



Projeto P&D: Modernização das Tarifas de Distribuição de Energia Elétrica

Subprojeto 2: Metodologias de Desenho de Tarifa Fio – Tarifas Multipartes

ESTRUTURA DO PROJETO

O projeto está estruturado em 3 subprojetos sequenciais, inter-relacionados entre si:

Subprojeto 1: Visão Estratégica Setorial



Abordagem estratégica, avaliando a visão de negócio do setor de distribuição frente aos desafios que se colocam perante as distribuidoras no futuro próximo

Subprojeto 2: Metodologias de desenho da tarifa fio



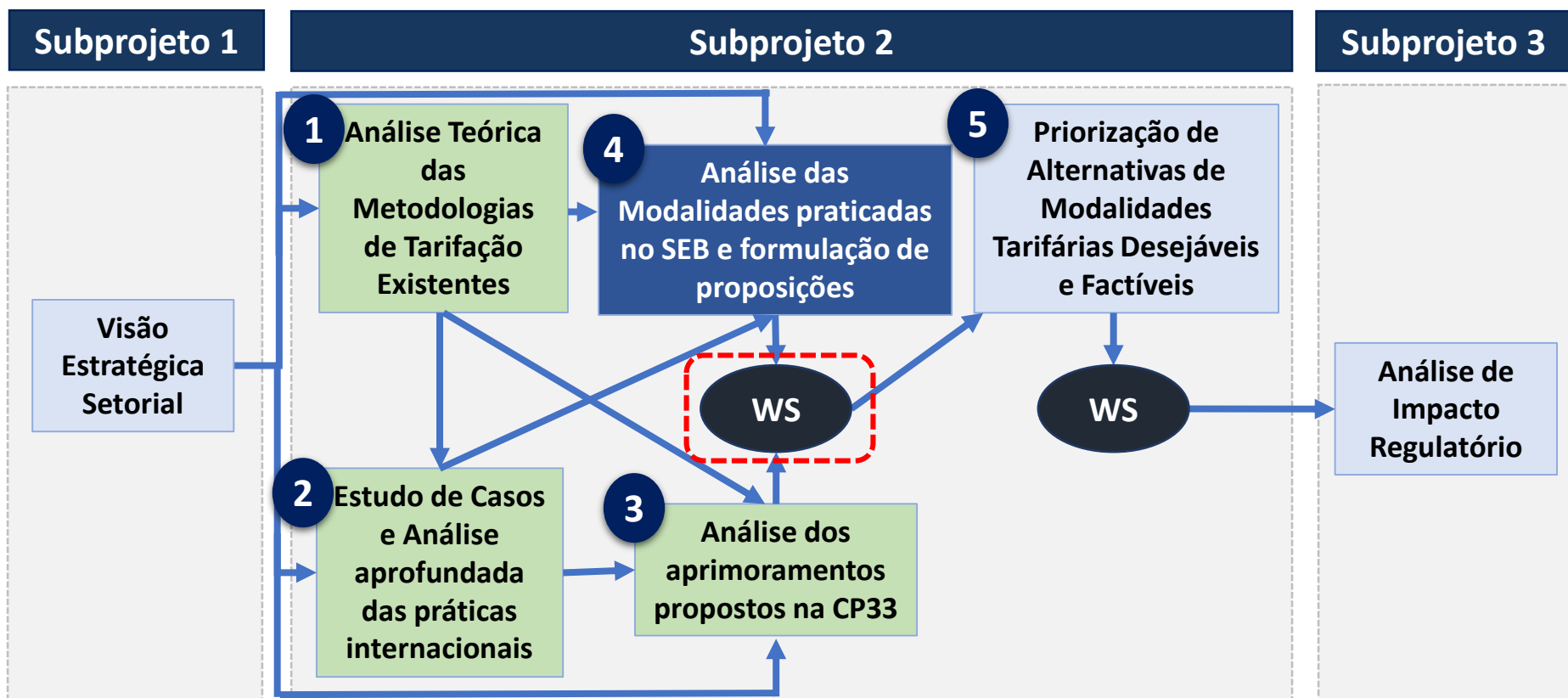
- Avaliar metodologias de tarifação existentes para proposição de novas modalidades tarifárias para o SEB
- Trazer recomendações práticas, com o plano de implementação detalhado da metodologia de tarifas proposta

Subprojeto 3: Avaliação de Impacto



Utilizar ferramentas de Análise de Impacto Regulatório para avaliar e medir os custos e benefícios das propostas estabelecidas no Subprojeto 2

METODOLOGIA E PONTOS DE CONTATO ENTRE OS SUBPROJETOS



AGENDA

1. Contexto Setorial

2. Metodologia e Premissas

3. Simulações e Resultados

4. Conclusões



AGENDA

1. Contexto Setorial

2. Metodologia e Premissas

3. Simulações e Resultados

4. Conclusões



TRANSFORMAÇÃO DO SETOR

Principais vetores de transformação do setor

Oferta Descentralizada e Ambientalmente Sustentável:

- GD/Painéis Solares/Eólica
- Energização das Frotas

Nova Geração de utensílios:

- Domótica
- Maior eficiência energética

Inovação em Tecnologia e Processos:

- Evolução em armazenamento/ carros elétricos
- Modelos de negócios inovadores

Digitalização e Conectividade:

- *Smart Meters*: maior comunicação entre clientes/concessionária
- Tarifas mais aderentes aos custos

Consequências

Mercado (kWh) e na demanda de pico (kW)

Adoção de tarifas mais granulares no tempo

Necessidade de sinais locais na distribuição

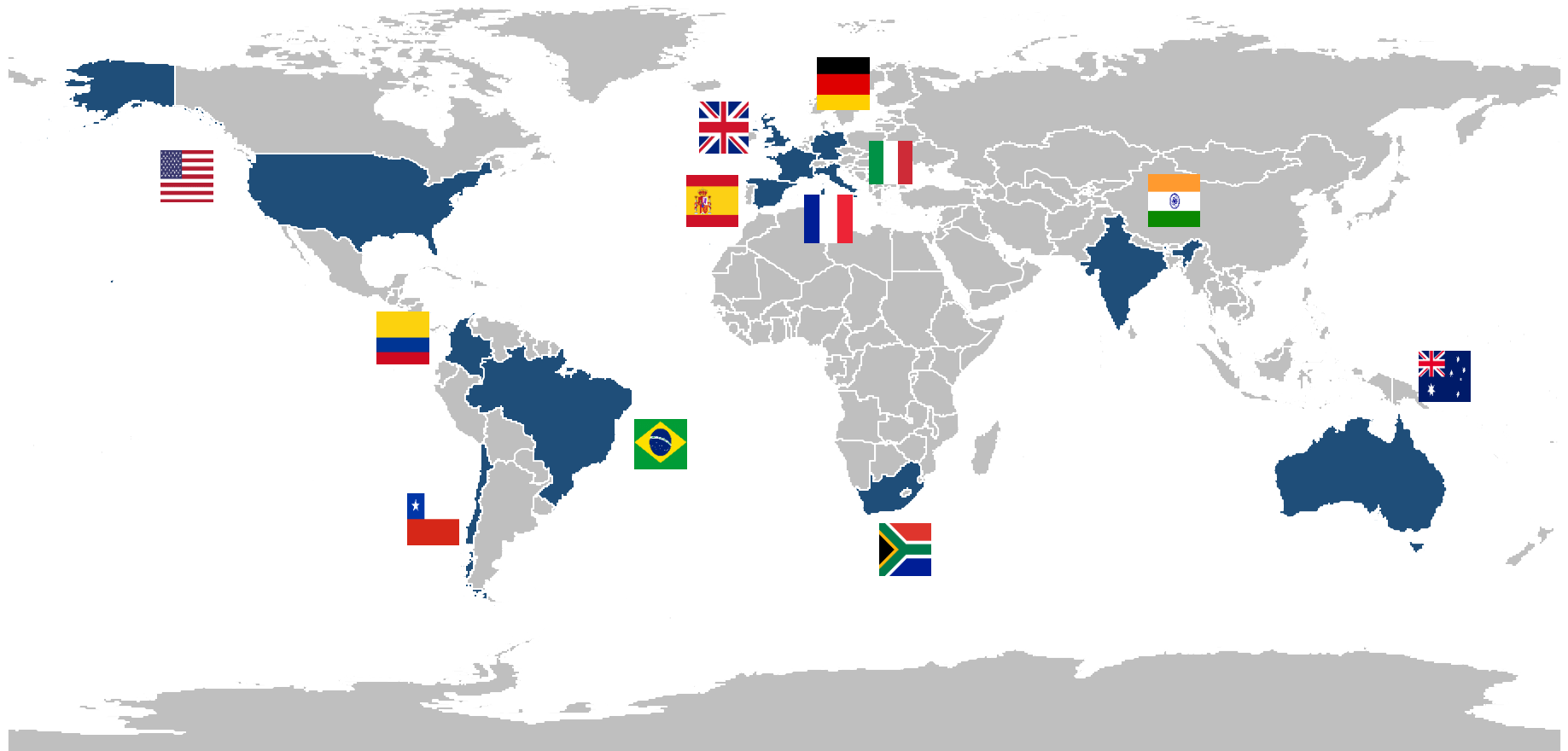
Risco de desconexão dos clientes

Desequilíbrio na repartição de custos entre consumidores

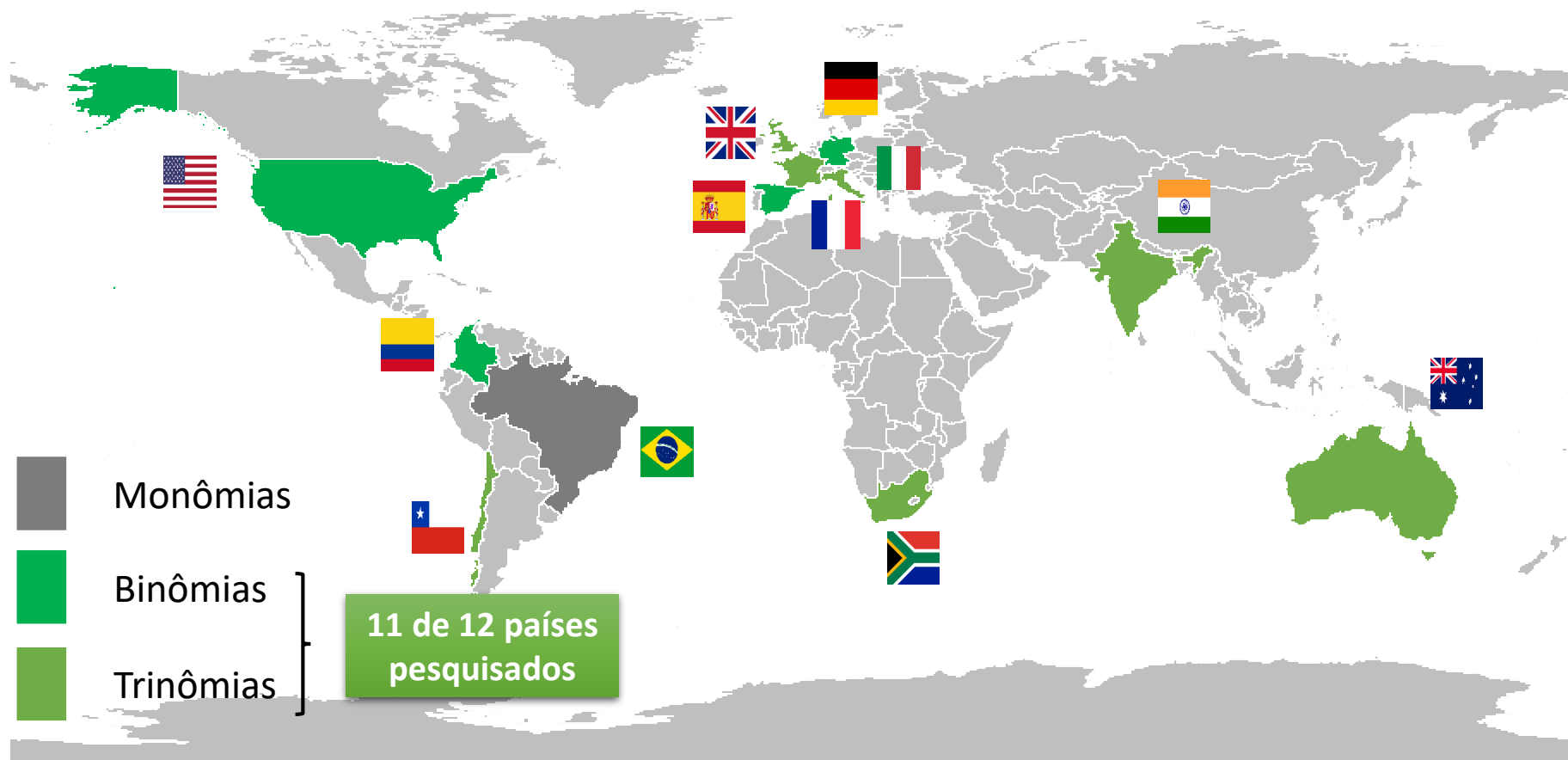
Mudanças nos CMLP e nas elasticidades

Redesenho das Tarifas

PRÁTICA INTERNACIONAL



PRÁTICA INTERNACIONAL NA BAIXA TENSÃO (BT): Tarifas Multipartes



Composições Típicas na Baixa Tensão:

- **Tarifas binômias**, com componentes fixa e volumétrica de energia.
- **Tarifas trinômias**, com componentes fixa, volumétrica de energia e de demanda.

PRÁTICA INTERNACIONAL NA BAIXA TENSÃO (BT): Tarifas Horárias (*Time-of-Use* ou ToU)



TARIFAS MULTIPARTES E HORÁRIAS

VANTAGENS

- **Tarifas multipartes** refletem custos do sistema com maior precisão:
 - **Demanda:** custos de atendimento na ponta
 - **Energia:** custos com energia e perdas
 - **Fixa:** custos comerciais
- **Tarifas horárias** sinalizam escassez de capacidade no pico e incentivam a migração do consumo para fora do pico.
- **Juntas, incentivam o uso eficiente do sistema.**

DESVANTAGENS

- Necessitam do uso de **medidores mais avançados** dos que os usados no cálculo da tarifa convencional monômnia.
- Aumentam a **complexidade do cálculo da fatura vis-à-vis** a opção convencional monômnia.
- **Componentes de demanda e fixos mal calibrados podem onerar os baixos consumos.**



AGENDA

1. Contexto Setorial

2. Metodologia e Premissas

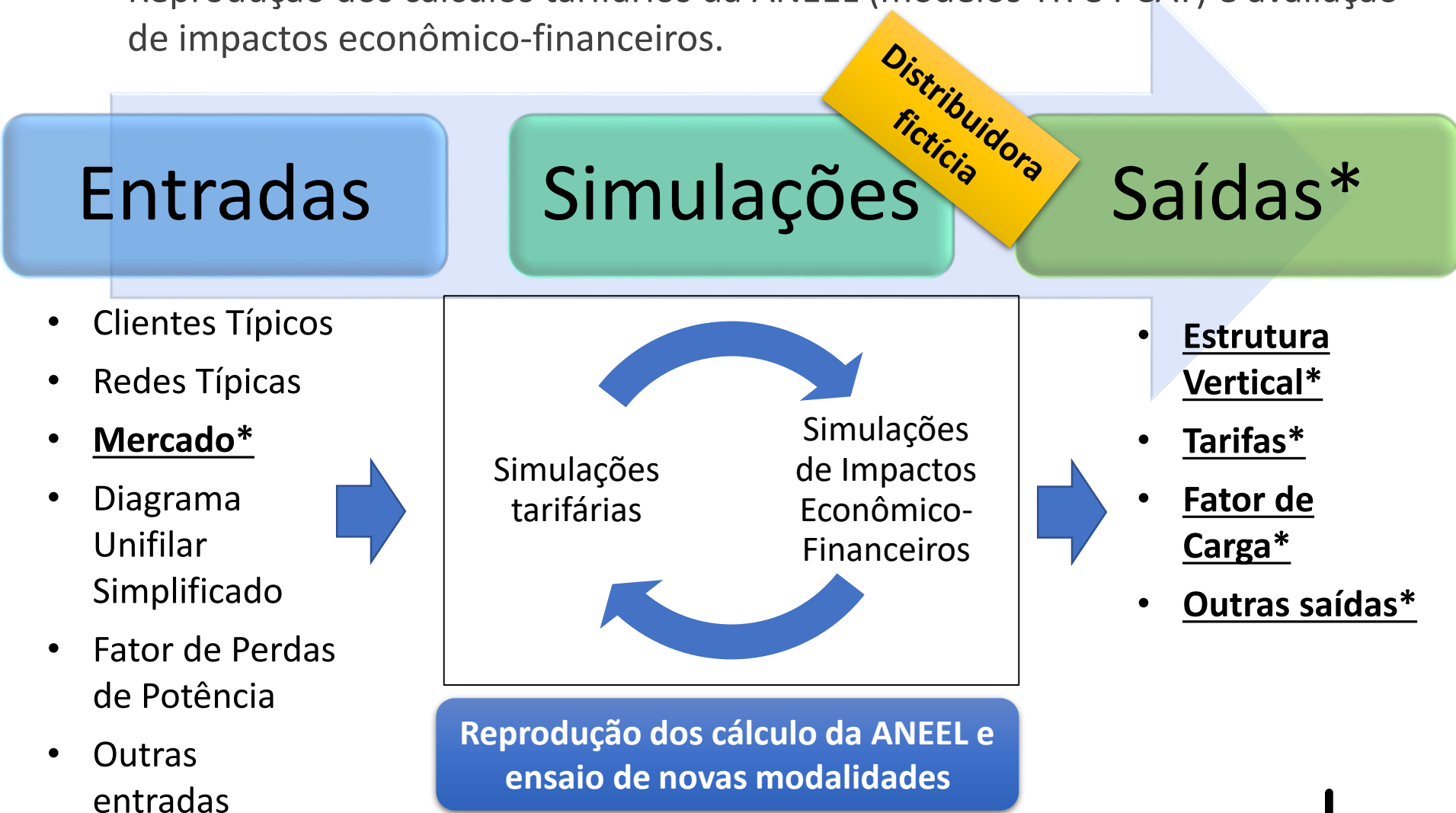
3. Simulações e Resultados

4. Conclusões



METODOLOGIA: VISÃO GERAL

- Reprodução dos cálculos tarifários da ANEEL (modelos TR e PCAT) e avaliação de impactos econômico-financeiros.



Entradas

- Clientes Típicos
- Redes Típicas
- **Mercado***
- Diagrama Unifilar Simplificado
- Fator de Perdas de Potência
- Outras entradas

Simulações

Distribuidora fictícia

Simulações tarifárias

Simulações de Impactos Econômico-Financeiros

Reprodução dos cálculo da ANEEL e ensaio de novas modalidades

Saídas*




- **Estrutura Vertical***
- **Tarifas***
- **Fator de Carga***
- **Outras saídas***

* Cenários estocásticos de difusão de RED e saídas como distribuições de probabilidade



METODOLOGIA: ENTRADAS DO MODELO E PREMISSAS

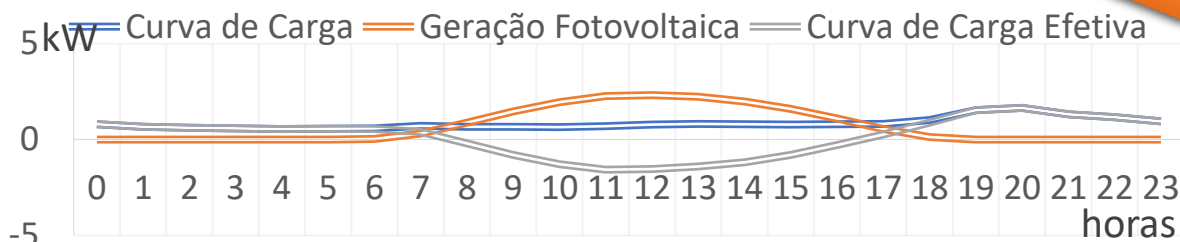
- **Cientes típicos, redes típicas e diagrama unifilar simplificado:** segue metodologia definida pela ANEEL para cálculo da Tarifa de Referência
- **Curvas típicas para consumidores que adotaram Recursos Energéticos Distribuídos (REDs):** consideram o uso de 1 ou mais RED por um mesmo cliente.

	Geração Distribuída (GD) 	Veículos Elétricos (VE) 	Armazenamento Distribuído (AD) 
Residencial	✓	✓	✓
Comercial	✓		✓

METODOLOGIA: ENTRADAS DO MODELO E PREMISSAS

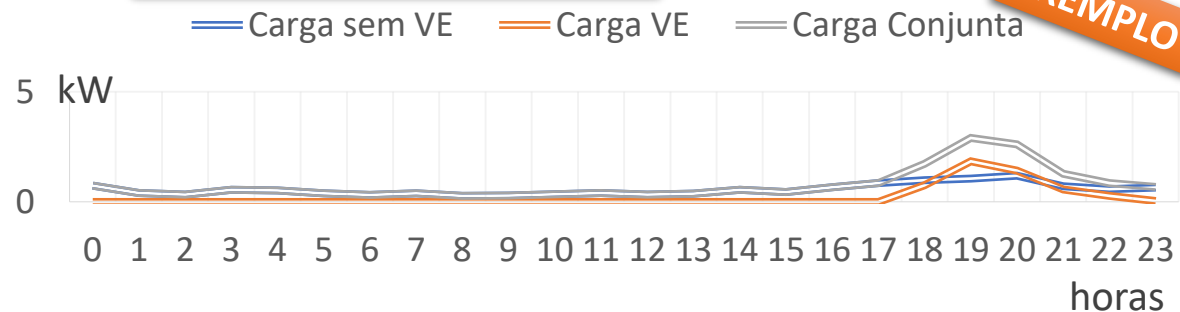
- **Curvas de carga de clientes típicos:**

Geração Distribuída



EXEMPLO

Veículos Elétricos



EXEMPLO

- Dados de radiação da concessão associados a sistemas GD típicos.
- Construídas curvas típicas para consumidores residenciais e comerciais.
- Curvas respeitam a proporção de veículos elétricos puros e híbridos.
- O carregamento do VE é residencial e seu horário de início entre 17h e 18h.

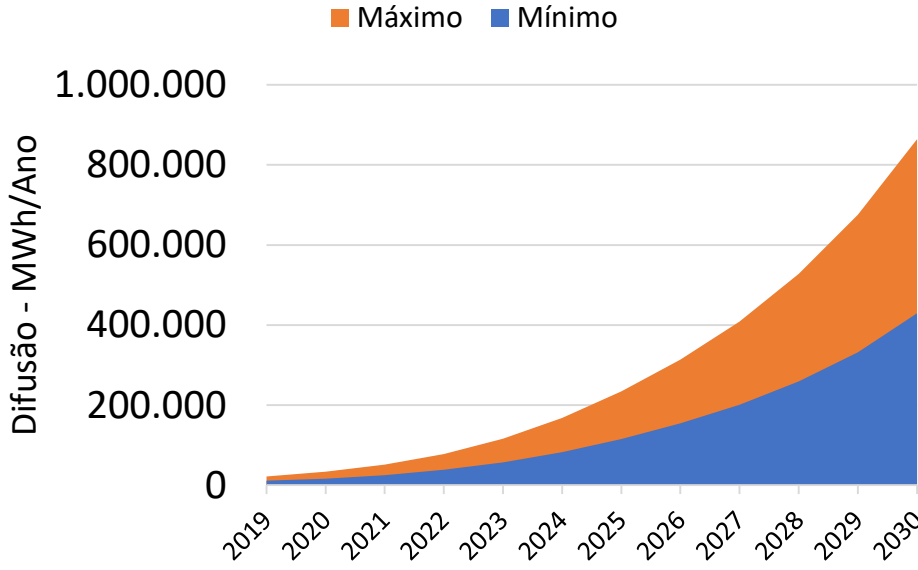
Fonte: Elaboração Própria

Armazenamento Distribuído

- Apenas clientes com GD possuem AD
- Capacidade do Armazenamento Distribuído suficiente para zerar o consumo no horários de ponta.

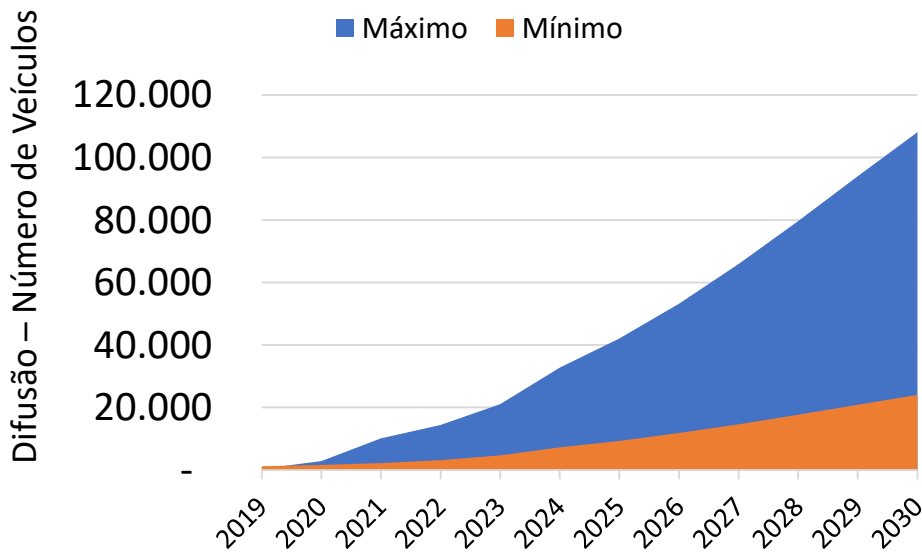
METODOLOGIA: CENÁRIOS DE REFERÊNCIA DE DIFUSÃO

Cenários Otimista e Pessimista de Difusão da GD - SP



- Cenários máximo e mínimo para o estado de São Paulo baseados em projeto do GESEL com a ECOSUD.

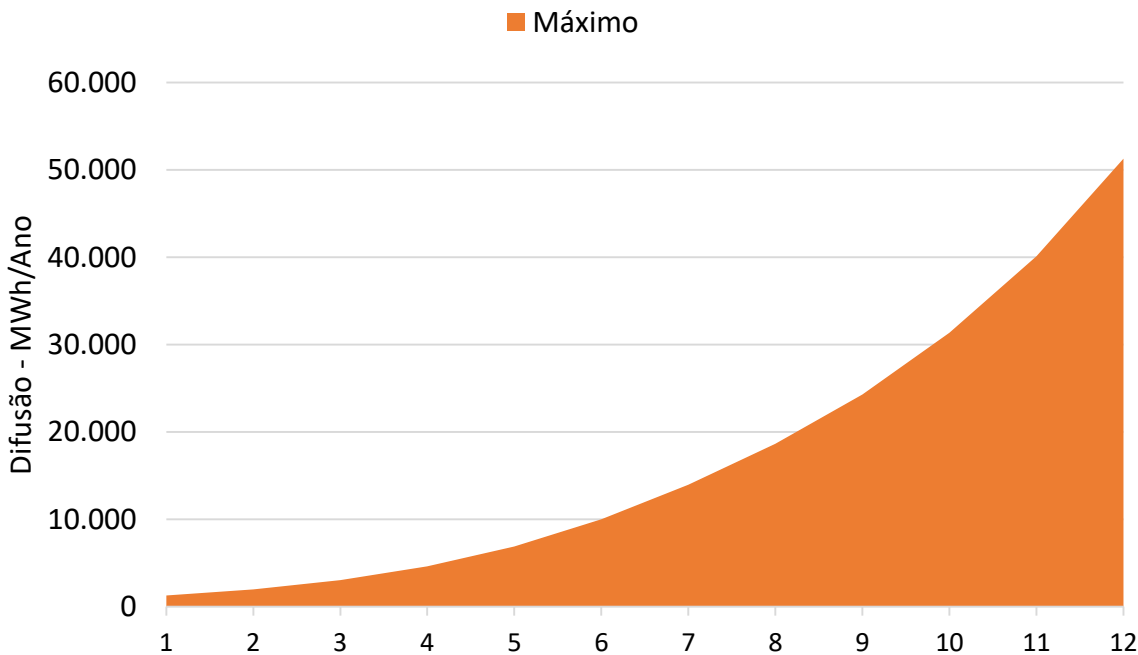
Cenários de Difusão de VE - Máximo e Mínimo



- Cenário de máximo baseado em Mariotto et. al. (2018), ajustado para 50%.
- Cenário de mínimo estimado com base em dados de projeção da EPE para 2026, que estima 360 mil VE a nível nacional.

METODOLOGIA: CENÁRIOS DE REFERÊNCIA DE DIFUSÃO

Cenários Otimista e Pessimista de Difusão da AD - SP



- O cenário de difusão do armazenamento distribuído depende da difusão da GD. No cenário de mínimo não há difusão. Cerca de 50% dos cenários não tem difusão. No cenário de máximo, o AD atinge 1% do consumo da BT em 2030.

METODOLOGIA: ENTRADAS DO MODELO E PREMISSAS

- Tarifas simuladas segundo **cenários estocásticos**, envolvendo a **difusão simultânea de todos os RED** (GD, VE e AD): 10 mil cenários por estrutura tarifária.

GD (Geração Distribuída)

- Distribuição Normal com base em parâmetros obtidos do projeto ECOSUD (2019).
- Média: 645,8 MWh/ano de GD.
- Desvio padrão: de 71,7 MWh/ano de GD.

VE (Veículos Elétricos)

- Distribuição Normal: 99,9% das difusões simuladas entre um cenário otimista (correspondente à metade de MARIOTTO et. al, 2017) e um pessimista (EPE, 2018).
- Média: 57.936 VE em 2030.
- Desvio padrão: de 6.438 VE.

AD (Armazen. Distribuído)

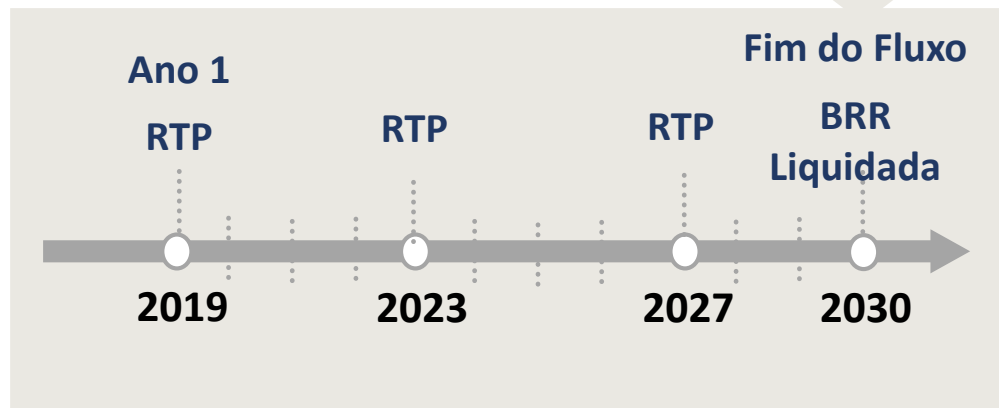
- Para os cenários abaixo da média da distribuição da GD: sem difusão
 - Para os cenários acima da média da distribuição da GD: entre 0% (na média da GD) e 1%* (no extremo da distribuição da GD) do consumo das UCs de BT.
- * Corresponde à meta de difusão da Califórnia para 2020.

METODOLOGIA: ENTRADAS DO MODELO E PREMISAS

- **Modelo Econômico-Financeiro:**

 Fluxo de Caixa Livre da Firma → 2019 a 2030

 Cronologia regulatória



Taxa de desconto do fluxo corresponde ao WACC regulatório.

Tarifas ajustadas nas RTPs e IRTs.

Parcela A:

- Energia requerida cresce com o mercado.
- Percentuais de perdas mantidos constantes.
- Pmix, Encargos Setoriais e Transporte evoluem com inflação.

Parcela B:

- BRR evolui com investimentos e cresc. de consumidores.
- Custos Operacionais: evoluem com cresc. de mercado e consumidores. Custos reais iguais aos regulatórios.

AGENDA

1. Contexto Setorial

2. Metodologia e Premissas

3. Simulações e Resultados

4. Conclusões



SIMULAÇÕES REALIZADAS: MONÔMIAS E MULTIPARTES

- Três possibilidades simuladas.

Monômias

- Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e de Energia (TE) na BT **cobradas em R\$/kWh**.
- **Tarifas não variam** ao longo do dia¹.

Binômias com 2 postos tarifários

- TUSD Fio A e Fio B **cobradas em R\$/kW²**.
- TUSD Perdas e Encargos e TE **cobradas em R\$/kWh²**.
- **Dois postos** aplicados à TUSD Demanda: P1 (ponta) e P2 (fora-ponta)

Trinômias com 2 postos tarifários

- Idêntica à binômia, porém com **Custos Comerciais** da TUSD Fio B tarifados como uma **parcela fixa em R\$ / consumidor / mês**.
- Corresponde à Alternativa 2 proposta pela ANEEL na AP nº 59/2018.

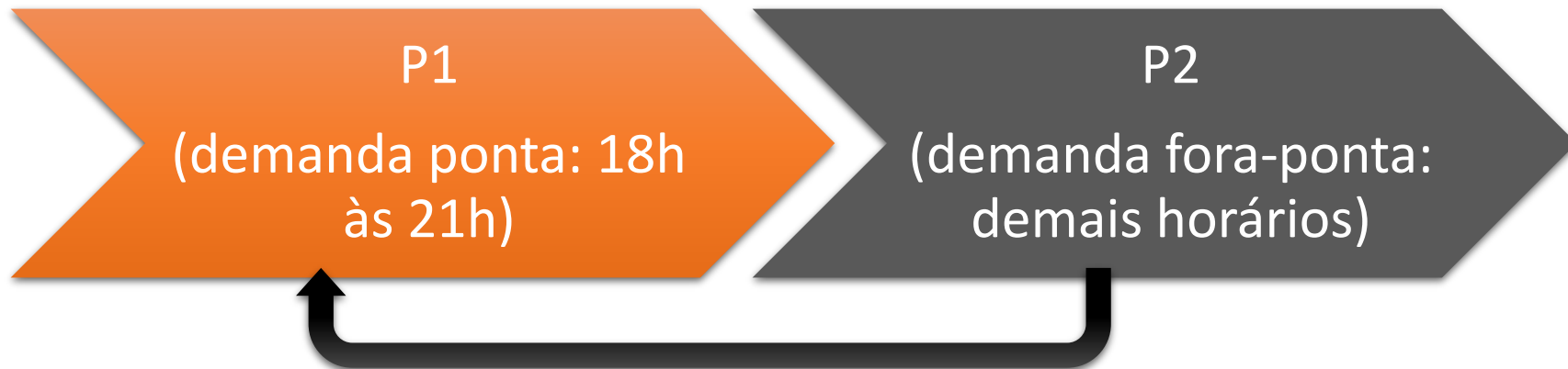
¹ Exceto Tarifas Brancas

² Tarifas Base Econômica

- Simulações consideram difusões simultâneas de todos os Recursos Energéticos Distribuídos

TARIFAS MULTIPARTES COM 2 POSTOS TARIFÁRIOS

- **TUSD Demanda (R\$/kW):** dois postos tarifários

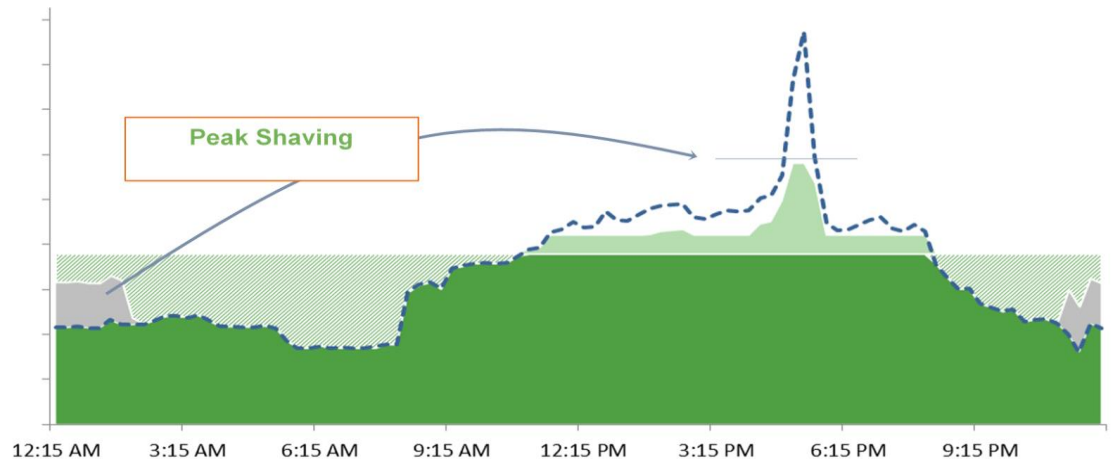


Relação P/FP¹: 7 para 1

- **TUSD Fio B Comercial:**
 - Nas Tarifas Binômias:** incorporada na TUSD Demanda (R\$/kW)
 - Nas Tarifas Trinômias:** cobrança fixa por mês (R\$/mês por UC).
- **TUSD Energia e TE (R\$/kWh):** um só posto tarifário.

TARIFAS MULTIPARTES COM 2 POSTOS TARIFÁRIOS

- Simulações consideram que consumidores reagem aos sinais tarifários.



- Consumidor pode reagir de duas maneiras:

Cliente reduz demanda máxima e a dilui ao longo do horário de ponta (em P1)

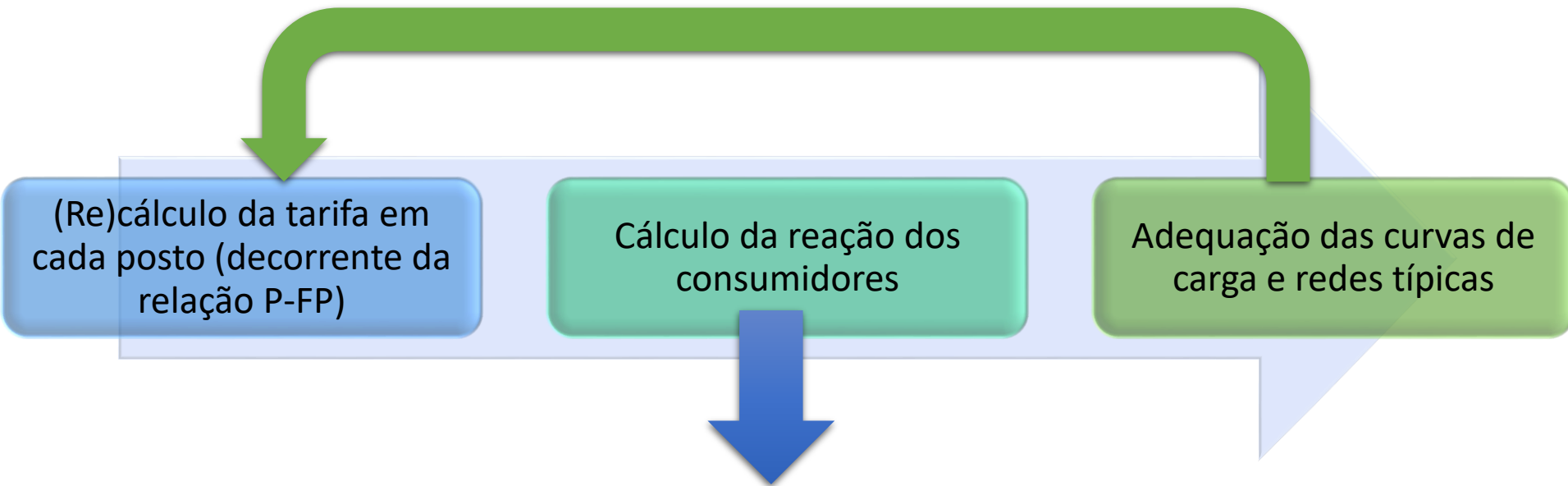


Cliente reduz demanda máxima e a dilui fora da ponta (em P2)

- A multipartes ideal é aquela que permite atingir o equilíbrio entre a reação do consumidor e os custos a ele atribuídos

TARIFAS MULTIPARTES COM 2 POSTOS TARIFÁRIOS

- Cálculo da reação através de método iterativo em 3 partes:



Método de Monte Carlo para a seguinte matriz de probabilidades:

Distribuidora espera a...









De fato ocorre a...

	Reação 1	Reação 2
Reação 1	25%	25%
Reação 2	25%	25%

SIMULAÇÕES TARIFÁRIAS

TARIFAS MONÔMIAS

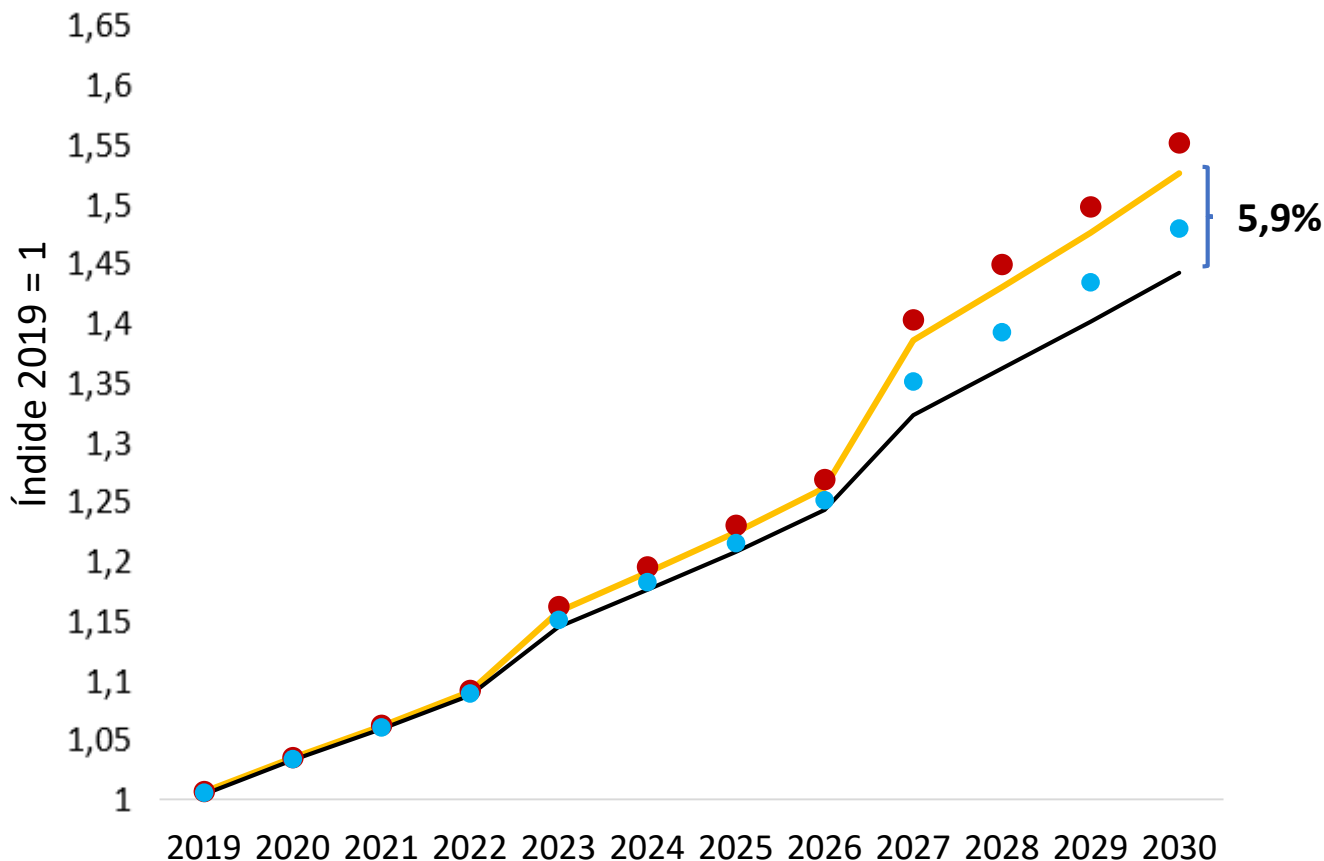
- Simulações do que ocorreria com as tarifas caso não houvesse mudança na estrutura tarifária
- Mostrados, para comparação, dois cenários:
 1. Sem difusão de Recursos Energéticos Distribuídos (RED); e
 2. Com diferentes graus de difusão dos RED, tratadas de maneira estocástica.

	Geração Distribuída (GD) 	Veículos Elétricos (VE) 	Armazenamento Distribuído (AD) 
Residencial			
Comercial			

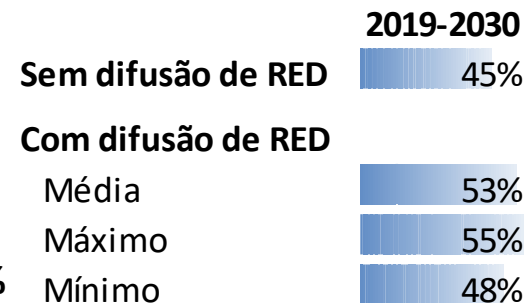
EVOLUÇÃO DA TUSD (R\$/MWh): 2019 a 2030

Evolução da TUSD - 2019 - 2030

— Média ● Max ● Min — Sem Difusão



Evolução das tarifas:



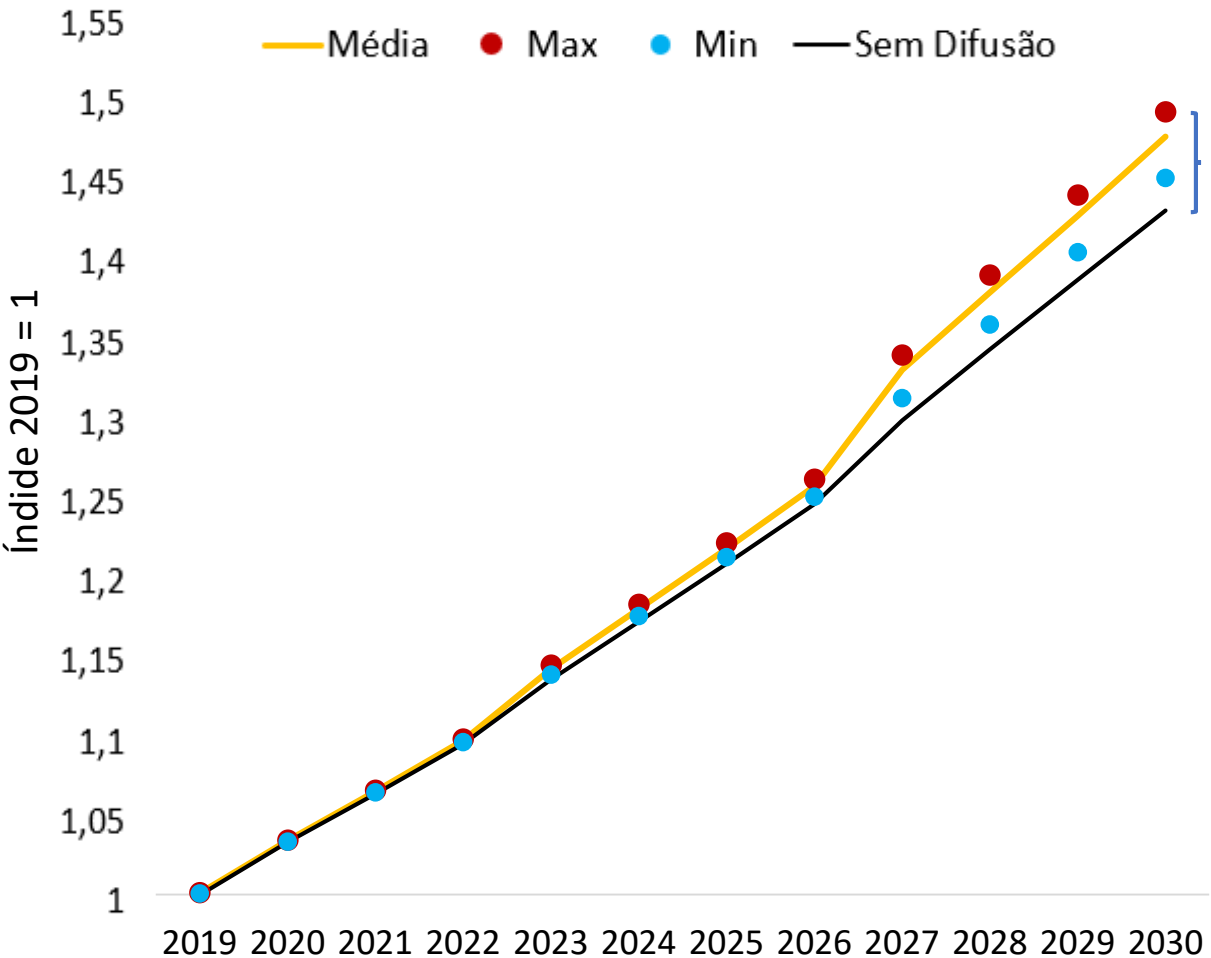
Relações entre tarifas simuladas:

	2019	2030
Máxima/Mínima	0,11%	4,94%
Desvio Padrão	0,04	2,35

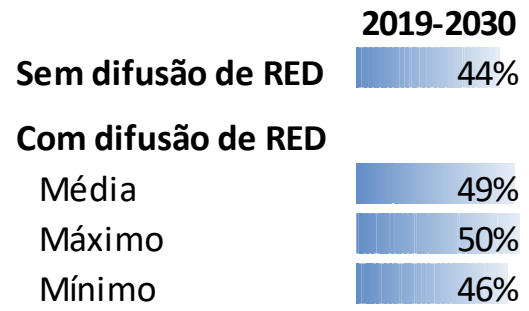
A difusão de RED, em particular da Geração Distribuída, tende a aumentar as tarifas até 2030.

EVOLUÇÃO DA TARIFA (TUSD + TE, R\$/MWh): 2019 a 2030

Evolução da Tarifa - 2019 - 2030



Evolução das tarifas:



Relações entre tarifas simuladas:

	2019	2030
Máxima/Mínima	0,06%	2,92%
Desvio Padrão	0,05	3,03

A difusão de RED, em particular da Geração Distribuída, tende a aumentar as tarifas até 2030.

TARIFAS MULTIPARTES (BINÔMIAS E TRINÔMIAS) COM 2 POSTOS TARIFÁRIOS

- Simulações do que ocorreria com as tarifas, as faturas, a Estrutura Vertical, e a Carga Agregada caso Tarifas Multipartes fossem aplicadas a partir de 2019.
- Consideram nas tarifas os investimentos da distribuidora com a instalação de equipamentos para medição de demanda na Baixa Tensão entre 2019 e 2030.
- Três cenários:
 1. Com tarifas binômias,
 2. Com trinômias;
 3. Com a estrutura tarifária atual (tarifas monômias), para comparação.
- Todos os cenários consideram diferentes graus de difusão de RED, tratados de maneira estocástica.

TARIFAS MULTIPARTES COM 2 POSTOS TARIFÁRIOS

PREMISSAS ADICIONAIS

- Preços dos medidores coletados junto às distribuidoras de energia elétrica

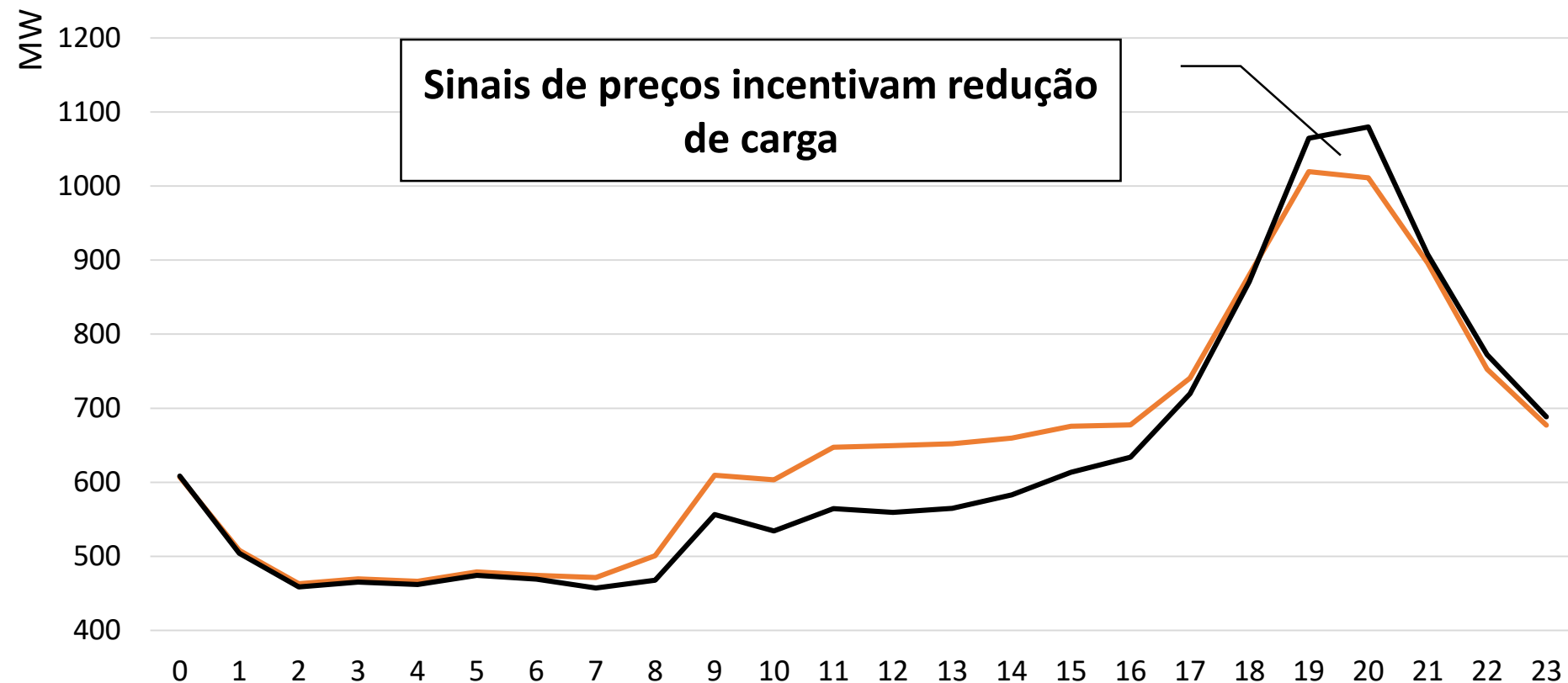
Medidor Eletrônico	
Monofásico	R\$ 156,95
Bifásico	R\$ 278,60
Trifásico	R\$ 317,07

- Vida útil média dos medidores antigos: 25 anos
- Hipóteses:
 - Idade do parque de medidores: distribuição uniforme em torno da média de 12,5 anos
 - A distribuidora prioriza a troca de medidores mais antigos
 - *Roll-out* dos medidores realizado em 12 anos.
 - Novos medidores têm vida útil menor. Mudança na QRR, contudo, é desprezível.

CARGA AGREGADA NA BT EM 2027, EM MW

Carga Agregada da BT - 2027

— Média - Binômica e Trinômica — Média - Atuais



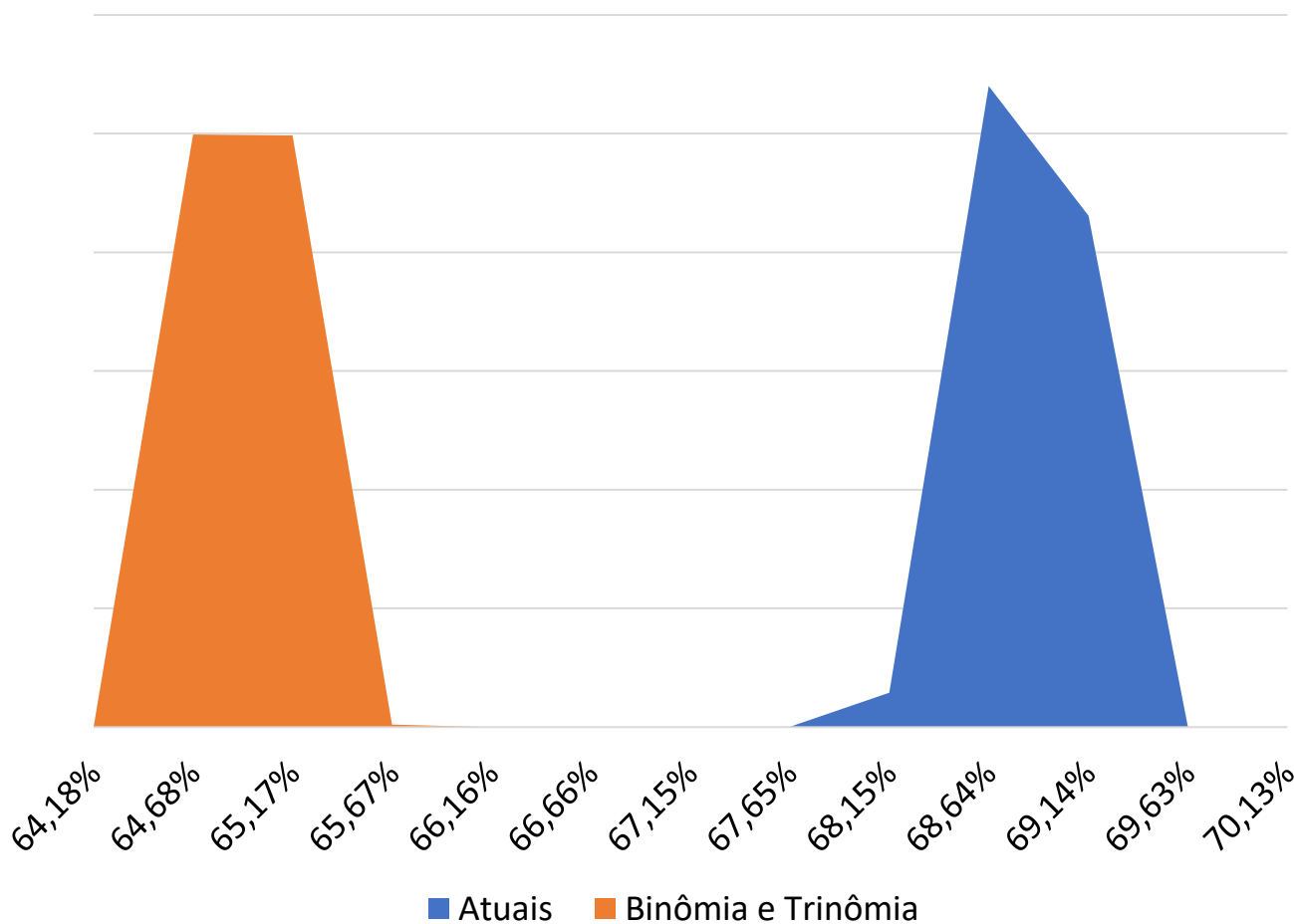
Sinais de preços incentivam redução de carga

- Investimentos postergados para atendimento à ponta: **R\$ 149 milhões***

* Valor Presente dos Investimentos Postergados

CENÁRIOS ESTOCÁSTICOS PARA ESTRUTURA VERTICAL¹

Estrutura Vertical (EV) - 2027 - Multipartes x Atuais



Atuais

Média	68,61%
Max	69,14%
Min	67,44%
Max / Min	2,51%
DP	0,21%

Binômica e Trinômica

Média	64,71%
Max	65,19%
Min	64,18%
Max / Min	1,58%
DP	0,37%

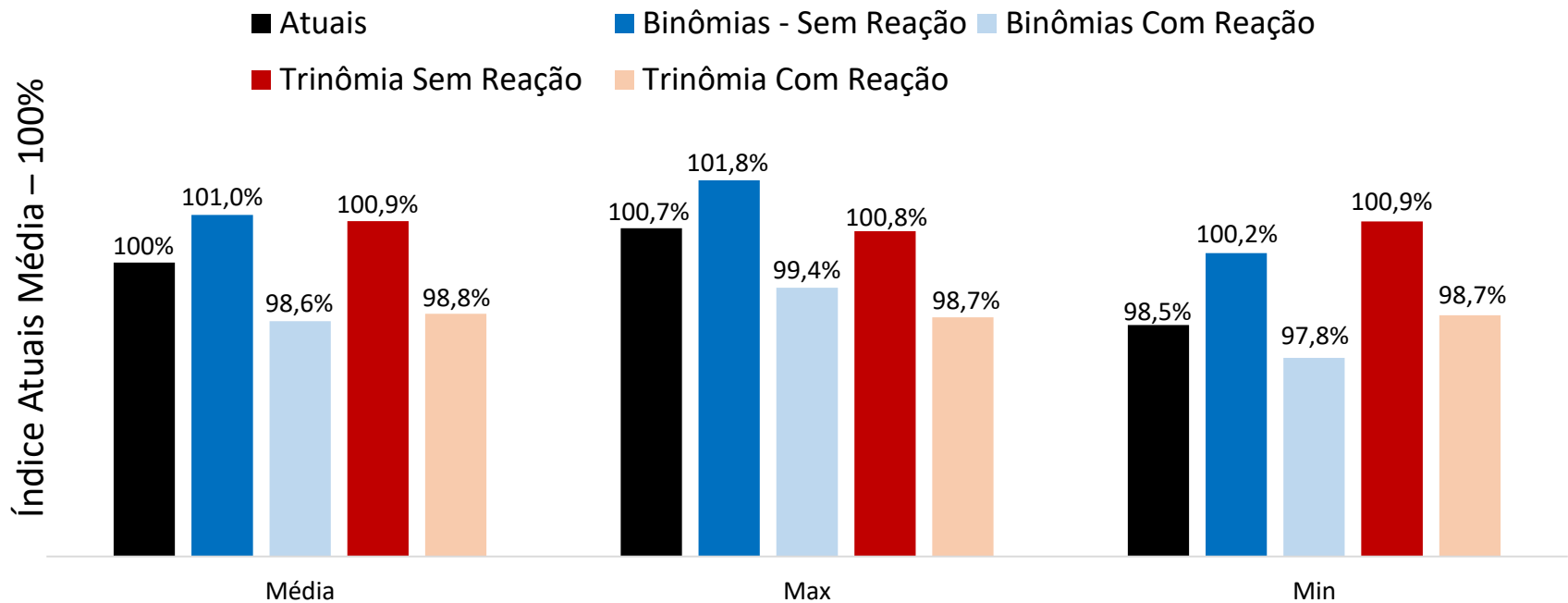
- **Tendência** da redução da EV da BT com a aplicação de tarifas multipartes
- **Contribui** para redução das tarifas

¹ Participação da Baixa Tensão

FATURAS E TARIFAS SIMULADAS EM 2030

- Comparação de valores simulados das Tarifas Multipartes (Binômias e Trinômias) com a Estrutura Tarifária Atual

Exemplo de cliente com consumo mensal de 200 kWh



- Incorporação dos investimentos em novos medidores contribui para que queda nas tarifas não seja maior.
- Incerteza sobre a reação do consumidor às novas tarifas: faturas médias na BT podem aumentar (se não houver reação) ou diminuir (se houver).

AGENDA

1. Contexto Setorial

2. Metodologia e Premissas

3. Simulações e Resultados

4. Conclusões



CONCLUSÕES

TARIFAS MULTIPARTES COM 2 POSTOS NA BAIXA TENSÃO

- Em todos os cenários simulados de difusão de RED, as **tarifas atuais apresentam aumento quando comparadas ao cenário sem difusão.**
- **Tarifas Multipartes (Binômias ou Trinômias)** aplicadas à Baixa Tensão podem contribuir para a **redução de picos no sistema e para a postergação de investimentos da distribuidora.**
- **Substituição maciça de medidores até 2030 por modelos mais avançados reduz efeitos da postergação dos investimentos para atendimento à ponta dentro do horizonte analisado.**
- **Resultados positivos** associados às Tarifas Multipartes **dependem a reação dos consumidores aos sinais tarifários.**



Guilherme Dantas
Obrigado!

SCN - Quadra 02 - Bloco D - Torre A
Sala 1101 - Edifício Liberty Mall
CEP 70712-903 Brasília DF Brasil
Tel 55 61 3326 1312
Fax 55 61 3031-9327
abradee@abradee.org.br