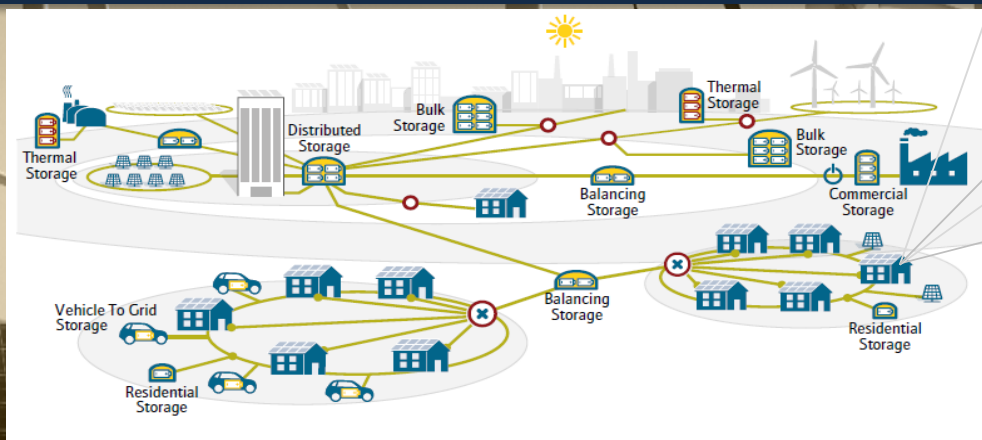
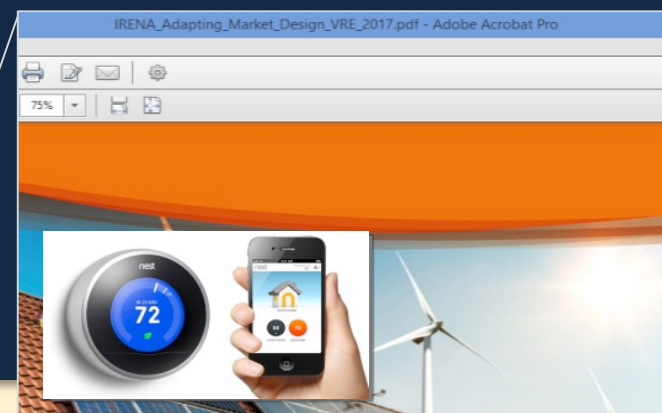


Projeto Cooperado de P&D sobre Modernização das Tarifas de Distribuição de Energia Elétrica

Subprojeto 3 Análise de impacto Regulatório



Sumário

- ▶ Visão Geral
- ▶ Metodologia Geral AIR
- ▶ Segmentos a serem avaliados
- ▶ Grande Cadeia de simulação x Relação com a AIR
- ▶ Casos de trabalho
- ▶ Conclusões e próximos passos

Visão Geral - Equipe



Mario Veiga Ferraz

José Rosenblatt

Bernardo Vieira Bezerra

Martha Rosa Martins Carvalho

Julio Alberto

Paula Andrea Venezuela da Silva

Rodrigo Gelli

Daniela Bayma

Maynara Aredes

David Parrini

Amanda Fernandes



Julião Silveira Coelho

Luís Henrique Bassi

Camila Alves e Fontes

Pedro Henrique Maciel
Fonseca

Guilherme Chamum

Visão Geral do projeto

- ▶ O projeto do Instituto ABRADÉE está coordenando a realização do P&D cooperado com objetivo de Modernizar as Tarifas de Distribuição de Energia Elétrica.
- ▶ O projeto foi dividido em 3 subprojetos inter-relacionados.

Visão Setorial

Gesel

Metodologias de desenho
de metodologia

Consórcio
Gesel e
Siglasul

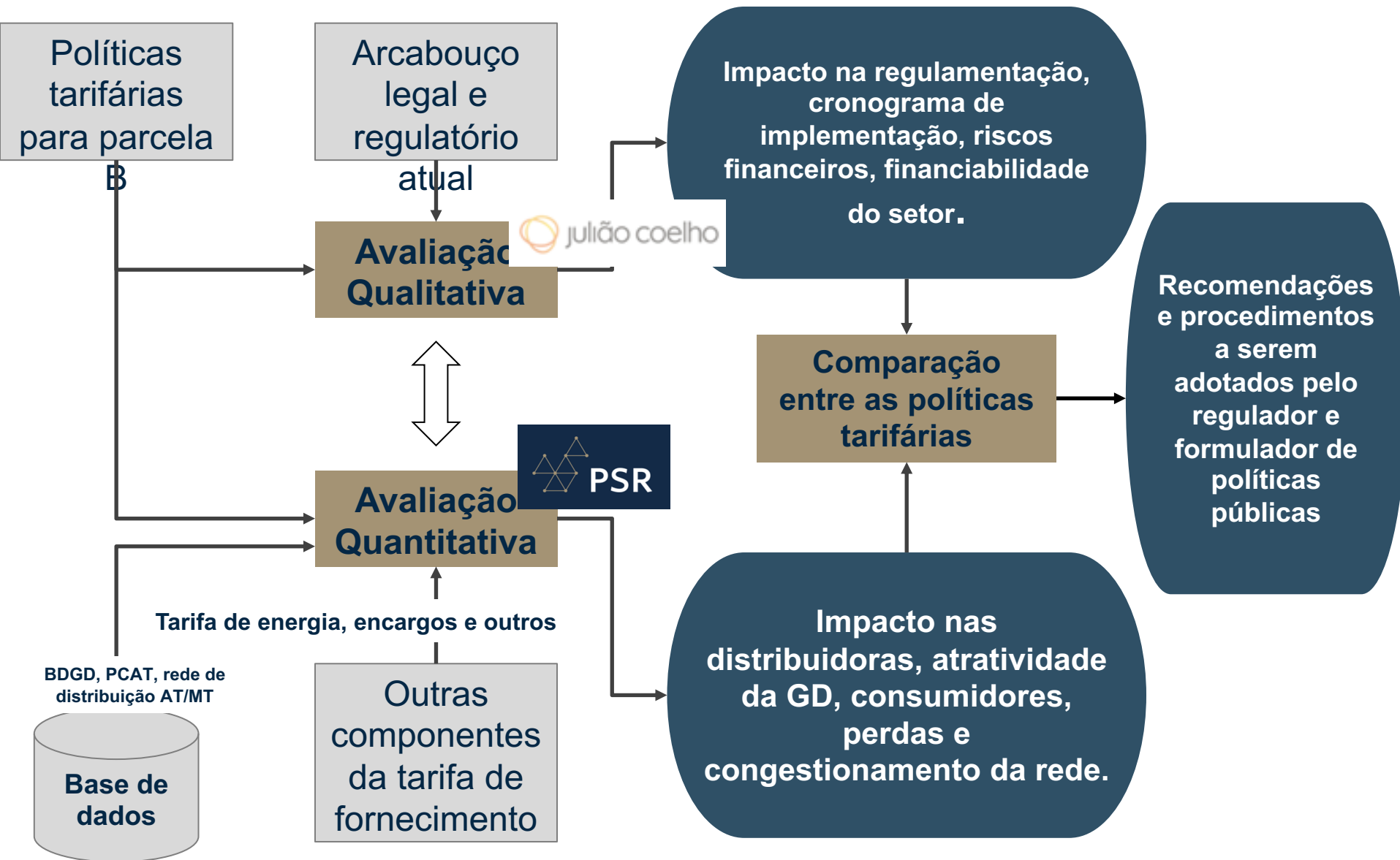
Análise de impacto
regulatório

Consórcio
PSR e
Julião
Coelho

Sumário

- ▶ Visão Geral
- ▶ **Metodologia Geral AIR**
- ▶ Segmentos a serem avaliados
- ▶ Grande Cadeia de simulação x Relação com a AIR
- ▶ Casos de trabalho
- ▶ Conclusões

Metodologia Geral AIR



Sumário

- ▶ Visão Geral
- ▶ Metodologia Geral AIR
- ▶ **Segmentos a serem avaliados**
- ▶ Grande Cadeia de simulação x Relação com a AIR
- ▶ Casos de trabalho
- ▶ Conclusões

Segmentos a serem avaliados

Distribuição AT/MT

- Remuneração da atividade de distribuição
- Fator de utilização do Uso das Subestações - FUS

Distribuição BT

- Perdas
- Carregamento ao longo do alimentador
- Nível de tensão ao longo do alimentador

Consumo

- Avaliação dos grupos de consumidores mais afetados pela resposta da demanda

Geração

- Avaliação da atratividade da geração distribuída

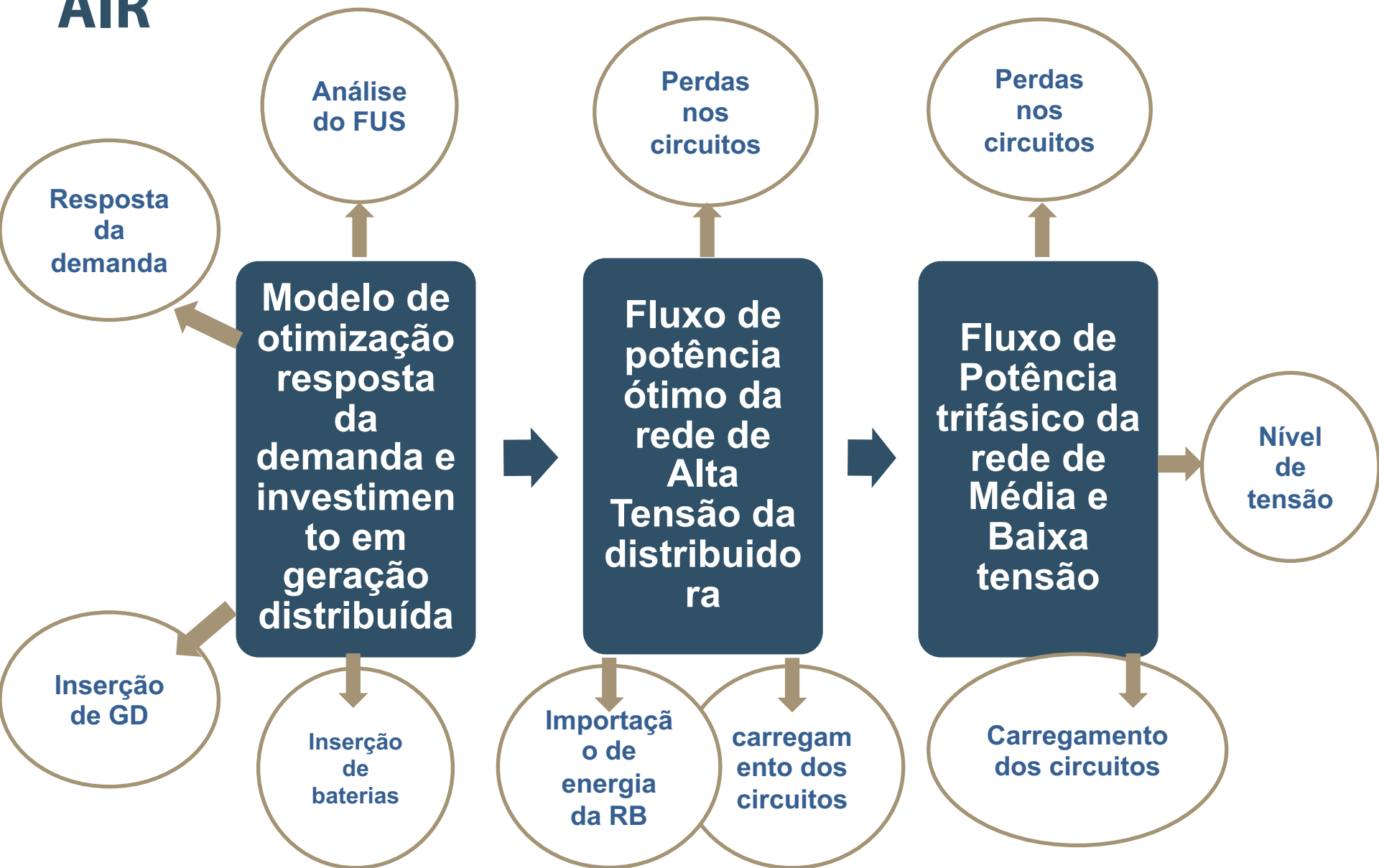
Comercialização

- Avaliação qualitativa dos impactos potenciais no ambiente de comercialização livre e segmento incentivado

Sumário

- ▶ Visão Geral
- ▶ Metodologia Geral AIR
- ▶ Segmentos a serem avaliados
- ▶ **Grande Cadeia de simulação x Relação com a AIR**
- ▶ Casos de trabalho
- ▶ Conclusões

Grande Cadeia de simulação x Relação com a AIR



Modelo de otimização resposta da demanda e investimento em geração distribuída



► Função objetivo: **minimizar o custo do consumidor**

► Sujeito a:

- Elasticidade que restringe a variação da demanda a cada hora
- Balanço de energia do consumidor
- Restrições de operação da bateria

Problema de otimização é realizado para cada subestação, classe de consumo, tipologia de carga e faixa de consumo.

Modelo de otimização resposta da demanda e investimento em geração distribuída

Tarifas Vigente e propostas

Tipologia da curva de carga horária para cada consumidor ao longo do ano

Custo de investimento em GD e baterias

Perfil de geração de GD solar

Modelo de otimização – Resposta da Demanda

Novas curvas de carga - Resposta da demanda

Total investido em GD

Total investido em Bateria

Recuperação da parcela B

Fator de utilização da Subestação

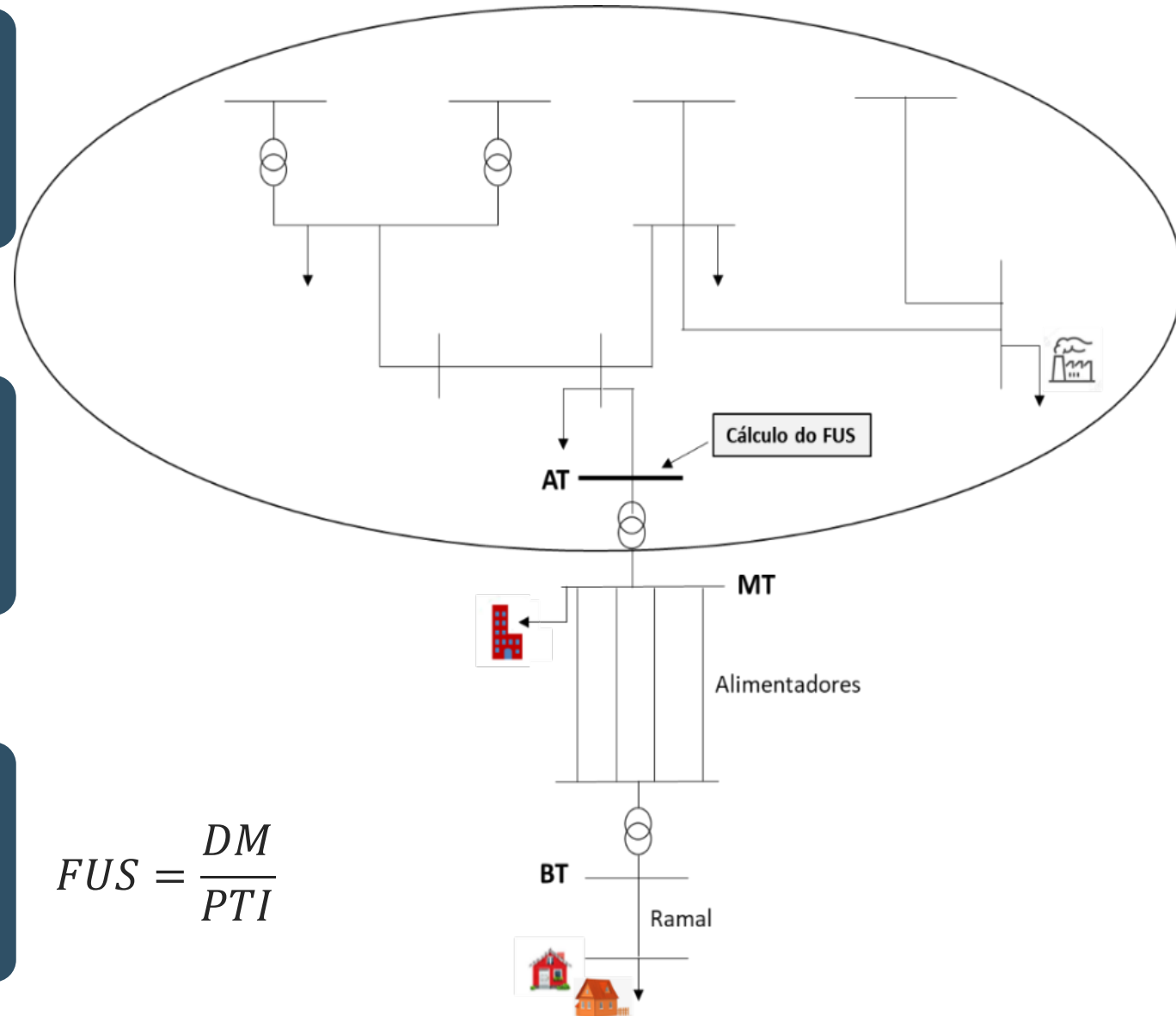
Programa de
otimização



Novas curvas de
carga para os
consumidores



Avaliação do Fator
de Utilização da
Subestação - FUS



$$FUS = \frac{DM}{PTI}$$

Sumário

- ▶ Visão Geral
- ▶ Metodologia Geral AIR
- ▶ Segmentos a serem avaliados
- ▶ Grande Cadeia de simulação x Relação com a AIR
- ▶ **Casos de trabalho**
- ▶ Conclusões e próximos passos

Casos de trabalho

Caso A – Resposta Demanda

- Avaliação do impacto da resposta da demanda no perfil de consumo
- Avaliação do Fator de Utilização da Subestação
- Avaliação da recuperação da parcela B em cada política tarifária.

Caso B – Inserção equivalente GD para todas as políticas tarifárias;

- Avaliação da recuperação da parcela B em cada política tarifária.

Inserção GD

- Avaliação da atratividade da Geração distribuída através do Payback e TIR
- Avaliação da rede de distribuição dada uma penetração de 10% de GD

Premissas Gerais

1. Considera-se **que há troca** de medidor para medição horária;
2. O mercado da distribuidora utilizado para a avaliação das estruturas tarifárias possuem resposta da demanda, ou seja, não é o mesmo mercado da distribuidora utilizado para fazer as estruturas tarifárias.
3. Simulação das estruturas tarifárias propostas no horizonte de 1 ano;
4. Simulações considerando alterações na tarifa dos consumidores da classe B (exceto B4);
5. Para a recomposição da tarifa da distribuidora, as demais parcelas que compõe a tarifa foram mantidas constantes.
6. A resposta da demanda mantém a integral da energia.

Premissas e Base de Dados

Premissa	Valor
Investimento Solar	5,67 R\$/kWp
Elasticidade	0.149
Máximo investimento em GD	5 MW
Montante mínimo de GD ao ser alocada na rede	2 kW
Investimento Bateria	4000 R\$/kWh
Eficiência de carga da bateria	85%
Eficiência de descarga da bateria	85%
Fator de carga e descarga da bateria	50% por hora
Número de anos para cálculo do custo anualizado da GD	20 anos
Número de anos para cálculo do custo anualizado da bateria	5 anos
Taxa de juros	8% a.a.
Distribuidoras analisadas: subconjunto de distribuidoras estudadas pelo subprojeto 2	X, Y e Z.
Utilização de dados públicos	BDGD
Componente da tarifa	PCAT 2018
Benchmark tarifário	Tarifa monômnia

Base de Dados e Premissas



Estrutura Tarifária	Tarifa volumétrica [R\$/kWh]	Tarifa por capacidade [R\$/kW]	Tarifa fixa [R\$/mês]
Convencional	✓	✗	✗
Binômia	✓	✓	✗
3 Partes	✓	✓	✓
Binômia c/ Patamar	✓	✓	✗
Trinômia c/ Patamar	✓	✓	✓
ToU	✓	✗	✗

Base de Dados e Premissas

► Estruturas tarifárias analisadas para a distribuidora X

Tarifa TUSD volumétrica									
Tarifa (R\$/kWh)	Convencional	Binômia	3 Partes	Binômia c/ Patamar	Trinômia c/ Patamar	ToU			
						P1	P2	P3	P4
Residencial	0.69	0.49	0.49	0.51	0.51	1.09	0.69	0.60	0.58
Rural	0.42	0.30	0.30	0.31	0.31	0.81	0.47	0.38	0.37
Comercial/Industrial	0.67	0.47	0.47	0.49	0.49	1.06	0.68	0.58	0.57

Tarifa fixa [R\$/mês]								
Tarifa (R\$/mês)	Convencional	Binômia	3 Partes	Binômia c/ Patamar		Trinômia c/		ToU
				P	FP	P	FP	
Residencial	-	-	5.30	-	-	5.23	5.23	-
Rural	-	-	4.58	-	-	4.51	4.51	-
Comercial/Industrial	-	-	5.17	-	-	5.09	5.09	-

Base de Dados e Premissas

► Estruturas tarifárias analisadas para a distribuidora X

Tarifa por capacidade								
Tarifa (R\$/kW)	Convencional	Binômia	3 Partes	Binômia P	Binômia FP	Trinômia P	Trinômia FP	ToU
B1: 0-100 kWh	-	41.8	36.6	72.2	16.5	62.0	15.0	-
B1: 100-220 kWh	-	41.3	36.1	72.2	16.5	62.0	15.0	-
B1: 220-500 kWh	-	49.6	43.4	72.2	16.5	62.0	15.0	-
B1: 500-1000 kWh	-	55.6	48.7	72.2	16.5	62.0	15.0	-
B1: >1000 kWh	-	76.9	67.4	72.2	16.5	62.0	15.0	-
B2: 0-300 kWh	-	26.9	23.6	62.4	14.2	53.5	13.0	-
B2: 300-1000 kWh	-	32.1	28.1	62.4	14.2	53.5	13.0	-
B2: 1000-5000 kWh	-	47.9	42.0	62.4	14.2	53.5	13.0	-
B2: >5000 kWh	-	44.8	39.3	62.4	14.2	53.5	13.0	-
B3: 0-2500 kWh	-	58.9	51.6	70.3	16.0	60.4	14.7	-
B3: 2500-5000 kWh	-	77.3	67.8	70.3	16.0	60.4	14.7	-
B3: 5000-10000 kWh	-	78.3	68.6	70.3	16.0	60.4	14.7	-
B3: >10000 kWh	-	98.3	86.1	70.3	16.0	60.4	14.7	-

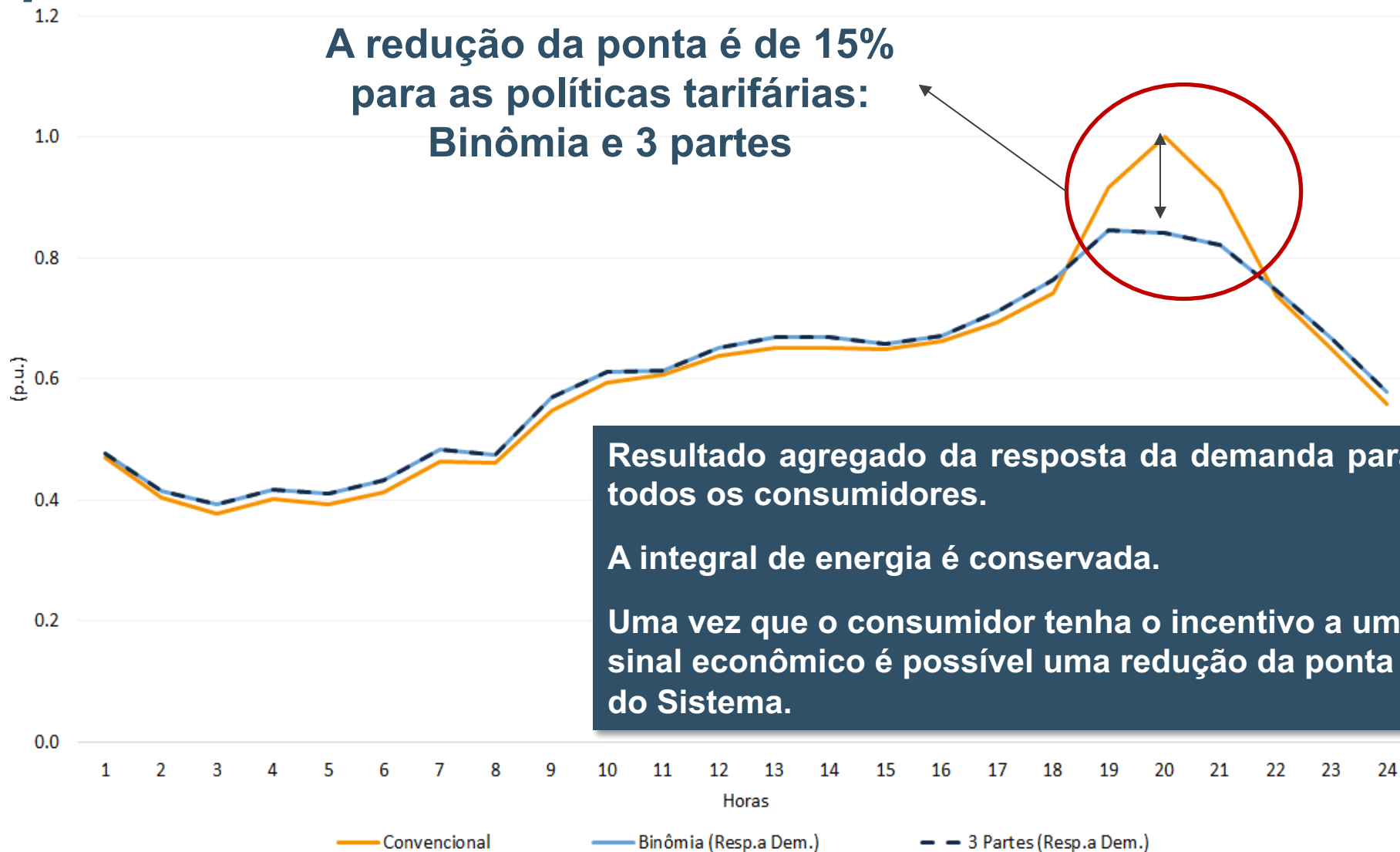
Sumário

- ▶ Visão Geral
- ▶ Metodologia Geral AIR
- ▶ Segmentos a serem avaliados
- ▶ Grande Cadeia de simulação x Relação com a AIR
- ▶ **Casos de trabalho**
 - Caso A
 - Caso B
 - Inserção GD
- ▶ Conclusões e próximos passos

Caso A – Sem inserção de Geração distribuída

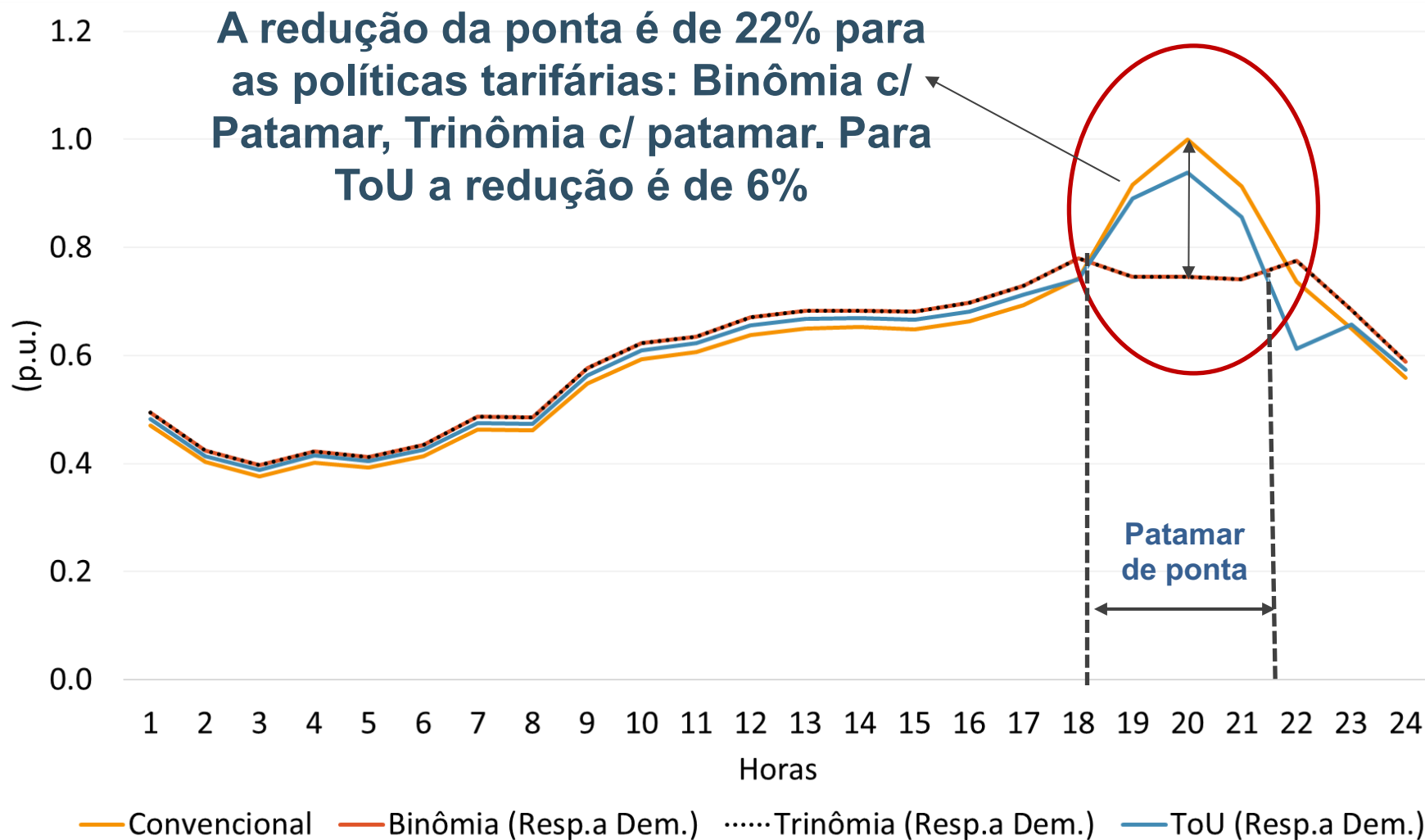
Avaliação do impacto da resposta da demanda no perfil de consumo

A redução da ponta é de 15%
para as políticas tarifárias:
Binômia e 3 partes



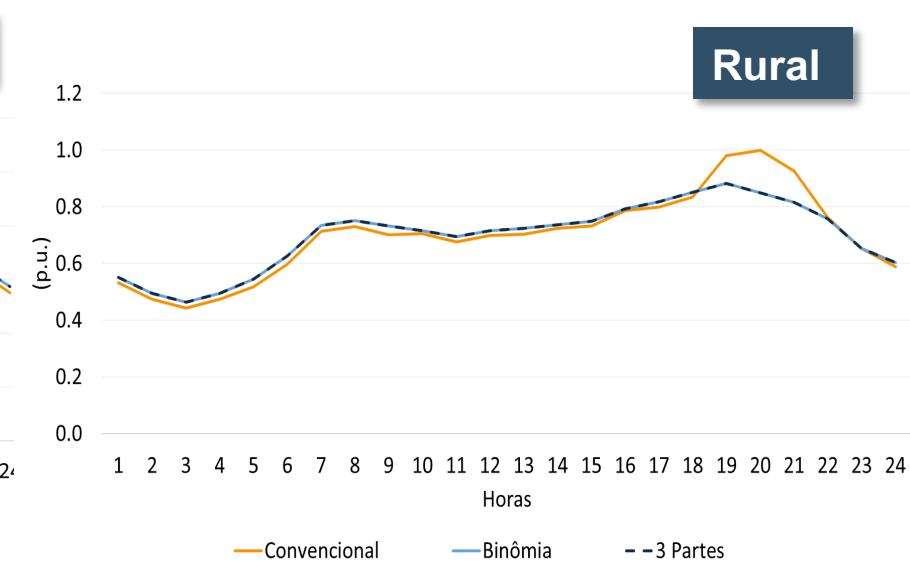
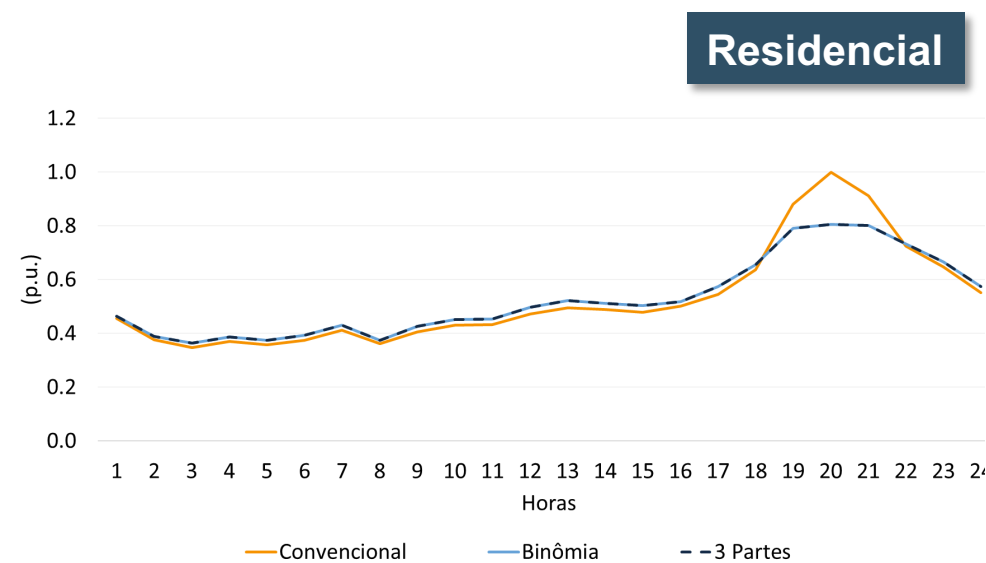
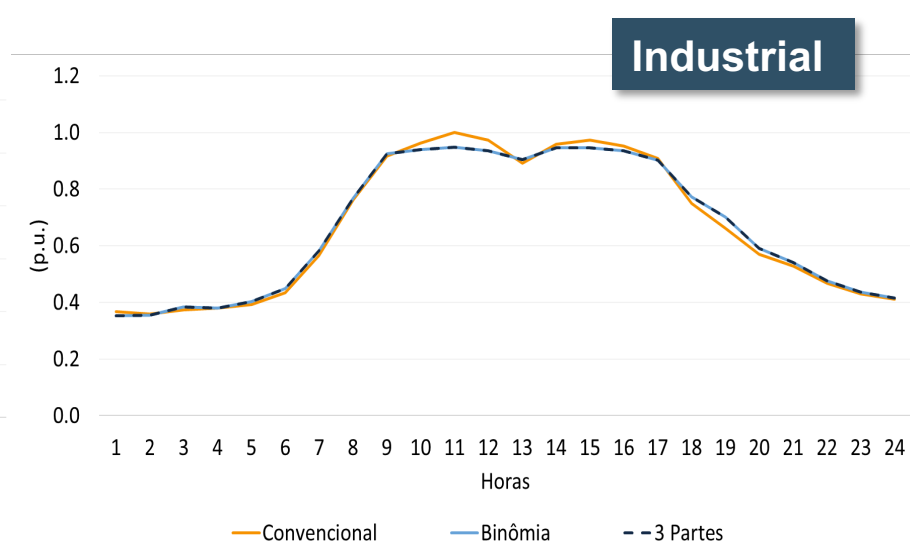
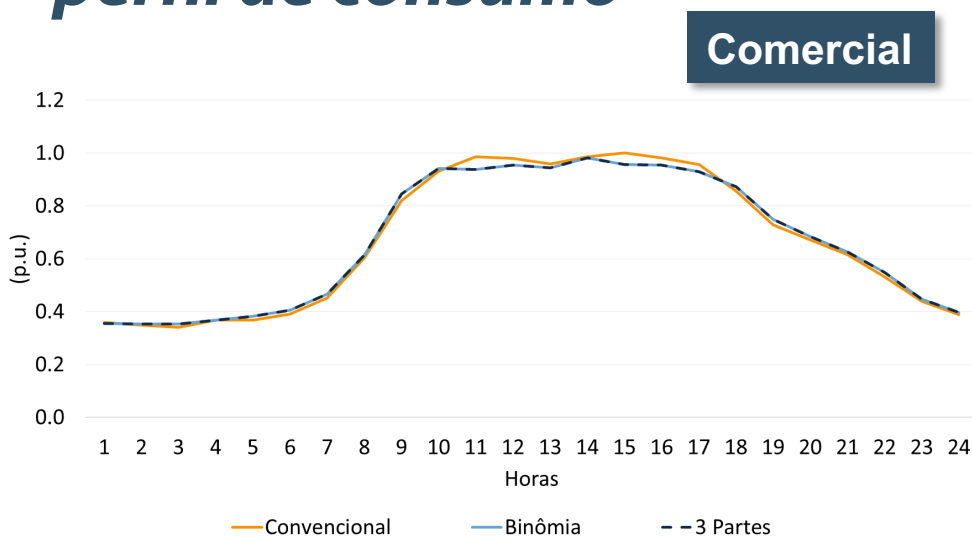
Caso A – Sem inserção de Geração distribuída

Avaliação do impacto da resposta da demanda no perfil de consumo



Caso A – Sem inserção de Geração distribuída

Avaliação do impacto da resposta da demanda no perfil de consumo

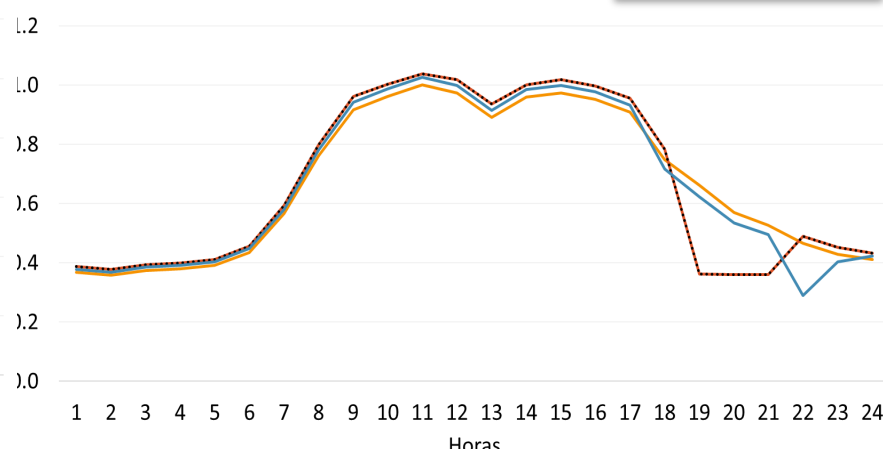
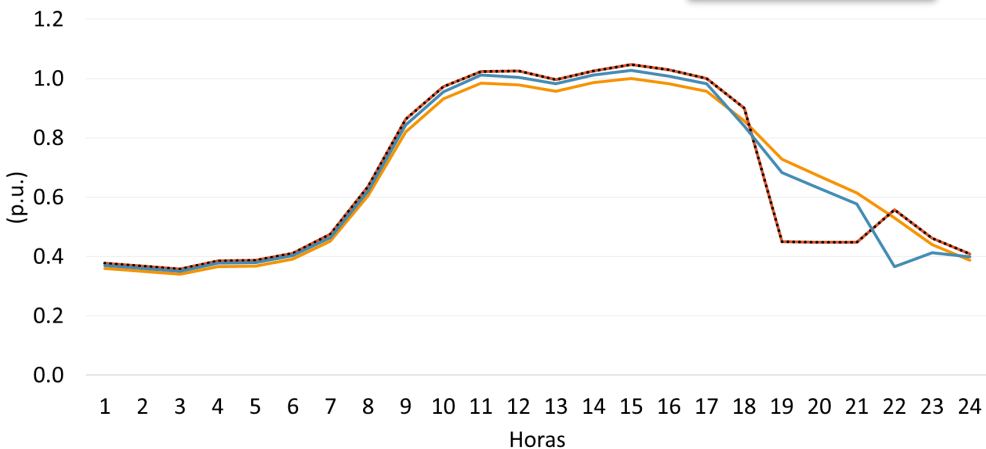


Caso A – Sem inserção de Geração distribuída

Avaliação do impacto da resposta da demanda no perfil de consumo

Comercial

Industrial

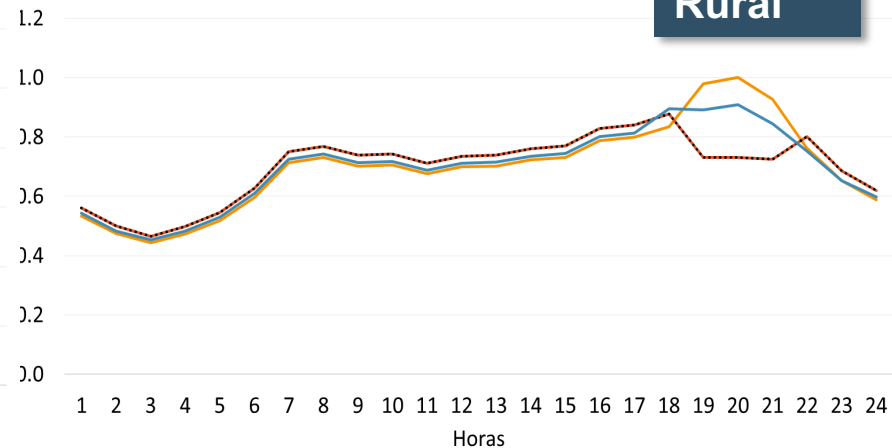
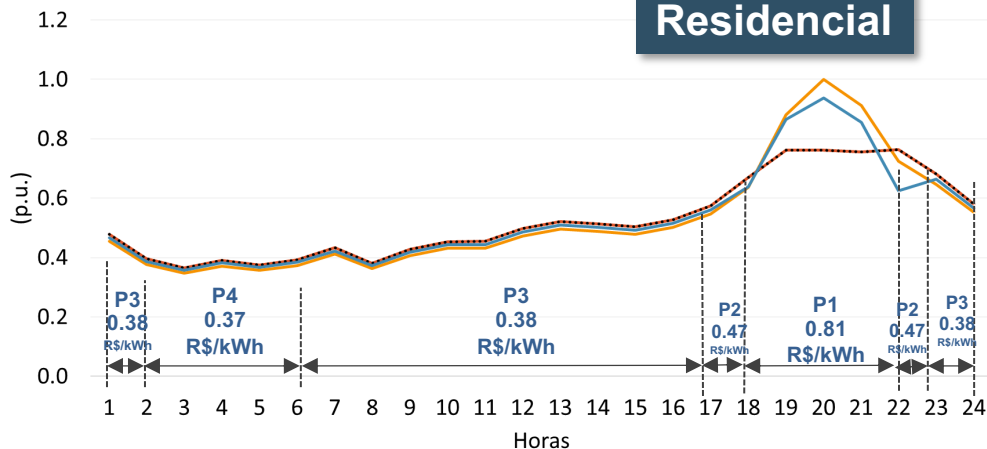


— Convencional — Binômia Trinômia — ToU

— Convencional — Binômia Trinômia — ToU

Residencial

Rural

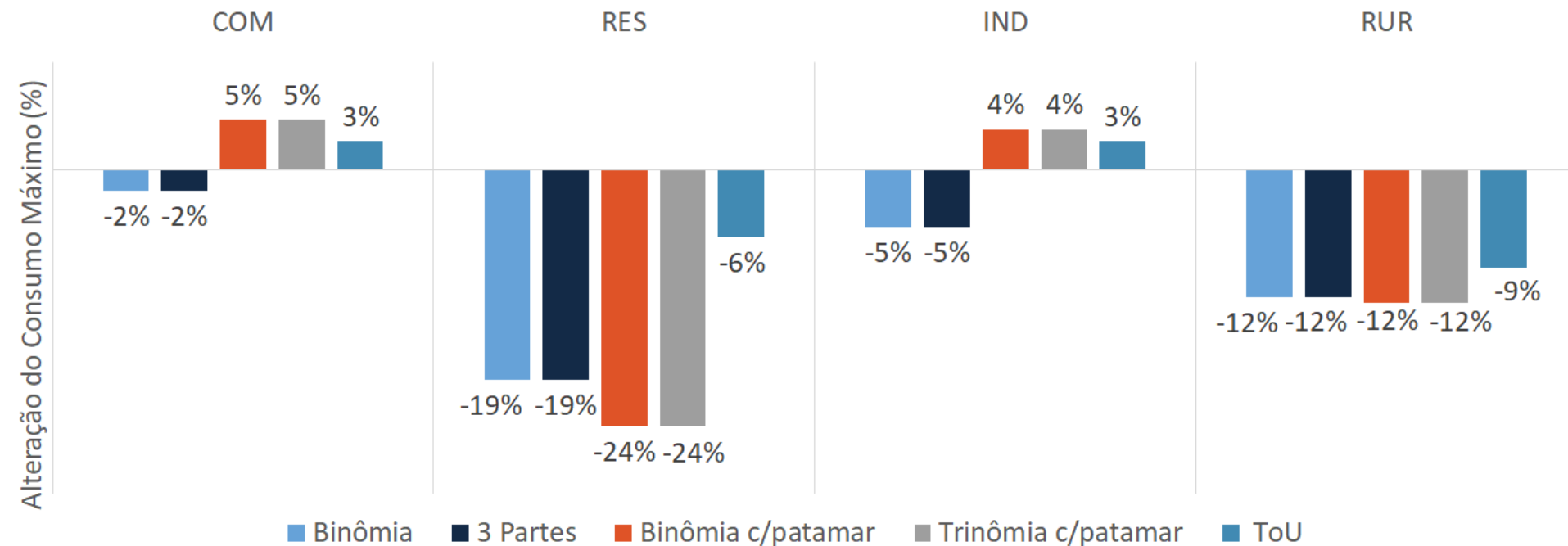


— Convencional — Binômia Trinômia — ToU

— Convencional — Binômia Trinômia — ToU

Caso A – Sem inserção de Geração distribuída

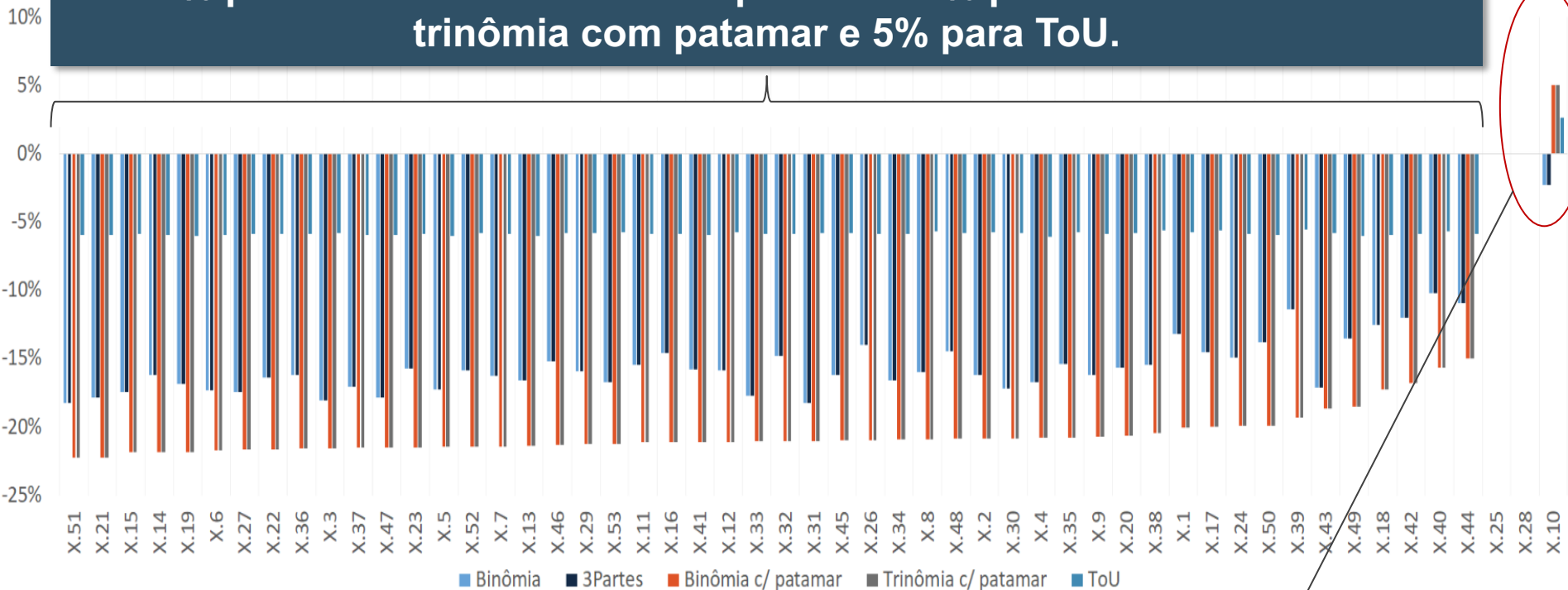
Avaliação do impacto da resposta da demanda no perfil de consumo



Caso A – Sem inserção de Geração distribuída

Avaliação do Fator de Utilização da Subestação

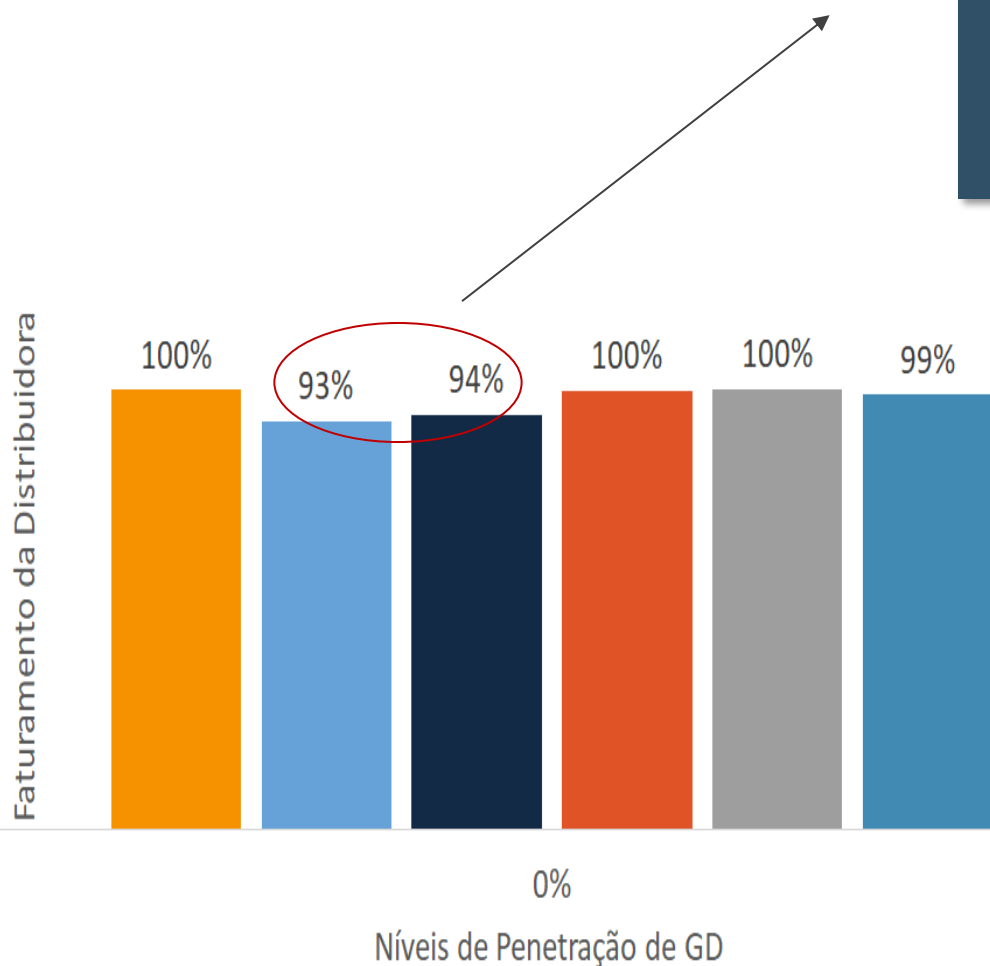
Com a redução da ponta do sistema, observa-se que grande parte das subestações apresentam diminuição do FUS. A diminuição é cerca de 15% para as tarifas binômia e 3 partes e 20% para tarifas binômia e trinômia com patamar e 5% para ToU.



Porém, outras subestações apresentam ligeiro aumento no FUS.

Caso A – Sem inserção de Geração distribuída

Avaliação da recuperação da parcela B em cada política tarifária



Diminuição na recuperação da Parcela B com a aplicação das tarifas a um NOVO mercado que tem incentivo econômico para reduzir a demanda de ponta

Demanda Mínima é importante, porém reduz a elasticidade de resposta

Redução do faturamento

Reajuste

Não diferenciar a tarifa volumétrica entre faixas permitiu, em algumas estruturas tarifárias recuperação de 100% da Parcela B

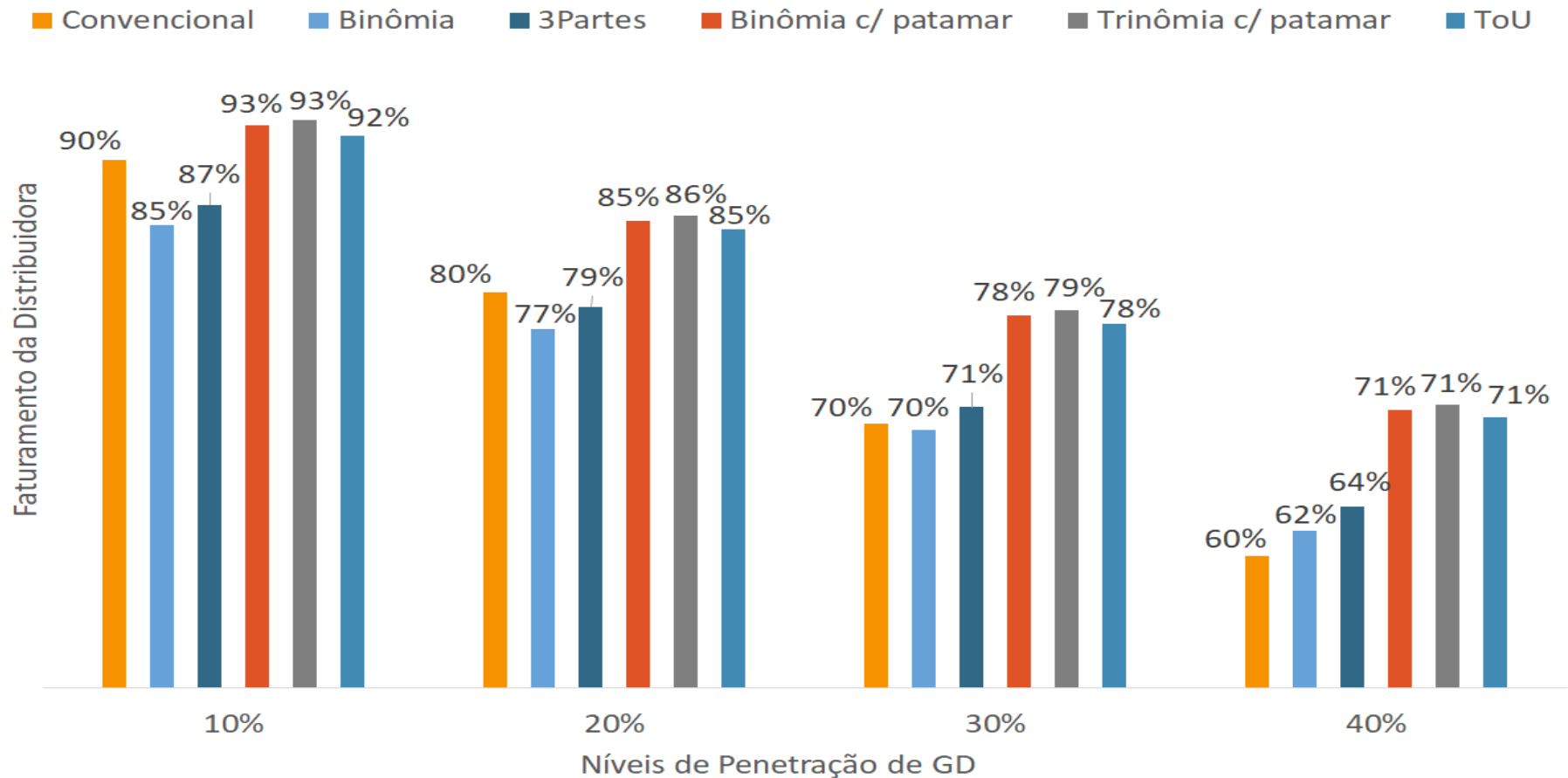
■ Convencional ■ Binômica ■ 3Partes ■ Binômica c/patamar ■ Trinômica c/patamar ■ ToU

Sumário

- ▶ Visão Geral
- ▶ Metodologia Geral AIR
- ▶ Segmentos a serem avaliados
- ▶ Grande Cadeia de simulação x Relação com a AIR
- ▶ **Casos de trabalho**
 - Caso A
 - **Caso B**
 - Caso Inserção GD
- ▶ Conclusões e próximos passos

Caso B – Inserção equivalente GD para todas as políticas tarifárias - Avaliação da recuperação da parcela B em cada política tarifária

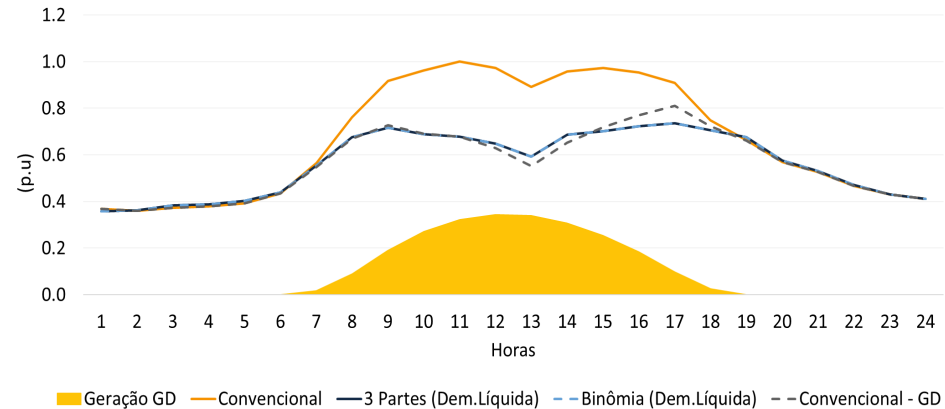
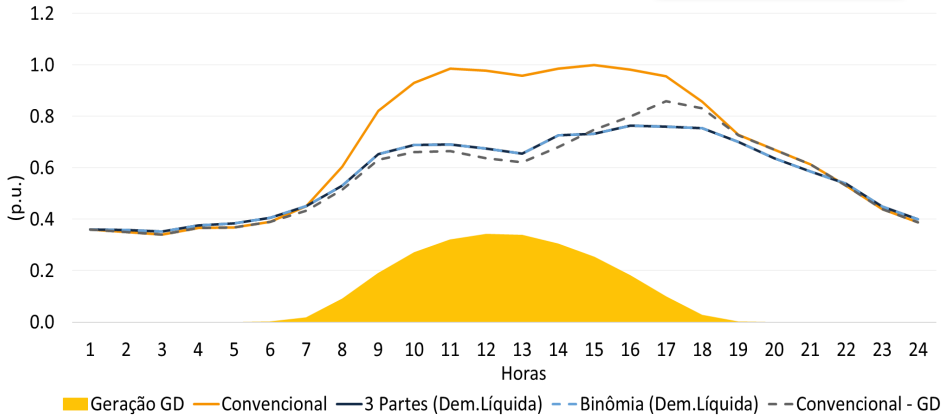
Resposta da demanda



Caso B – Inserção equivalente GD para todas as políticas tarifárias -Impacto nas curvas de carga – 20% de inserção de GD

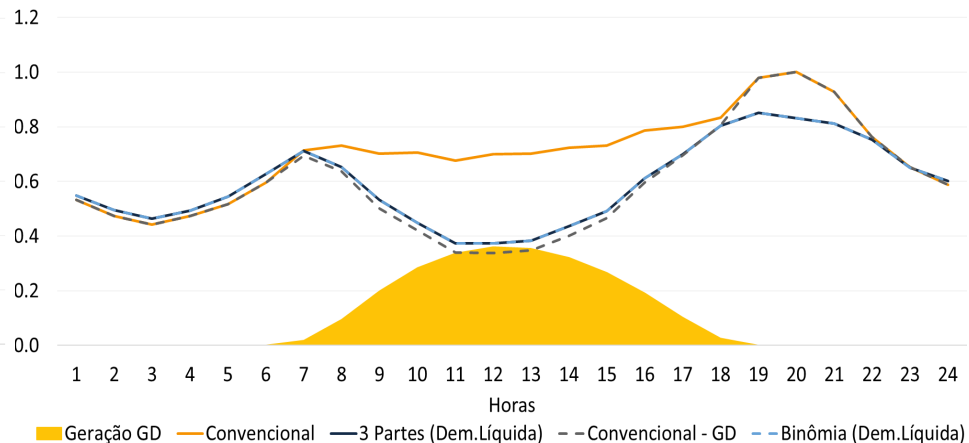
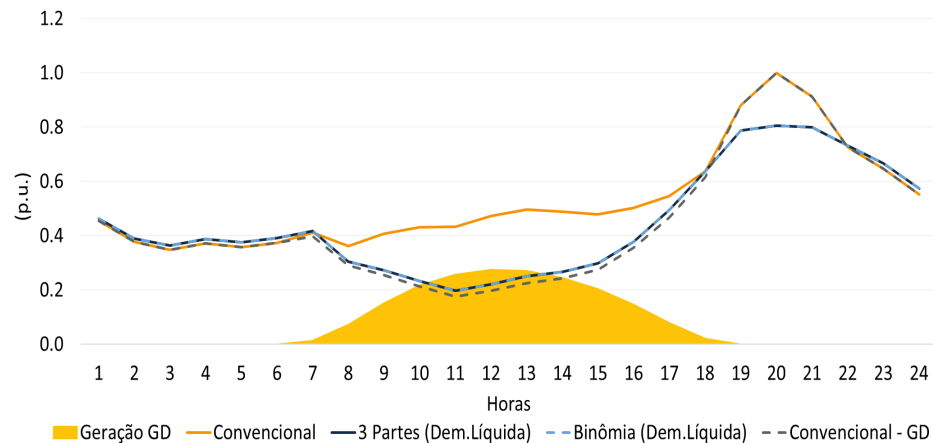
Comercial

Industrial



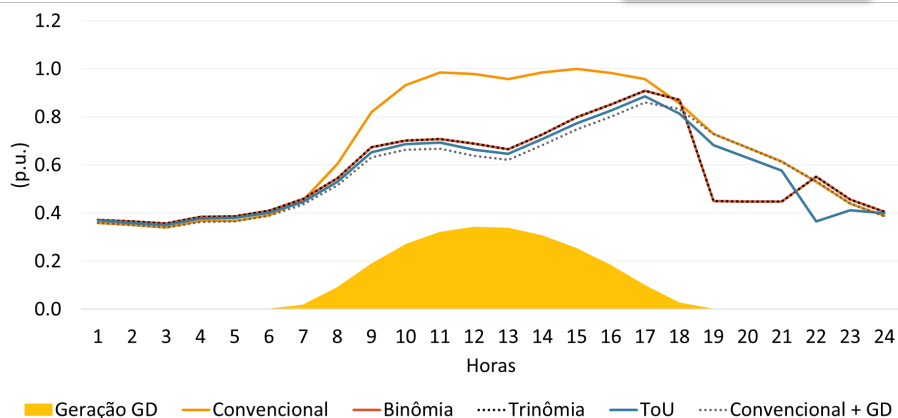
Residencial

Rural

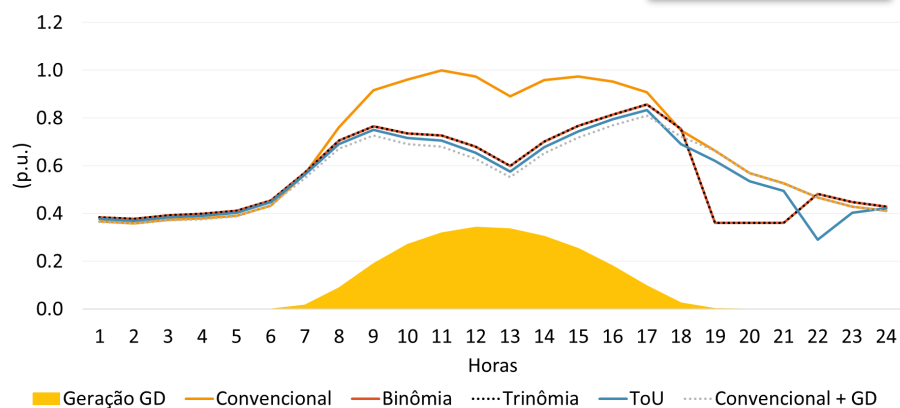


Caso B – Inserção equivalente GD para todas as políticas tarifárias - Impacto nas curvas de carga – 20% de inserção de GD

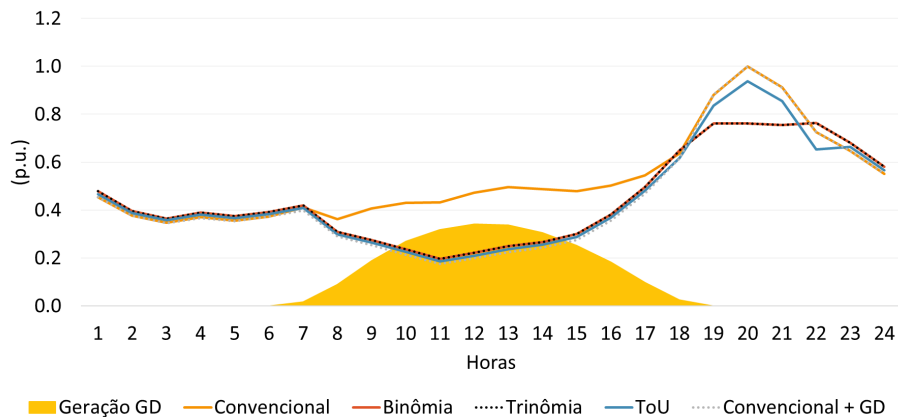
Comercial



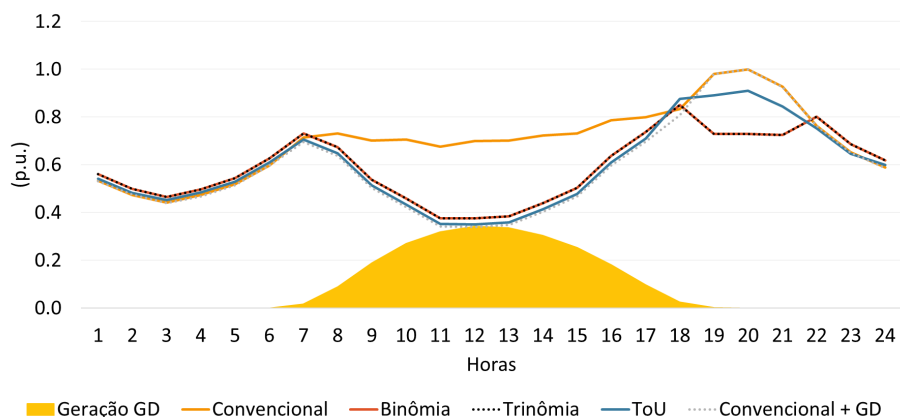
Industrial



Residencial



Rural



Sumário

- ▶ Visão Geral
- ▶ Metodologia Geral AIR
- ▶ Segmentos a serem avaliados
- ▶ Grande Cadeia de simulação x Relação com a AIR
- ▶ Casos de trabalho
 - Caso A
 - Caso B
 - Caso Inserção GD
- ▶ Conclusões e próximos passos

Caso Inserção GD –Atratividade da GD

- ▶ A modificação da estrutura tarifária pode afetar na atratividade do segmento de GD. Para essa verificação, foram calculados o *payback* de investimento de GD para os diferentes segmentos de consumo.
- ▶ Os valores abaixo são mostrados como delta de anos a mais necessários para o retorno do investimento.

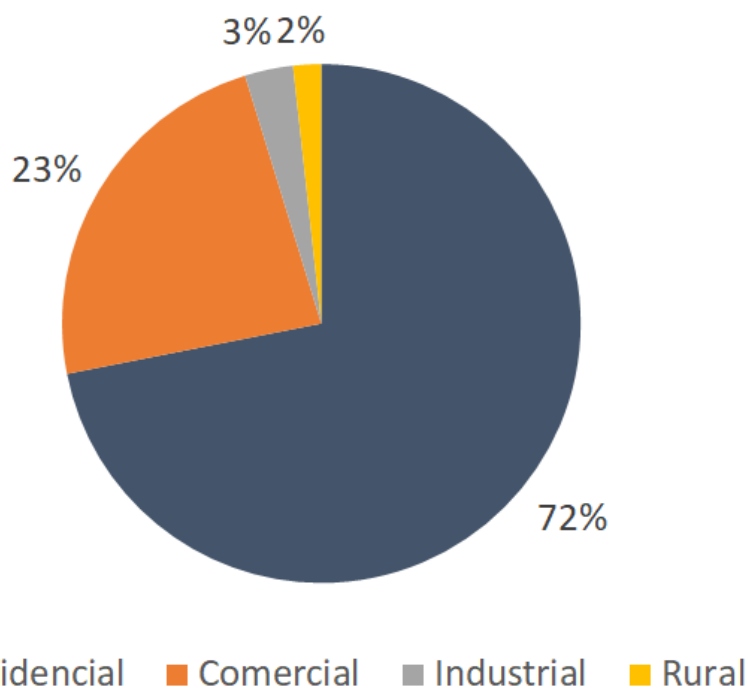
Payback comparativo (anos)	Binômia	3 Partes	Binômia c/ Patamar	Trinômia c/ patamar	ToU
Residencial	5.1	5.1	4.8	4.8	2.3
Rural	8.4	8.4	7.9	7.9	2.3
Comercial/Industrial	5.3	5.3	4.9	4.9	2.3

- ▶ Com exceção a ToU, não se observou uma grande diferença de delta entre as políticas tarifárias.

Caso Inserção GD – Avaliação da Rede de distribuição - AT

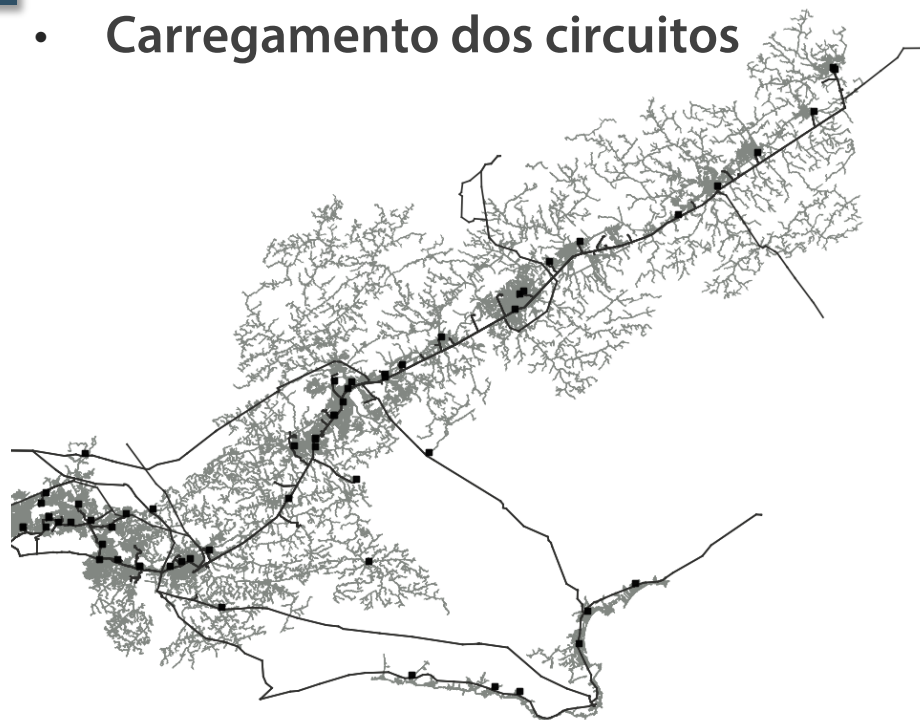
- ▶ Caso 1 – 10% do mercado
- ▶ Caso 2 – 20% do mercado
- ▶ Caso 3 – 30% do mercado
- ▶ Caso 4 – 40 % do mercado

Distribuição da Capacidade Instalada de GD por classe de consumo



Avaliação do impacto da inserção de GD na rede de Alta Tensão

- Importação/exportação de energia com a Rede Básica
- Geração distribuída
- Carregamento dos circuitos

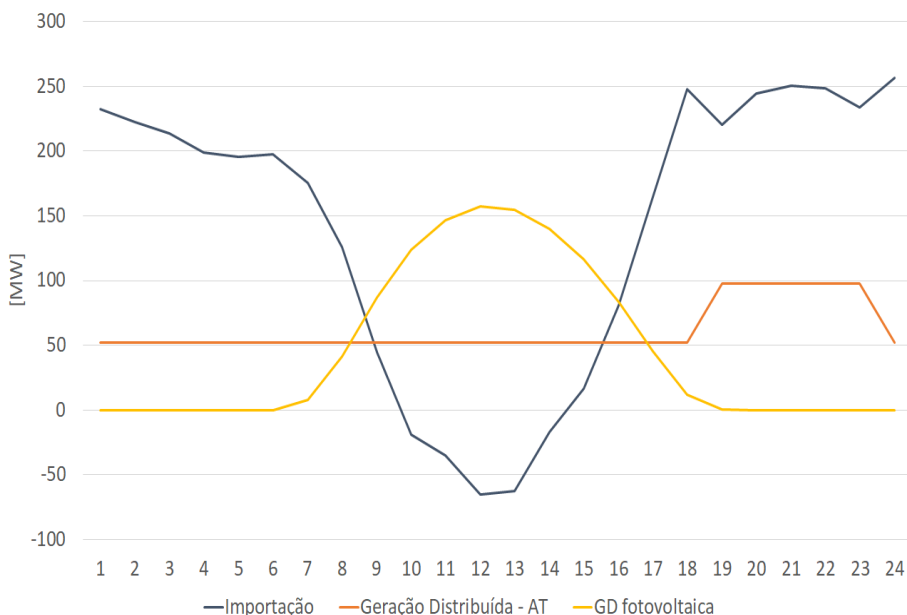


Caso Inserção GD – Avaliação da Rede de distribuição

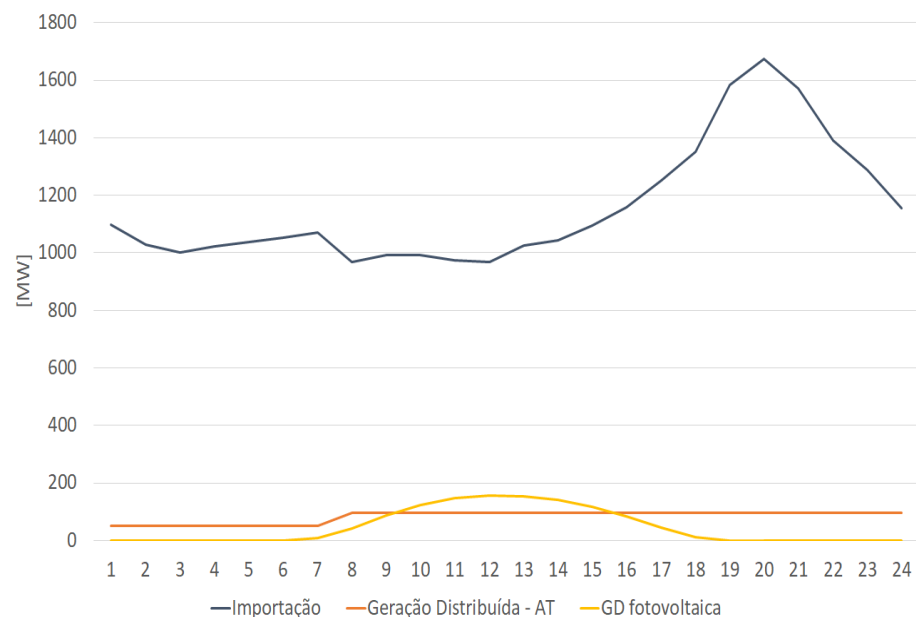
Importação/exportação de energia e Geração distribuída

No caso 1, já é observável o fenômeno de exportação da GD para rede.

Mês 2 - Domingo



Mês 2 – Dia Útil

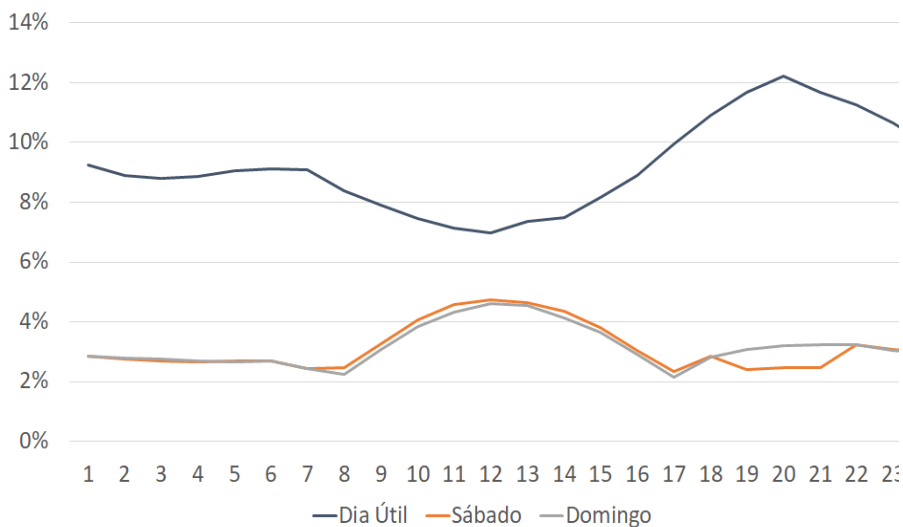


Caso Inserção GD – Avaliação da Rede de distribuição AT

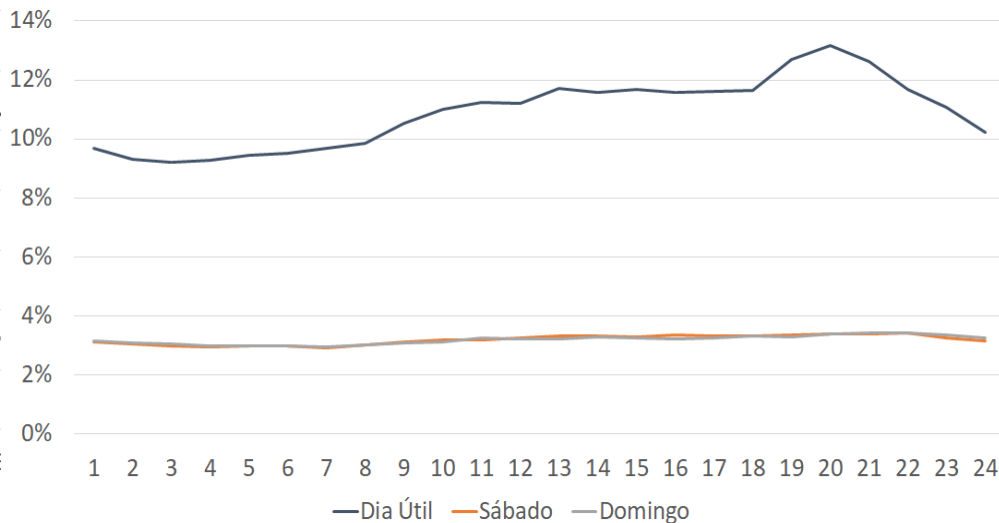
Carregamento dos circuitos

Com a entrada de GD e inversão de fluxo, o carregamento médio dos circuitos aos sábados e domingos segue o perfil de geração da GD de forma que o carregamento aumenta nestes dias.

Caso 2 – Mês 7



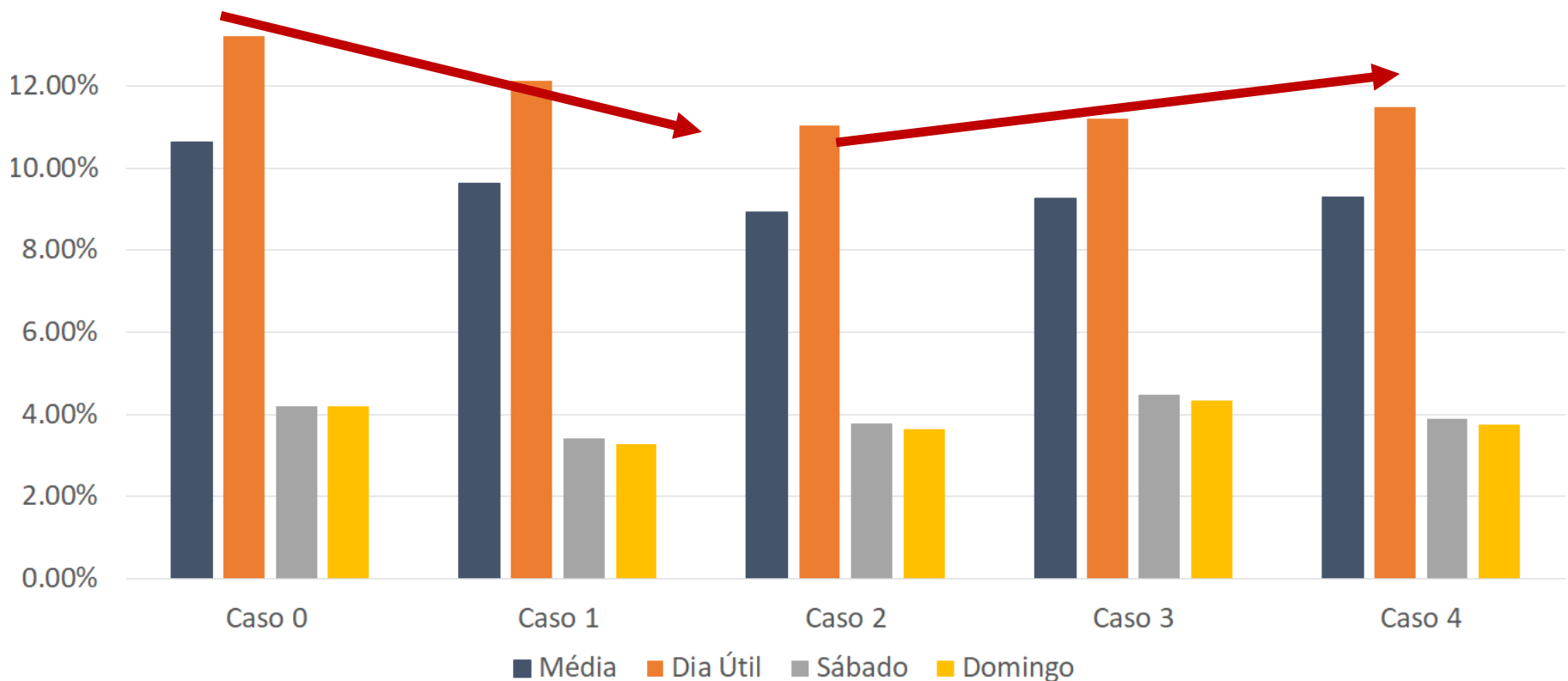
Caso 0 – Mês 7



Caso Inserção GD – Avaliação da Rede de distribuição

Carregamento médio dos circuitos:

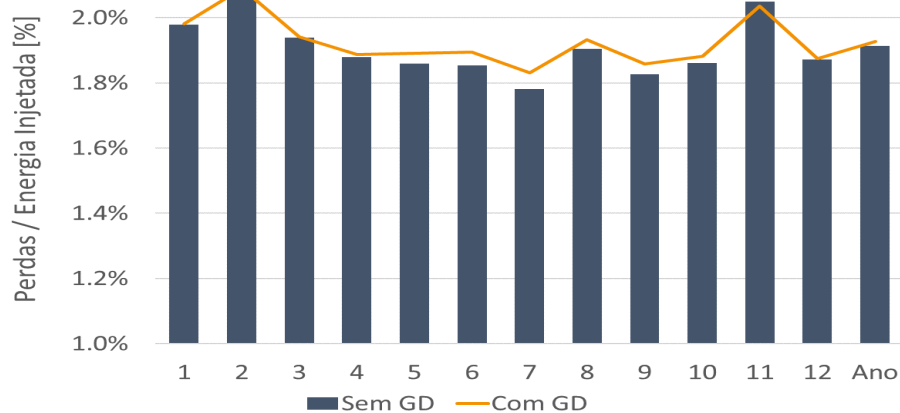
Observa-se um aumento do carregamento do caso 3 e 4 comparado ao caso 2. Isso ocorre devido a altas exportações de energia com a entrada massiva de GD na baixa e média tensão.



Caso Inserção GD – Avaliação da Rede de distribuição – BT – Inserção de 10% de GD

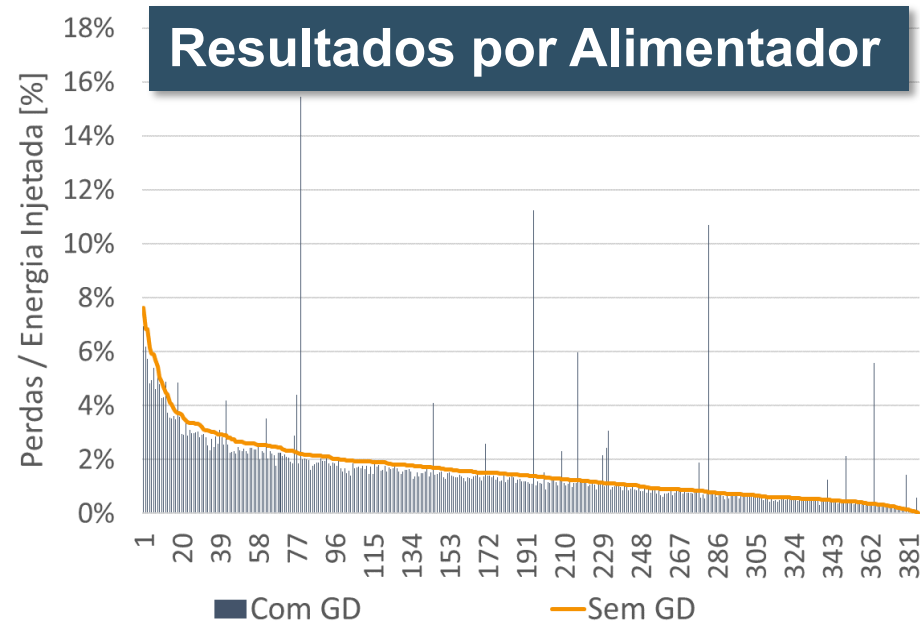
Análise de fluxo de potência trifásico através do software OpenDSS

- Perdas nos circuitos de distribuição
- Perfil de Tensão ao longo dos alimentadores
- Impacto de GD remota



Resultados médios Mensais

▶ Perdas nos circuitos de distribuição



Rede de Média e Baixa tensão. Cerca de:

- 500 Alimentadores, 1,8 milhões de barras, 2,3 milhões circuitos e mais de 1,5 milhões de consumidores

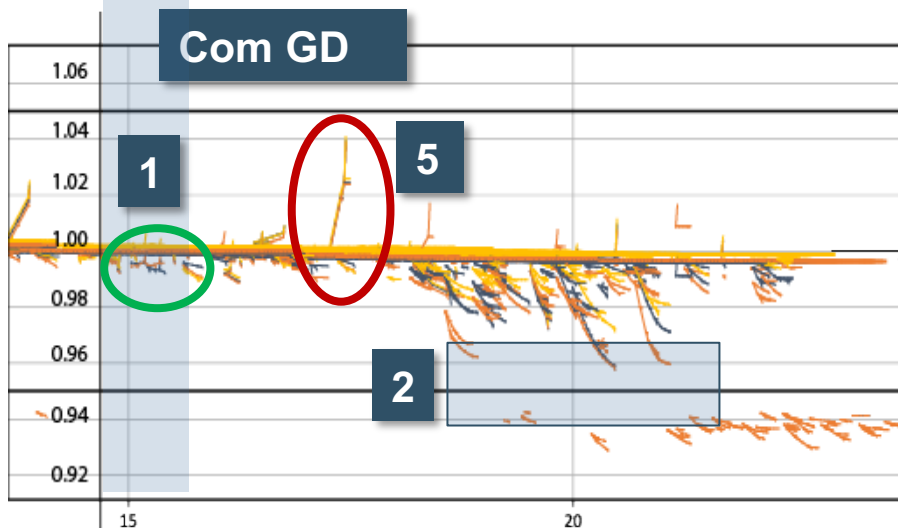
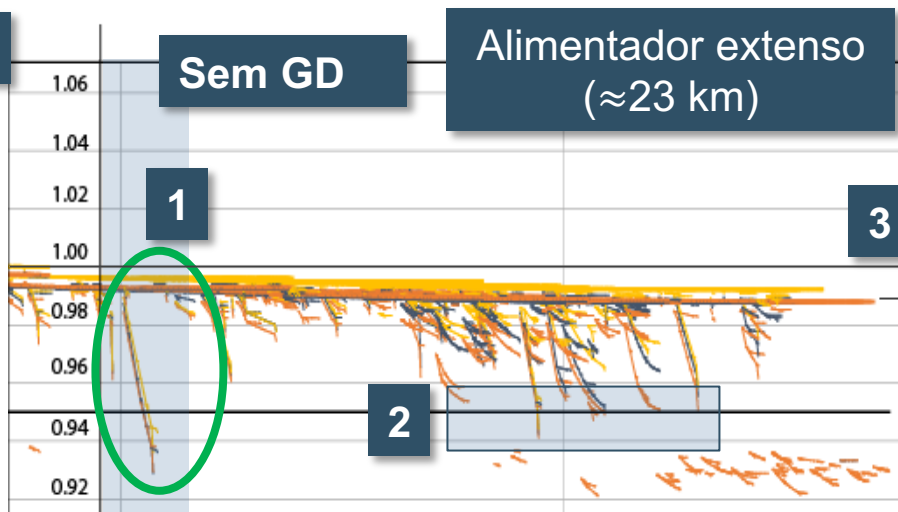
Caso Inserção GD – Avaliação da Rede de distribuição – Perfil de tensão ao longo do alimentador

1 Efeitos Positivos

Efeito local: com a redução da carga líquida em uma ramificação do alimentador, soluciona subtensão.

2 Efeito na vizinhança: com a redução da carga líquida à montante, há melhora do perfil de tensão a jusante.

3 Melhor regulação de tensão, com uma menor queda de tensão no final do alimentador.



4 Efeitos Negativos

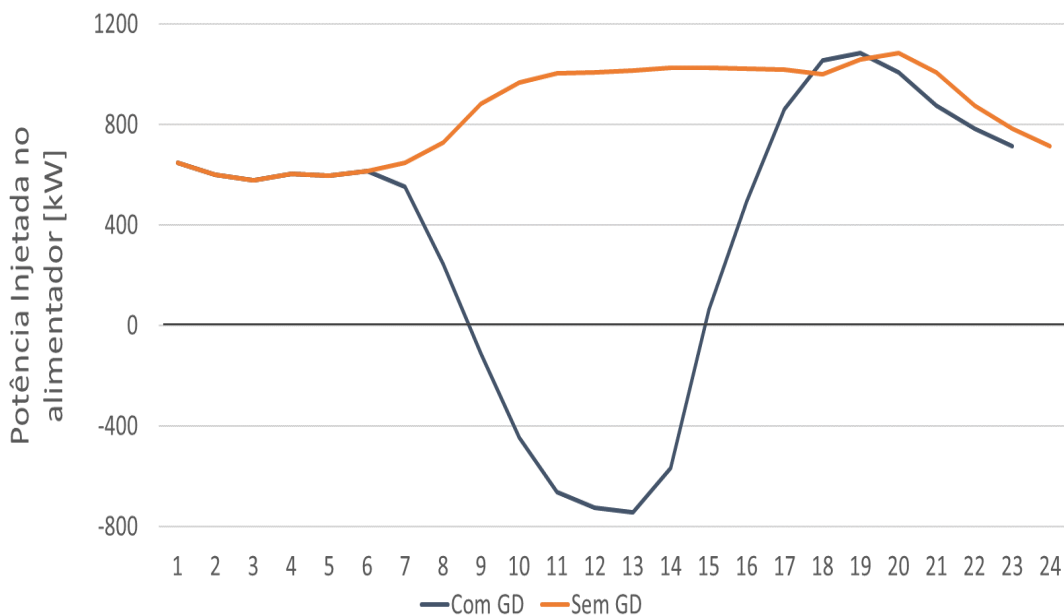
4 Regulação de tensão pode ser prejudicada considerando a geração da GD. Como esta pode ser intermitente, é possível uma maior variação de tensão no alimentador.

5 Pode provocar sobretensões no ponto de conexão.

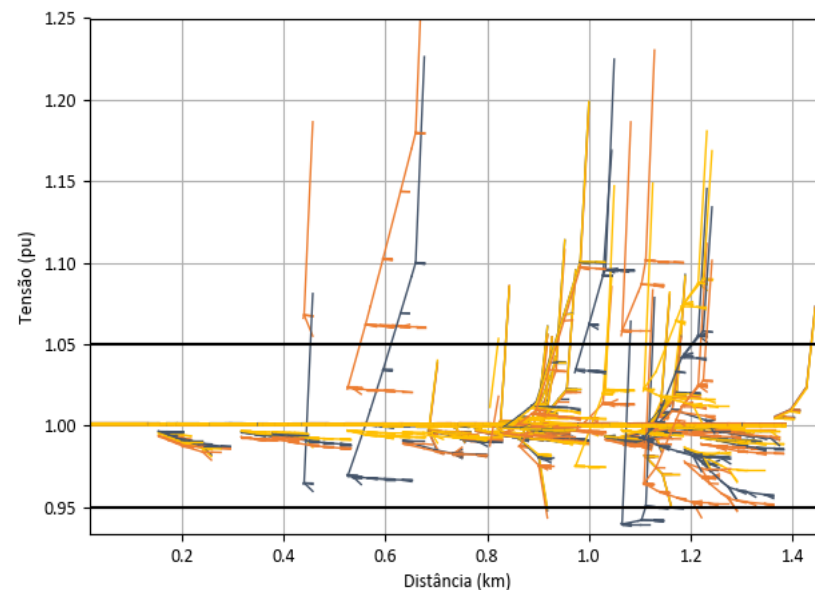
Caso Inserção GD – Avaliação da Rede de distribuição

GD alta penetração no alimentador

Alimentador com alta capacidade instalada de GD que exporta energia das 9h às 14h.



Perfil de tensão às 12h, problemas de sobretensão na rede são esperados num cenário de inversão de fluxo.



Conclusões e próximos passos

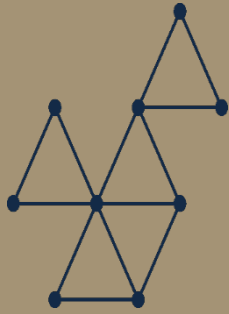
- ▶ Destaca-se que a resposta da demanda é viável uma vez que o **medidor consiga diferenciar as horas de consumo e demanda**. Dessa forma, nas análises do subprojeto3, foram consideradas a utilização de medidores inteligentes.
- ▶ As simulações da resposta da demanda com as políticas tarifárias Binômia e 3 Partes **com e sem** postos tarifários resultaram na redução da demanda de pico do sistema (quando comparado à tarifa convencional) em virtude da sinalização de preço resultante da parcela por capacidade.
- ▶ Destaca-se que a redução da demanda máxima do sistema, que ocorre de 19 às 21, impacta diretamente nos valores do FUS que diminuem quando comparados ao valores de FUS calculados com tarifa convencional.
- ▶ Aplicação de estruturas tarifárias distintas entre consumidores podem ocasionar resultados contra intuitivos, como por exemplo o aumento do FUS em algumas subestações que possuem majoritariamente consumidores da Média Tensão.
- ▶ Um sinal de preço na ponta é muito importante para a resposta da Demanda e dependendo da resposta da demanda, pode afetar a recuperação da Parcela B.
- ▶ Outras estruturas tarifárias recuperam 100% da parcela B mesmo com a redução da ponta. Isso se dá devido a não diferenciação da tarifa volumétrica entre faixas, havendo então compensação do montante “perdido” nos outros horários de consumo, além da consideração da tarifa de capacidade fora da ponta.

Conclusões e próximos passos

- ▶ Uma estrutura tarifária binômica sem postos incentiva o consumidor responder ao sinal tarifário. A utilização de uma demanda mínima nesse tipo de estrutura é importante.
- ▶ As conclusões sobre o efeito das estruturas tarifárias podem variar de acordo com as características das distribuidoras principalmente em relação às características da curva de carga.
- ▶ Os diferentes níveis de penetração de GD e sua localização trazem diferentes efeitos na rede de distribuição ao longo dos dias.
 - Observa-se uma variação de importação/exportação com a Rede Básica – Potencial problemas com MUST contratado da distribuidora.
 - Inversões de fluxo nos dias de baixa demanda – Sábado e domingo
 - Resultados agregados de perdas podem esconder o aumento de perdas em alimentadores com inversão de fluxo.
 - Perfil de tensão ao longo dos alimentadores varia de acordo com a localização e penetração de GD.
- ▶ A diminuição da ponta com a GD não significa postergação de investimento, uma vez que a GD pode ter uma geração estocástica e o sistema deve estar preparado para um possível caso. Postergação de investimentos não faz parte do escopo deste projeto.

Conclusões e próximos passos

- ▶ Avaliação do comportamento dos consumidores entre as faixas especificadas para distribuidora X.
- ▶ Fazer a avaliação da resposta da demanda, inserção e atratividade da GD para outras distribuidoras.
- ▶ Realizar a avaliação de diferentes alocações de inserção de GD nos alimentadores da distribuidora X.



www.psr-



inc.com



psr@psr-inc.com

+55 21 3906-2100



[/psrenergy](https://www.facebook.com/psrenergy)



[@psrenergy](https://twitter.com/psrenergy)



[@psr_energy](https://www.instagram.com/psr_energy)



PSR