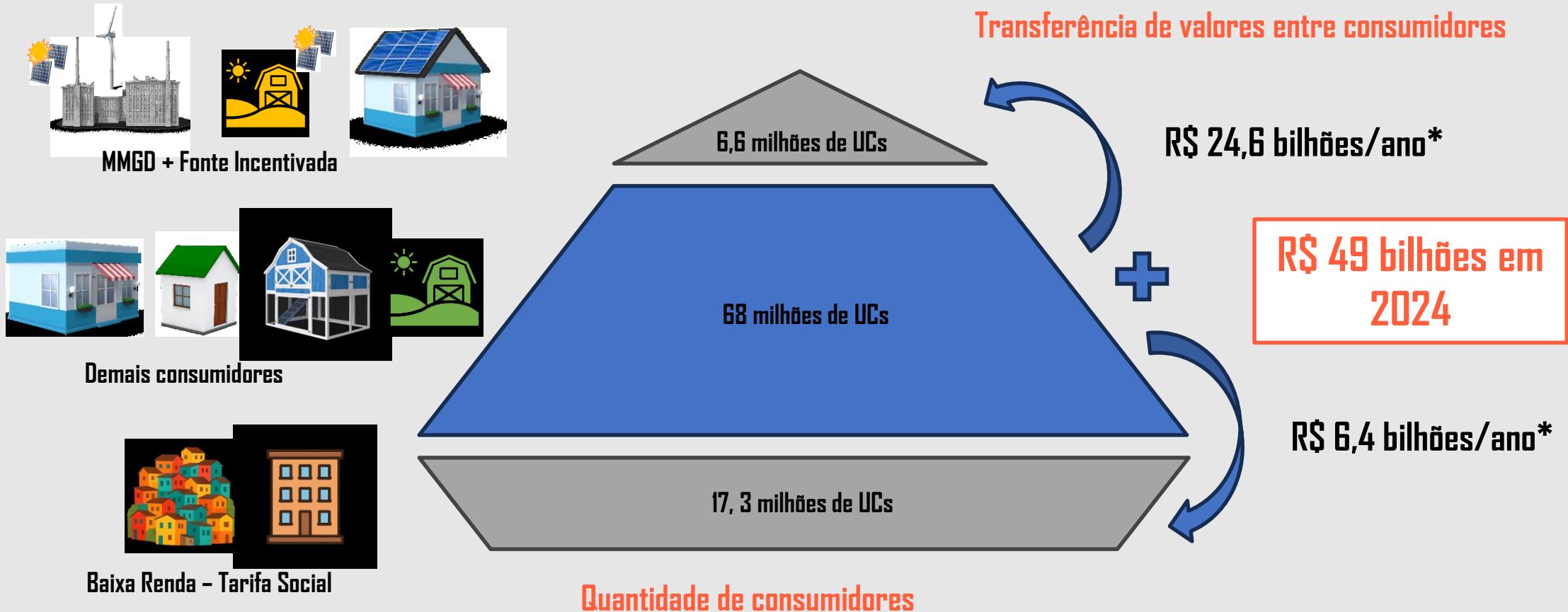
**abradee**®

Associação Brasileira de Distribuidores  
de Energia Elétrica

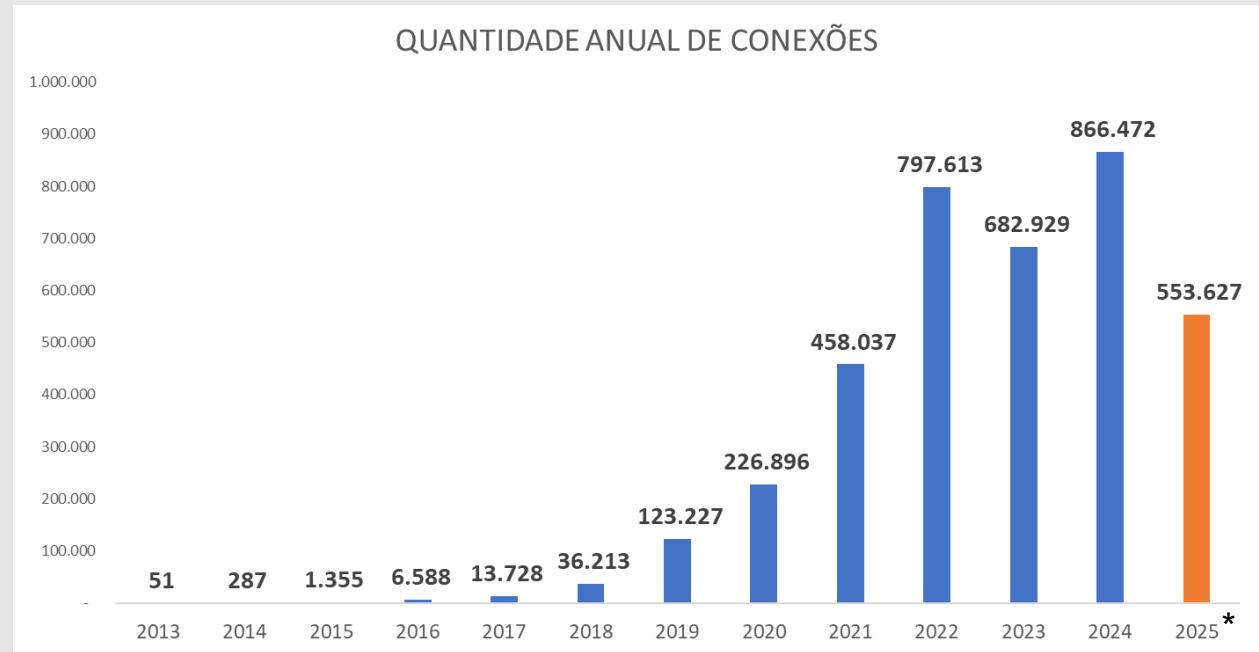
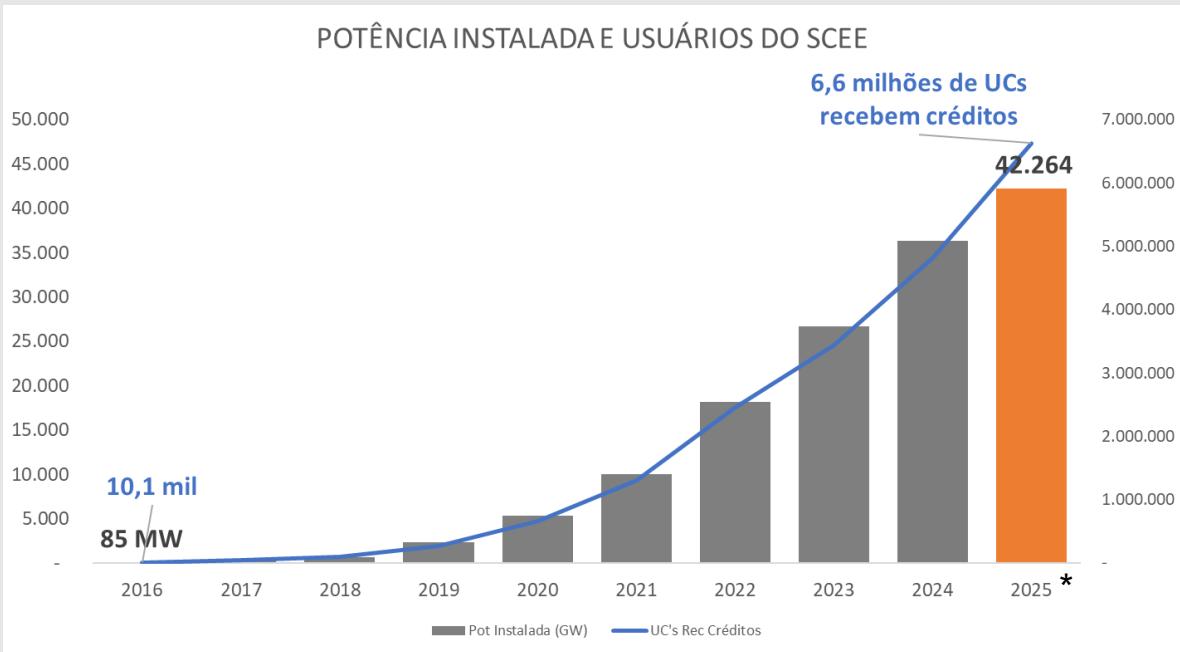
# **INVERSÃO DE FLUXO**

## **Comissão de Defesa do Consumidor**

# Defesa de TODOS os consumidores



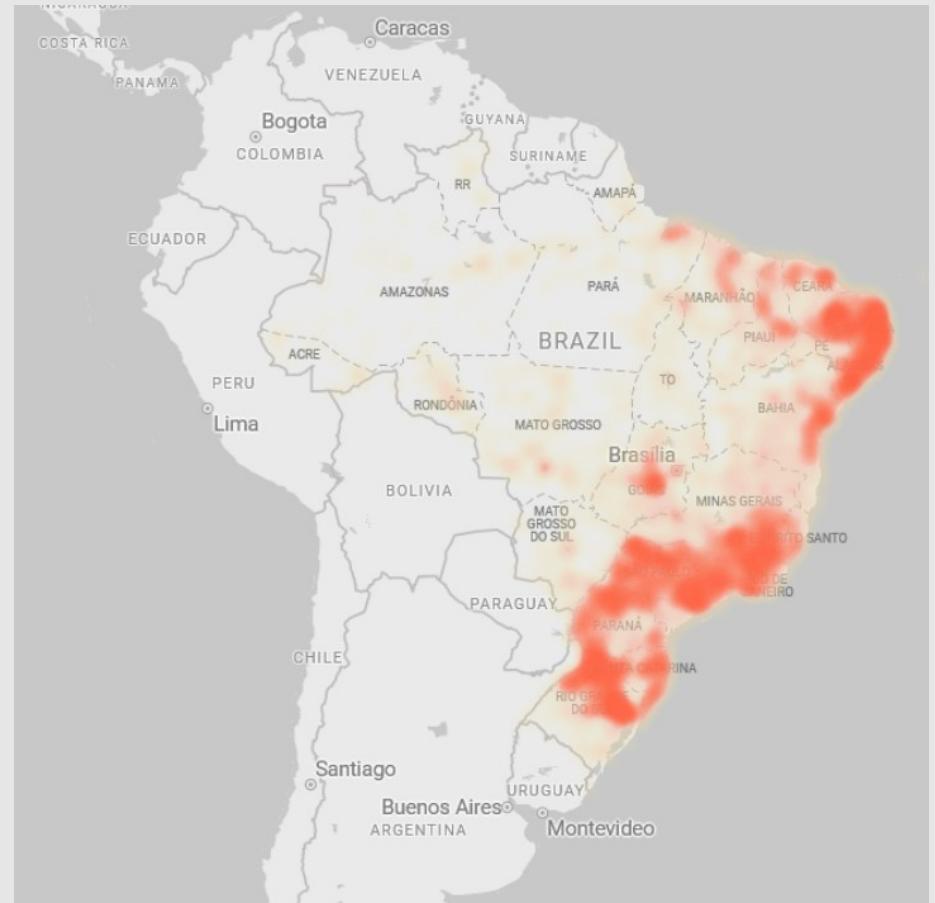
**A CADA 15 MINUTOS,  
UMA USINA DE MMGD É CONECTADA NO BRASIL  
A CADA 20 SEGUNDOS  
UMA NOVA UC PASSA A RECEBER BENEFÍCIOS DA MMGD**



# Penetração da MMGD, além do ritmo acelerado, ocorre de forma desordenada

## Efeitos elétricos e energéticos adversos:

- **Distribuição:**
  - Problemas de tensão, sobrecargas, desbalanceamento de fases, falhas na proteção, distorção de harmônicos
- **Transmissão:**
  - Gargalos no escoamento da geração, restrições operativas, antecipação de investimentos
- **Geração:**
  - Curtailment



# Efeitos nas redes de distribuição e transmissão

## PONTOS DE RESTRIÇÃO

POR INVERSÃO DE  
FLUXO NO SETOR  
ELÉTRICO

Térmicas



Hidro



Eólica



Solar



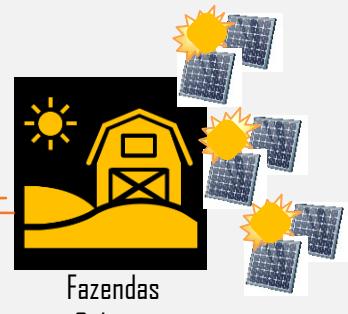
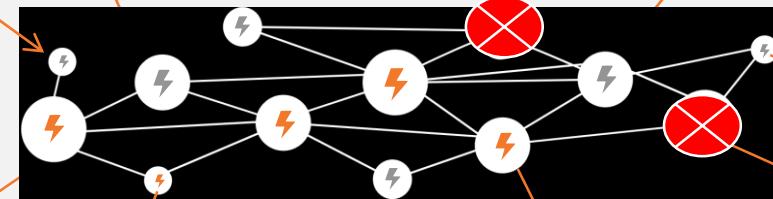
Biomassa



Transmissão (Rede Básica)



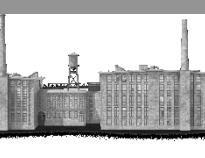
Redes Distribuição  
(AT e MT)



Redes Distribuição  
(BT)



Consumidores  
+  
Prosumidores



Indústria

Comércio

Residencial

Rural

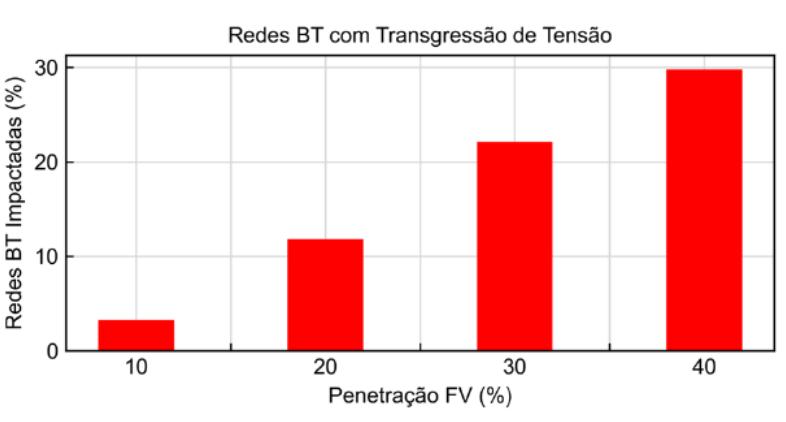
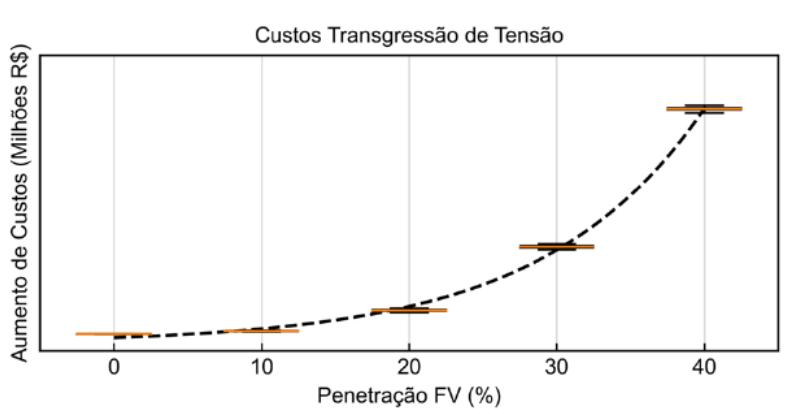
Comercial c/ MMGD

Residencial c/ MMGD

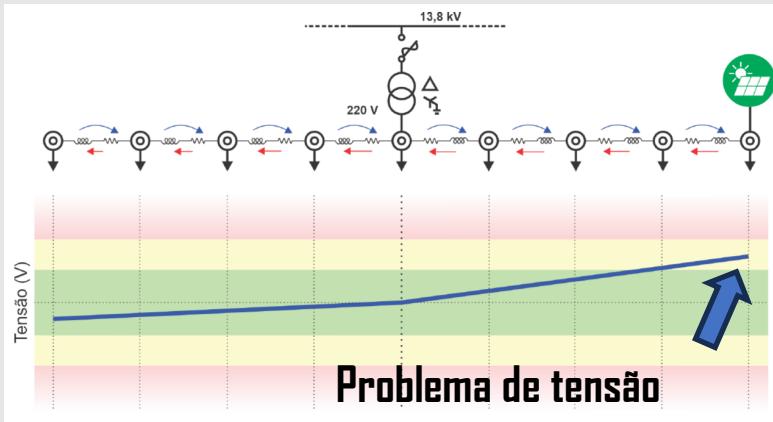
Rural c/ MMGD

# Efeitos nas redes de distribuição

Estudo da Unicamp:



Estudo da UFU:



Problema de tensão

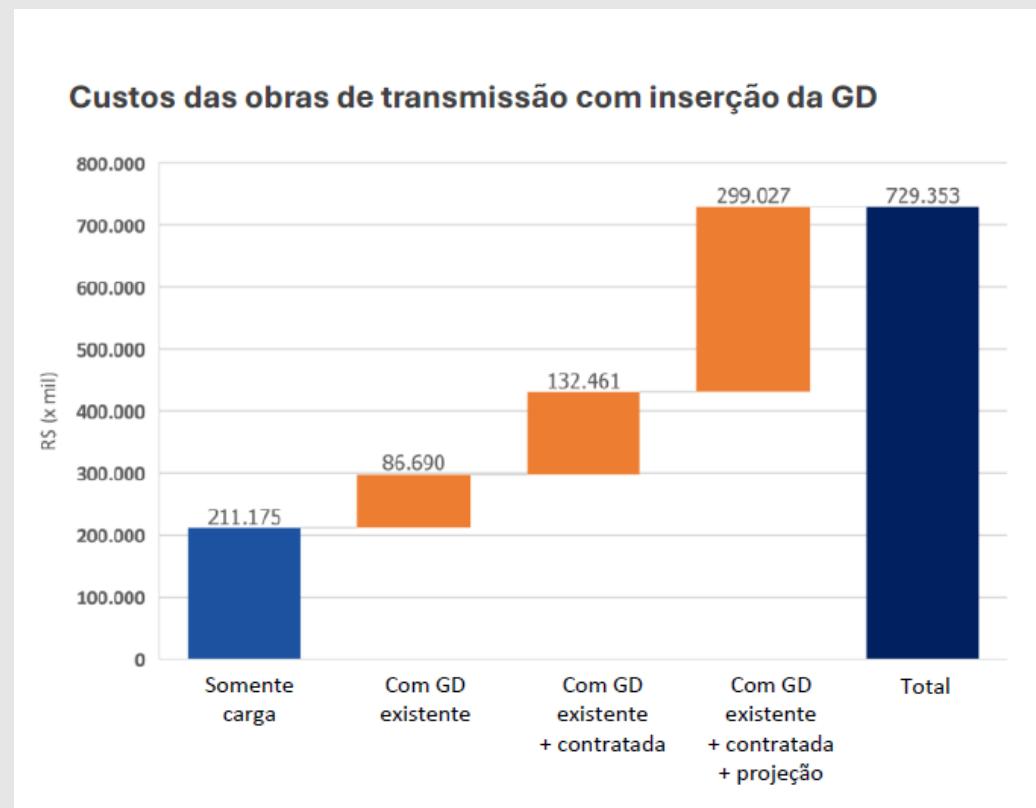


## Conclusões dos estudos:

- Penetração de MMGD aumentou transgressões de tensão nas redes de distribuição;
- Aumento de custos e antecipação de investimentos;

# Efeitos nas redes de transmissão

Estudo da EPE:



Estudos de caso: RM João Pessoa e Triângulo Mineiro  
Fonte : EPE-DEE-RE-045/2023-rev0 e EPE-DEE-RE-008/2023-rev0

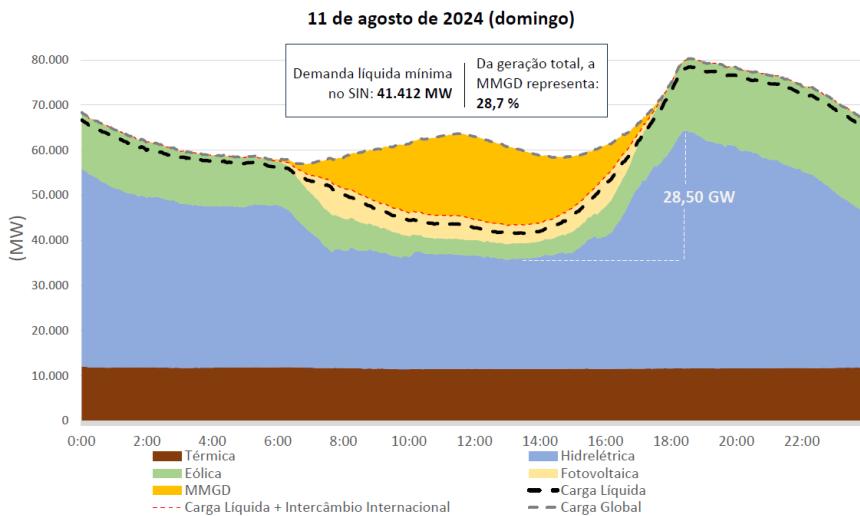
## Conclusões dos estudos:

- Efeitos da MMGD são altamente influenciáveis pelo nível de penetração e sua localização;
- Aumento de custos das obras de transmissão para atendimento da MMGD;
- ONS aponta para gargalos de conexões em regiões que atingiram seu limite de capacidade.

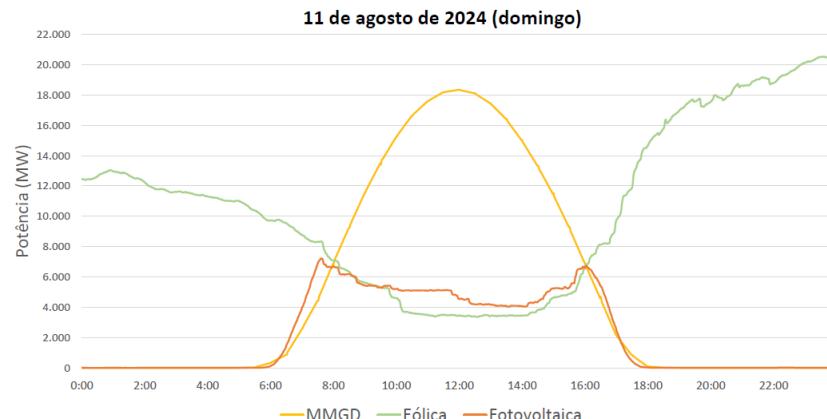
# Efeitos na geração

## Curtailment energético

Curva Horária da Demanda Líquida Mínima Verificada no SIN - 2024



MODULAÇÃO DA GERAÇÃO EÓLICA E FOTOVOLTAICA VERIFICADA EM UM DOMINGO DE AGOSTO DE 2024

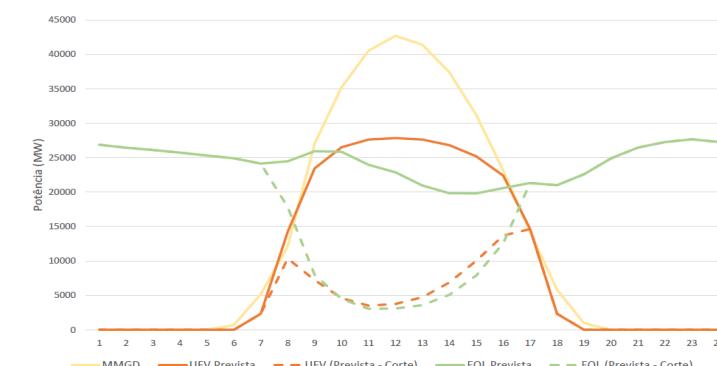


11/08/2024: foi necessário cortar cerca de **4.600 MW de geração renovável variável (EOL/UFV)** por razões energéticas.

A MMGD atingiu seu valor máximo praticamente no mesmo instante em que ocorreu o máximo corte de geração centralizada.

## Estudos DNS – Situação se agravará:

Modulação da geração eólica e fotovoltaica em domingo típico de 2029 (dados do PAR/PEL 2025)



Cortes de Solar e  
Eólica:  
**45 GW**

# Efeitos no sistema elétrico não são mitos, são fenômenos físicos

## Análise da inversão de fluxo afastada para:

- MMGD com potência até 7,5 KW
  - Atende 97% das cargas residenciais
- Grid zero (sem injeção na rede)
- Gratuidades da REN 1000 com potência de geração compatível com a carga

## Demais conexões e aumentos de Potência:

- Estudos para eliminar a inversão de fluxo (art. 73):
  - Reconfiguração dos circuitos/remanejamento de carga;
  - Conexão em outro circuito ou nível de tensão superior
  - Redução da potência ou modulação da injeção (baterias)

**Estudos não são barreiras para impedir o crescimento da MMGD.**

Os estudos garantem que os impactos para o sistema elétrico sejam minimizados e que os custos não sejam arcados apenas pelos demais consumidores.

**Eliminar (ou flexibilizar ainda mais os estudos) é injusto com os demais consumidores.**

**Estudos para conexão são necessários para minimizar efeitos aos demais usuários.**

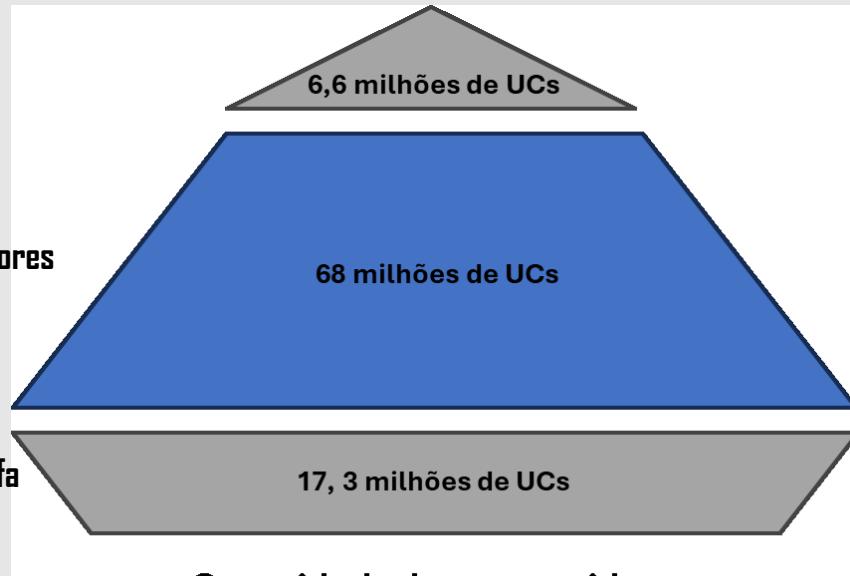
# Soluções existem, mas possuem elevado custo.

## Quem vai pagar por elas?

MMGD

Demais consumidores

Baixa Renda Tarifa Social



### Impacto MMGD na tarifa – B1 Brasil

CDE\_GD  
1,58%

GD\_IMPLÍCITA  
2,47%

GERAÇÃO  
DISTRIBUÍDA  
4,05%

Consumidor pagará mais de R\$ 15 bilhões em subsídios à MMGD, em 2025.

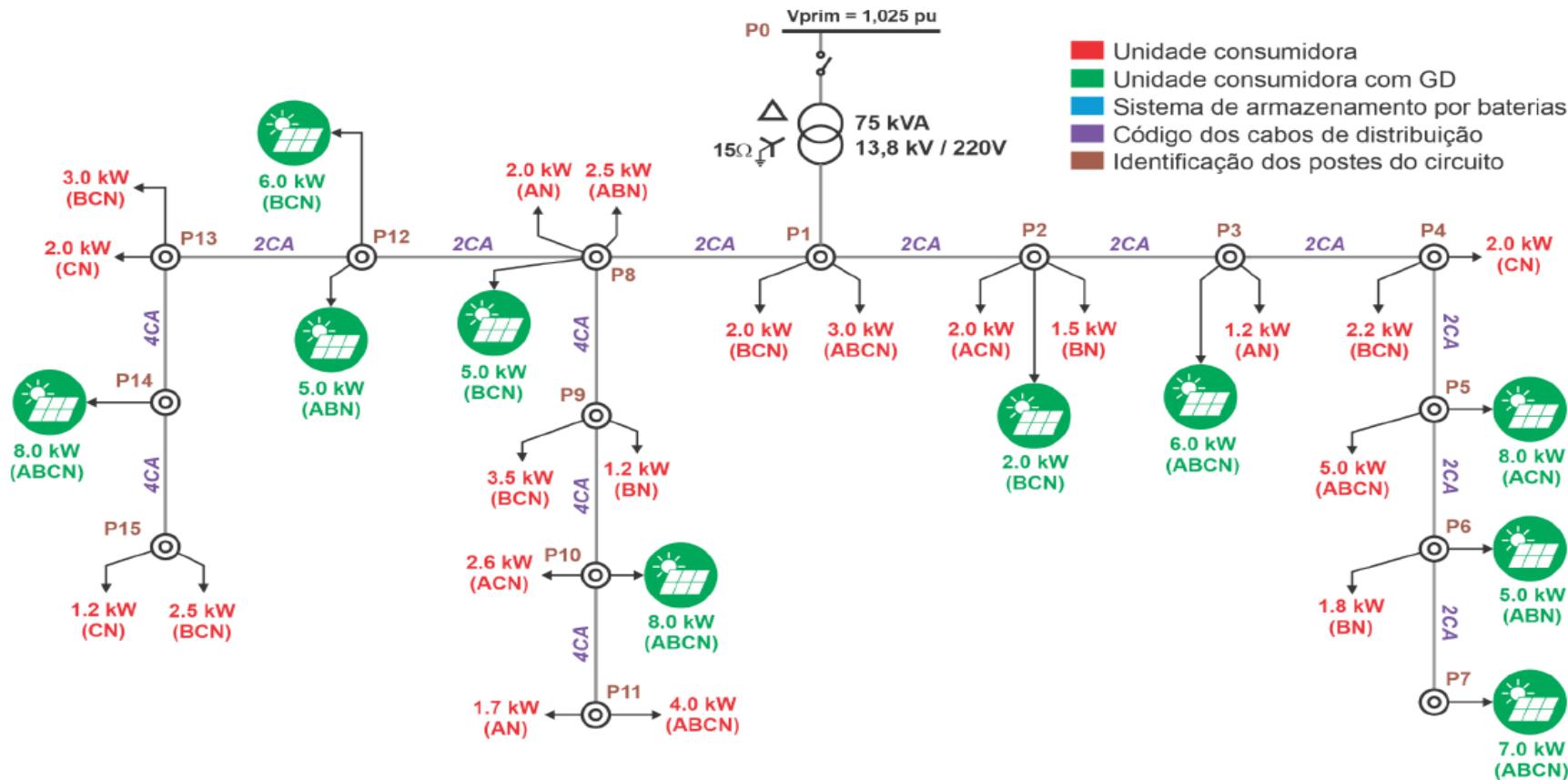
É JUSTO QUE ELE TAMBÉM TENHA DE ARCAR COM OS CUSTOS DOS INVESTIMENTOS PARA ELIMINAR A INVERSÃO DE FLUXO?

ANEX

O

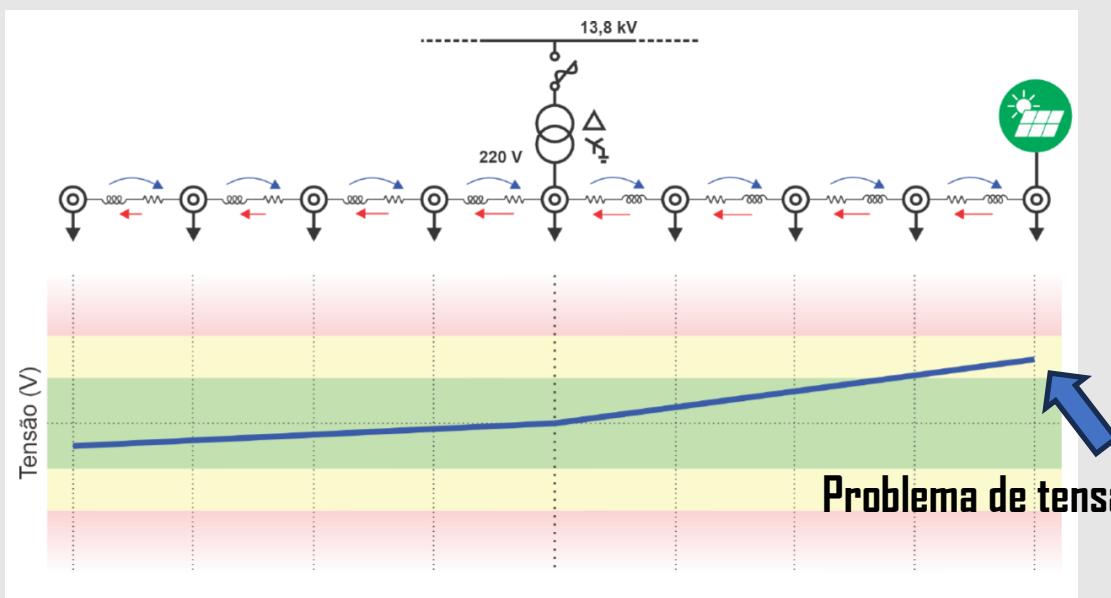
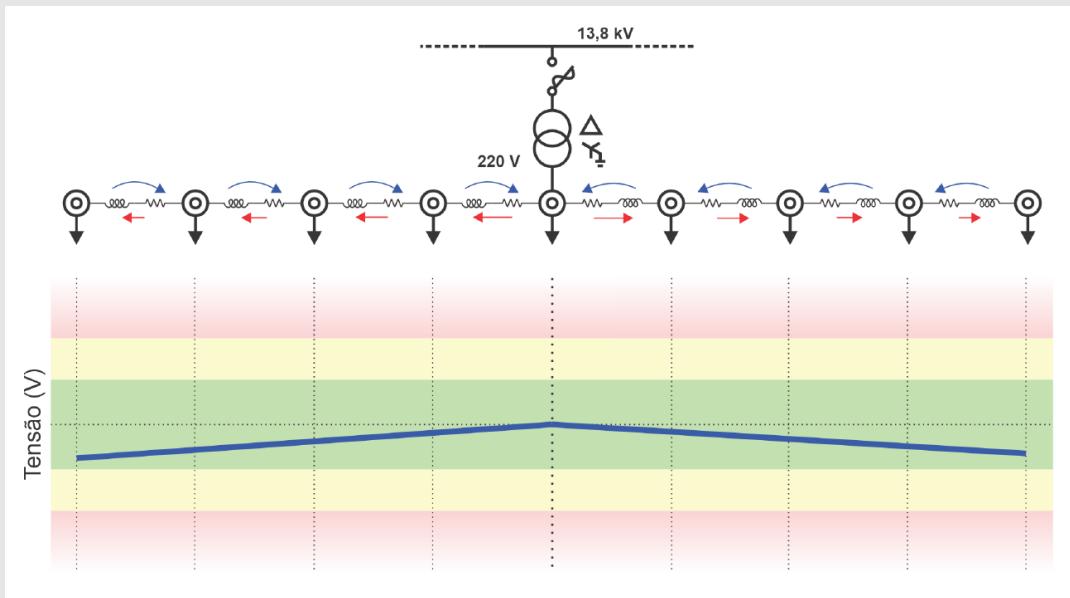
## Fundamentos Teóricos

### Circuitos Secundários de BT

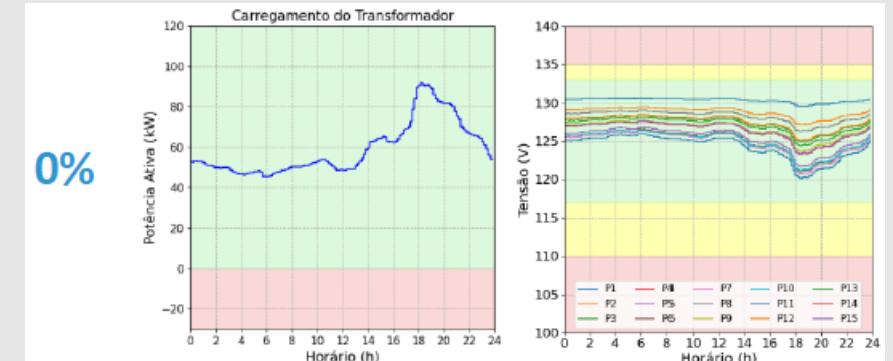


Fonte: FEELT/UFU

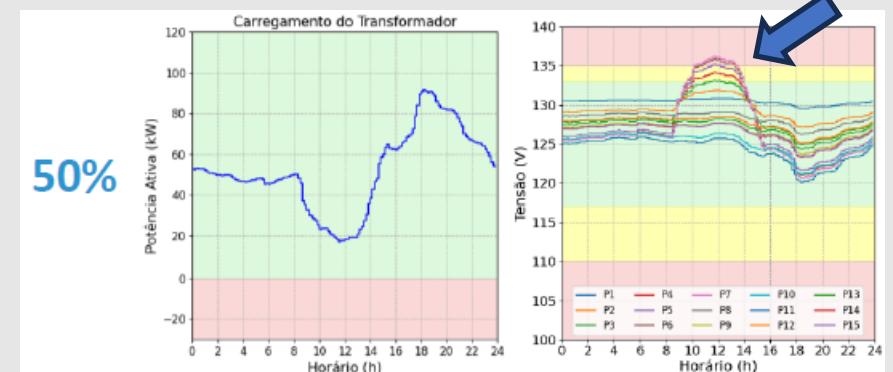
# Estudo FEELT/UFU



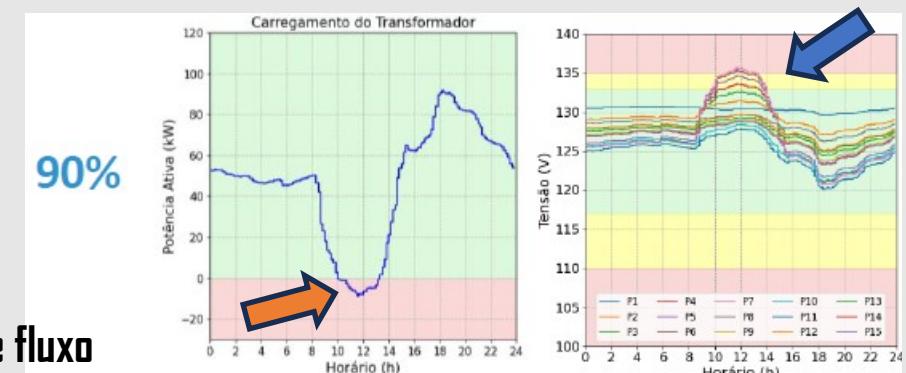
Penetração da MMGD



Problema de tensão



Problema de tensão

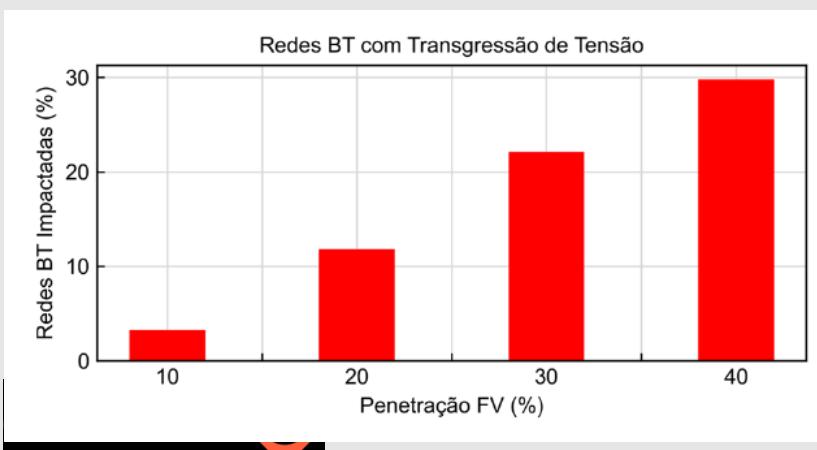
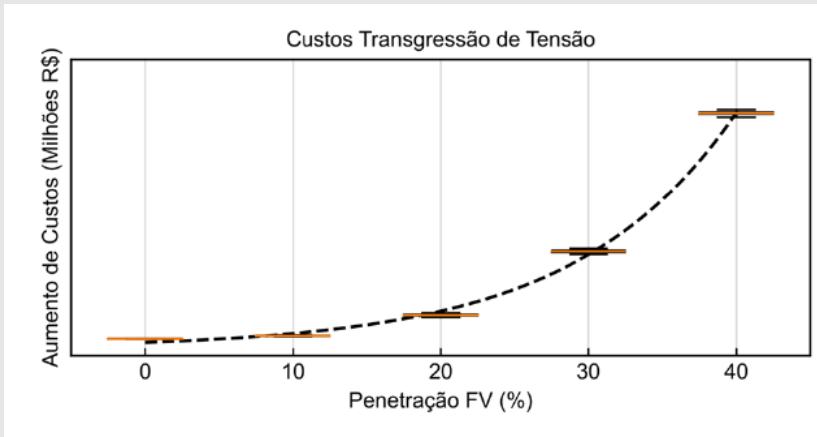


Inversão de fluxo

Fonte: FEELT/UFU

# Estudo UNICAMP

Estudo da Unicamp simulou mais de 10 bilhões de cálculos de fluxo de potência em mais de 100 mil redes, considerando 5 bilhões de dados medidos.



## Conclusões:

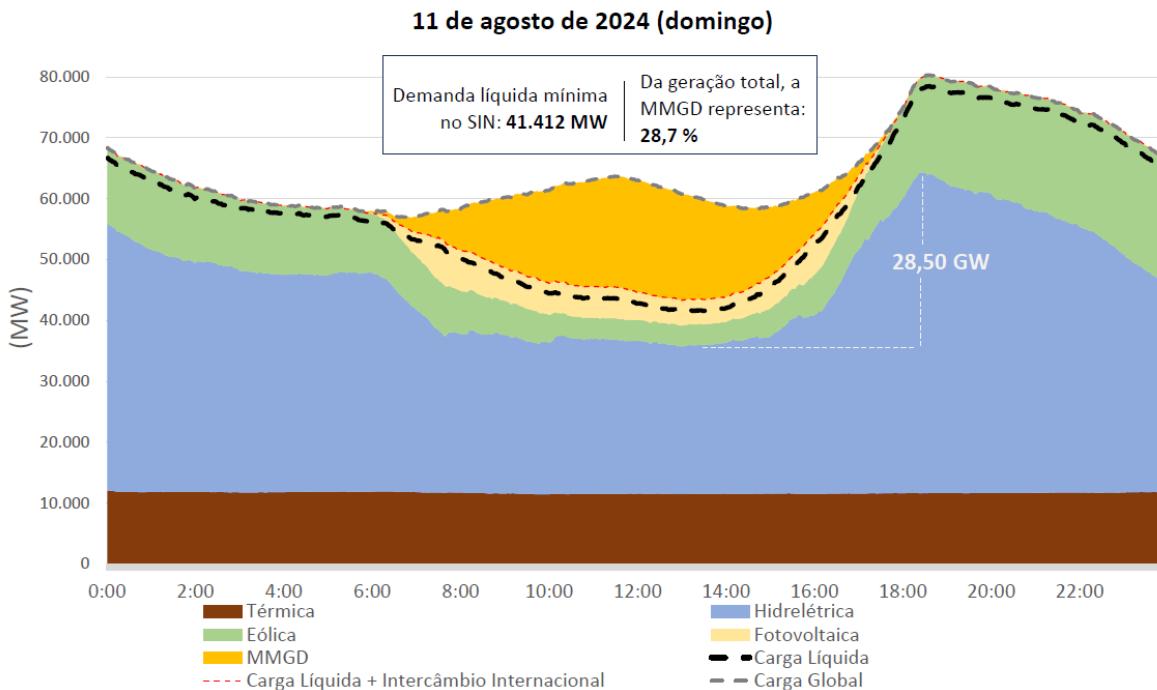
- Problemas de controle de tensão
- Sobrecarga em condutores e transformadores
- Desbalanceamento de fases

# Efeitos não se restringem às redes de distribuição

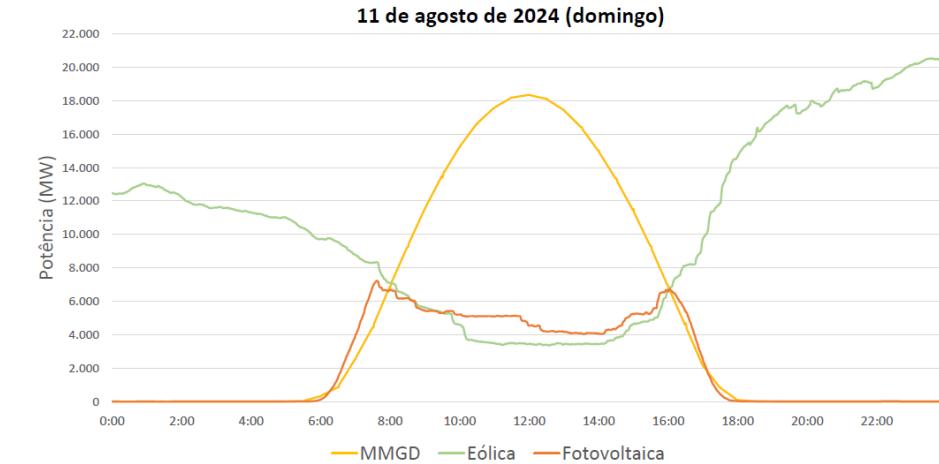
- Efeitos adversos na rede de transmissão e geração centralizada

- Gargalos e novos investimentos em LT e SE
- Curtailment energético

Curva Horária da Demanda Líquida Mínima Verificada no SIN - 2024



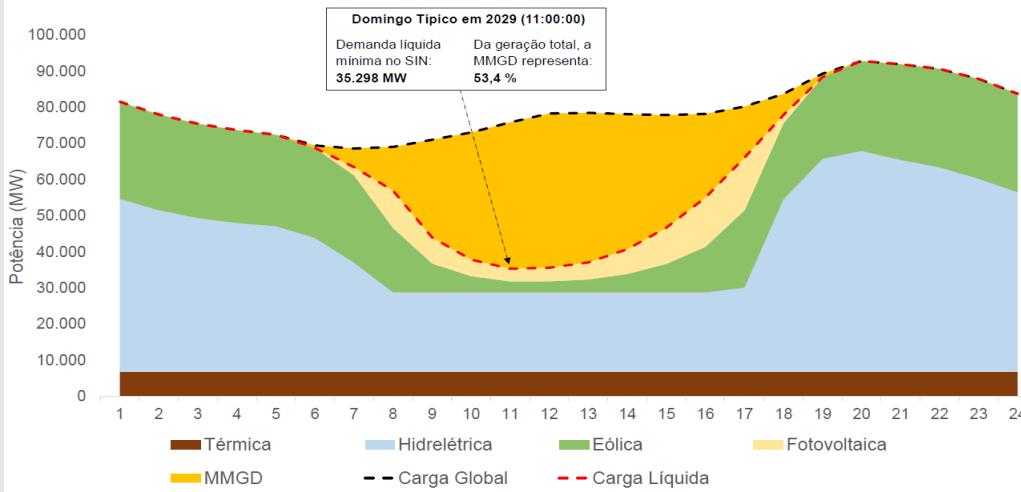
MODULAÇÃO DA GERAÇÃO EÓLICA E FOTOVOLTAICA VERIFICADA EM UM DOMINGO DE AGOSTO DE 2024



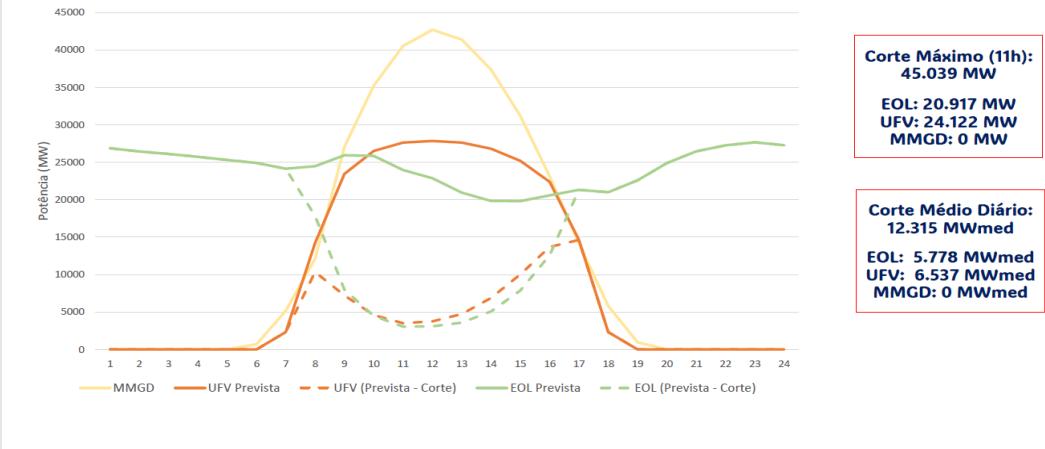
Neste dia, foi necessário cortar cerca de **4.600 MW de geração renovável** variável (EOL/UFV) **por razões energéticas**, devido à impossibilidade de acomodar a geração na demanda disponível. A MMGD atingiu seu valor máximo praticamente no mesmo instante em que ocorreu o máximo corte de geração centralizada.

# Curtailment – situação vai se agravar (ONS)

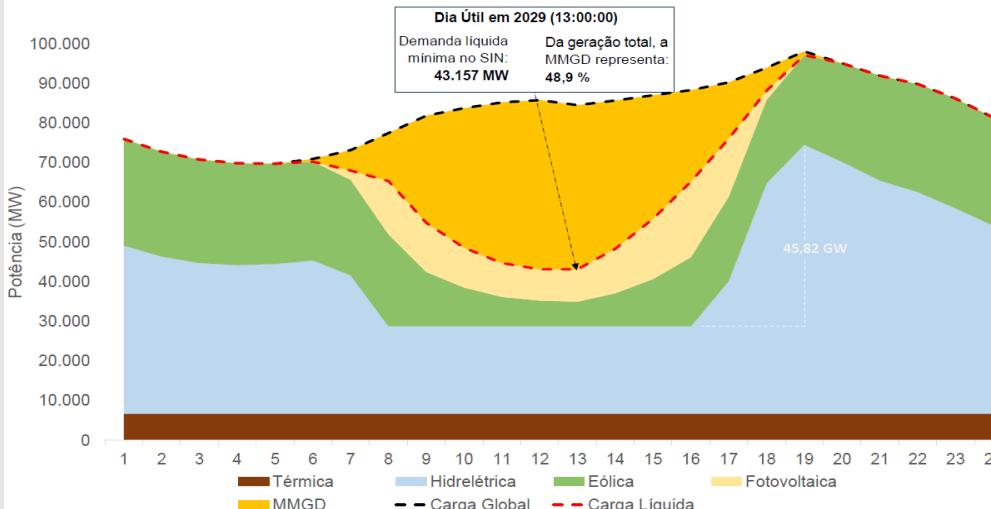
Curva Horária da Demanda Prevista para domingo típico do SIN em 2029



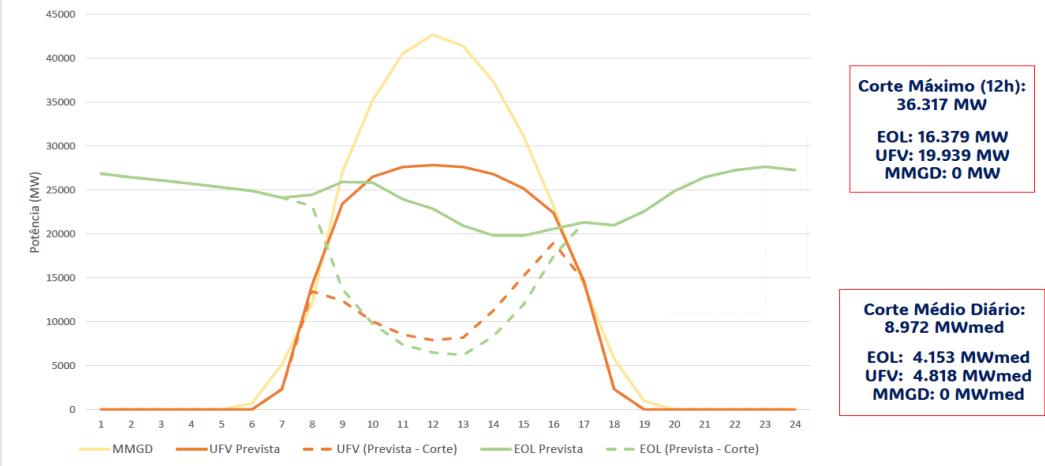
Modulação da geração eólica e fotovoltaica em domingo típico de 2029 (dados do PAR/PEL 2025)



Curva Horária da Demanda Prevista para dia útil típico do SIN em 2029



Modulação da geração eólica e fotovoltaica em um dia útil típico de 2029 (dados do PAR/PEL 2025)



# Estudo EPE

Estudo de caso conduzido pela EPE avaliou os custos de investimentos em Transmissão exigidos com e sem a MMGD

## Somente Carga:

Rede de distribuição importadora, atendimento ao mercado consumidor local;

## Com GD Existente:

Rede de distribuição exportadora, apenas a geração existente;

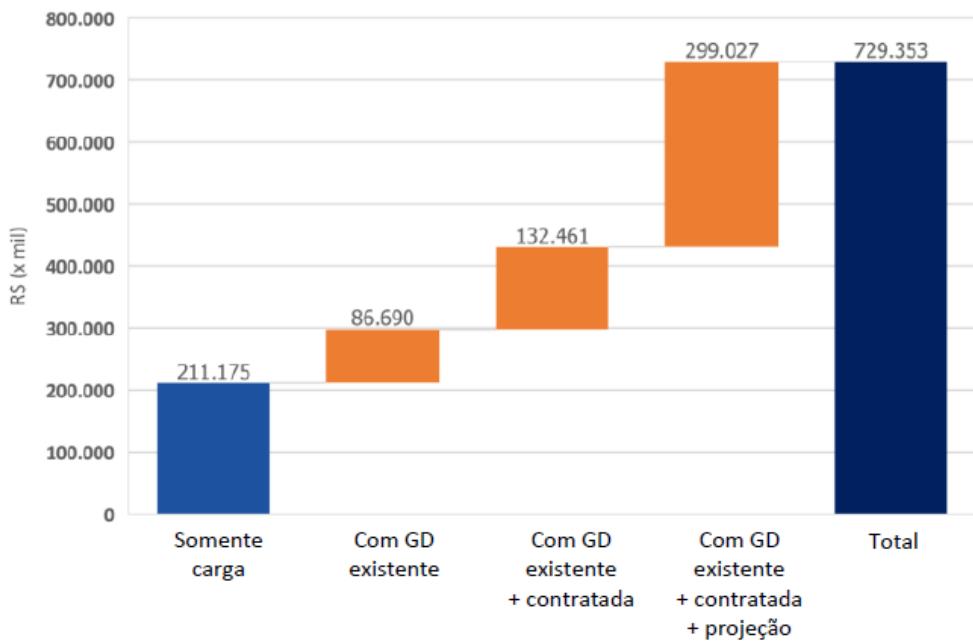
## Com GD Existente + Contratada:

Considerando a micro e minigeração distribuída já contratada;

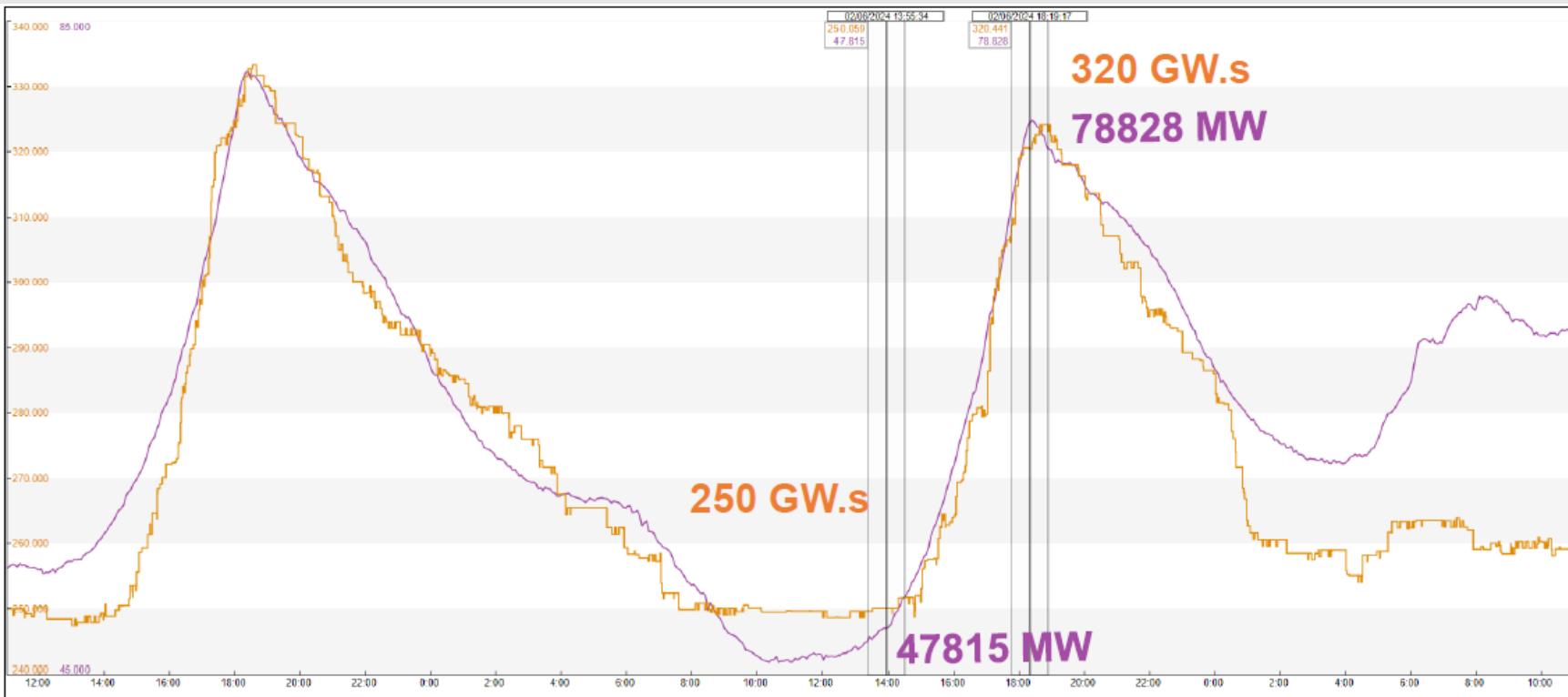
## Com GD Existente + Contratada + Projeção:

Considerando a micro e minigeração distribuída contratada + uma crescimento de 8,38% ao ano

## Custos das obras de transmissão com inserção da GD



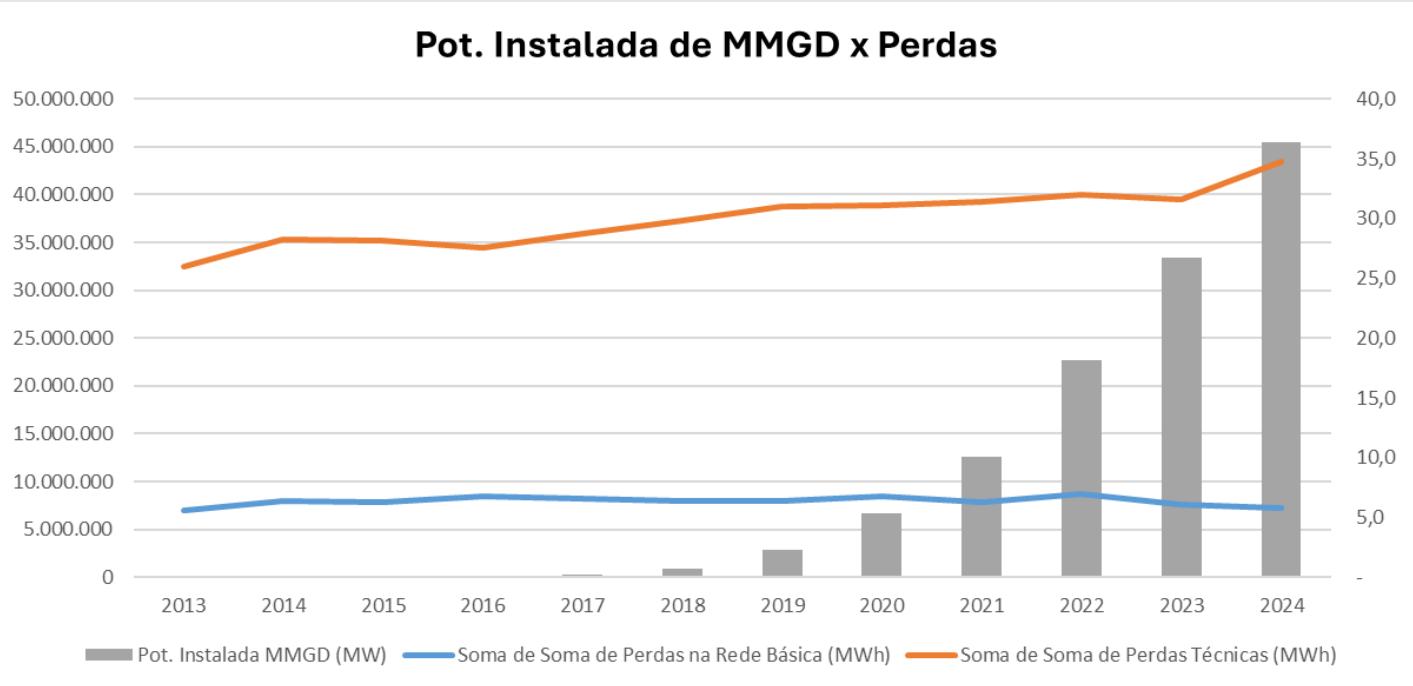
# Efeitos adversos na operação do sistema



Rampa de carga líquida de 31 GW em 4 horas (02/06/2024)

É como ligar o sistema elétrico inteiro da Espanha  
na rede brasileira

# Mas e os efeitos positivos sobre perdas?

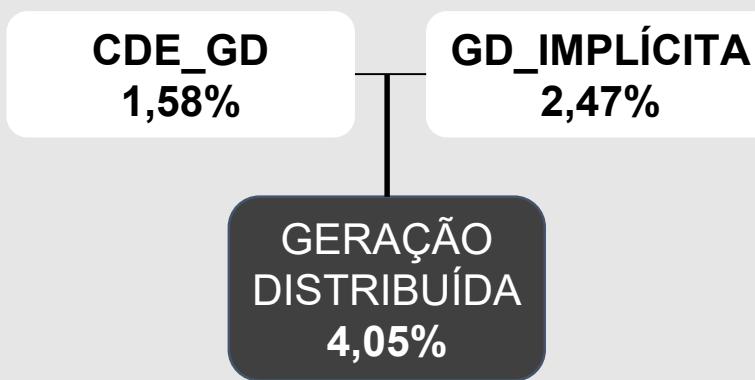


- **Expansão da MMGD não teve impacto nas perdas na Rede Básica**
  - Perdas RB 2013: 7.027.357 MWh
  - Perdas RB 2024: 7.287.149 MWh
- **Perdas Técnicas na Distribuição cresceram**
  - Perdas Técnicas 2013: 32.439.703 MWh
  - Perdas Técnicas 2024: 43.470.261 MWh

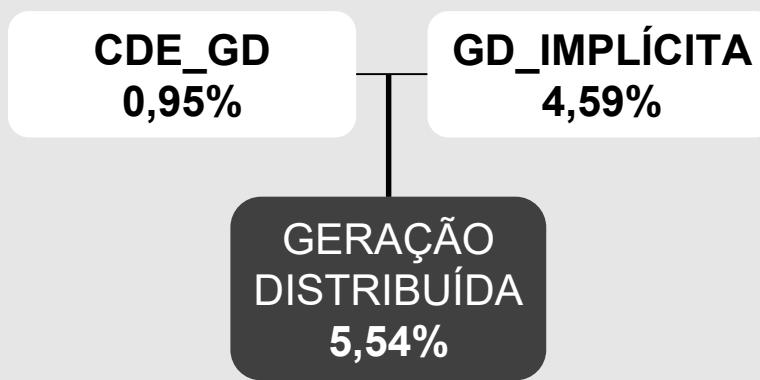


# Custo dos subsídios mmgd aos consumidores – por região

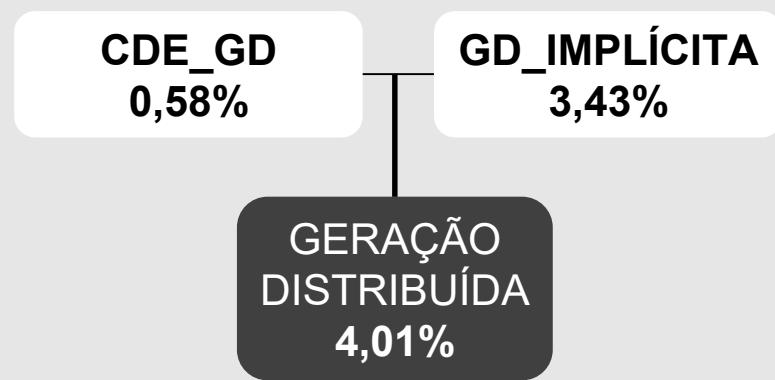
## Impacto MMGD na tarifa – B1 Brasil



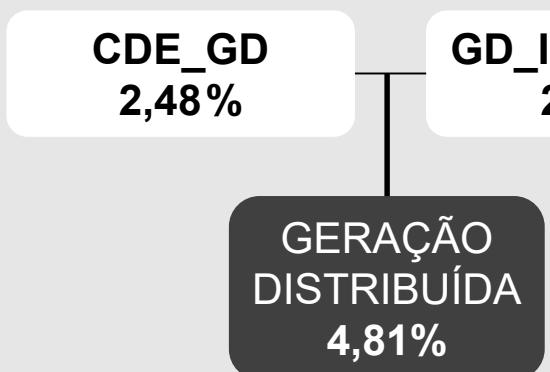
## Impacto MMGD na tarifa – B1 Centro Oeste



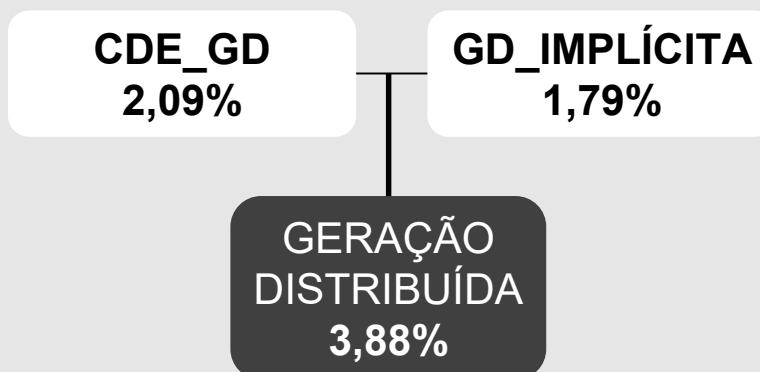
## Impacto MMGD na tarifa – B1 Nordeste



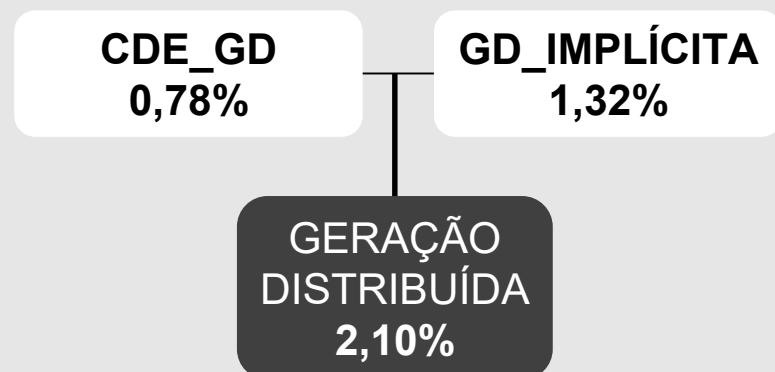
## Impacto MMGD na tarifa – B1 Sul



## Impacto MMGD na tarifa – B1 Sudeste

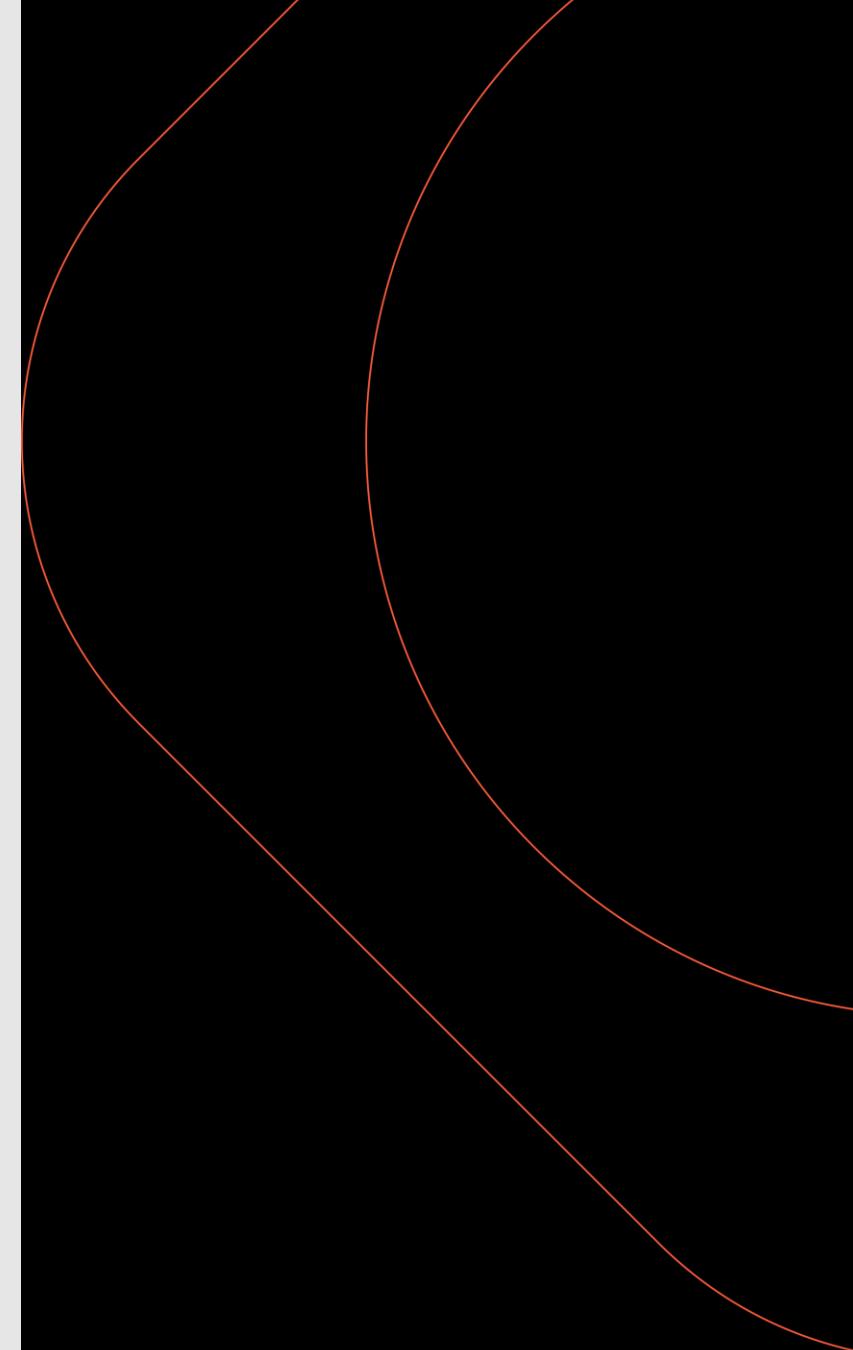


## Impacto MMGD na tarifa – B1 Norte



# Conclusões

Temas	Resumo
<b>Inversão de fluxo</b>	É uma realidade que provoca problemas elétricos significativos que exigem elevados custos para sua mitigação
<b>Geração</b>	Expansão da MMGD por meio de sistemas sem controlabilidade e despachabilidade provocam cortes de geração centralizada
<b>Transmissão</b>	Expansão desordenada da MMGD provoca gargalos sistêmicos. Solução depende de elevados investimentos que se traduzem em aumento de tarifas
<b>Distribuição</b>	Além dos problemas provocados pela inversão de fluxo, outros efeitos adversos de cunho elétrico e energético se revertem em aumentos tarifários
<b>Perdas Técnicas e Rede Básica</b>	Séries históricas não demonstram efeitos positivos da MMGD. Análise precisa ser aprofundada considerando aspectos locacionais





**abradee**®

Associação Brasileira de Distribuidores  
de Energia Elétrica



abradee.org.br  
canalabradee  
abradee.oficial  
abradee  
abradee