

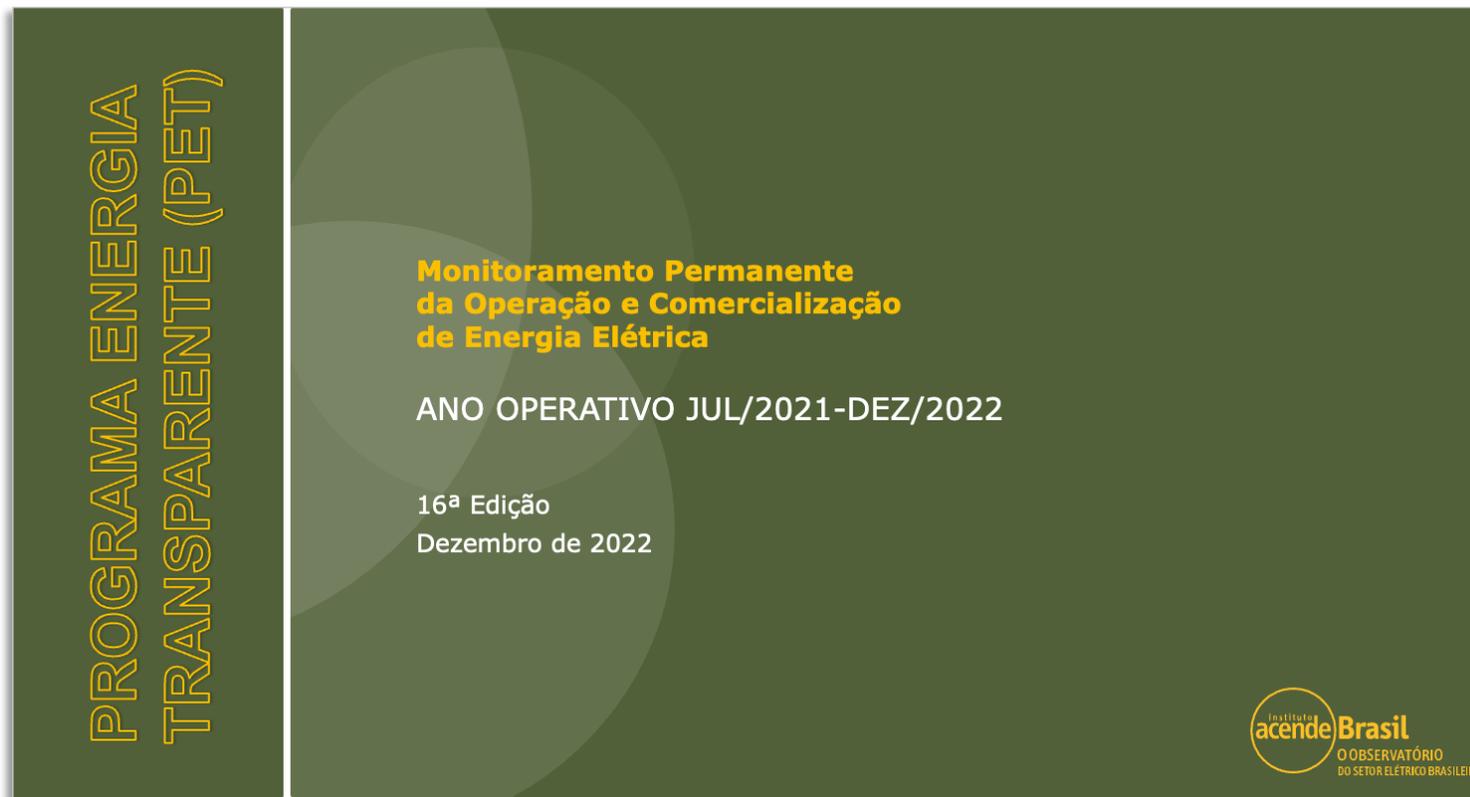
MMGD e a Estrutura Tarifária

Apresentação para a Aneel

14 de setembro de 2023

OBJETIVO DA REUNIÃO

1. Apontar desafios relacionados à inserção de **Geração Distribuída (GD)**



OBJETIVO DA REUNIÃO

1. Apontar desafios relacionados à inserção de **Geração Distribuída (GD)**
2. Compartilhar reflexões sobre como ensejar a inserção de **Micro e Mini Geração Distribuída (MMGD)** de forma eficiente



Chapter 13 - In search of a tariff fit for the grid's edge revolution: Reflections from Brazil

[Richard L. Hochstetler, João D. Cho](#)

Show more ▾

[+](#) Add to Mendeley [🔗](#) Share [🗣️](#) Cite

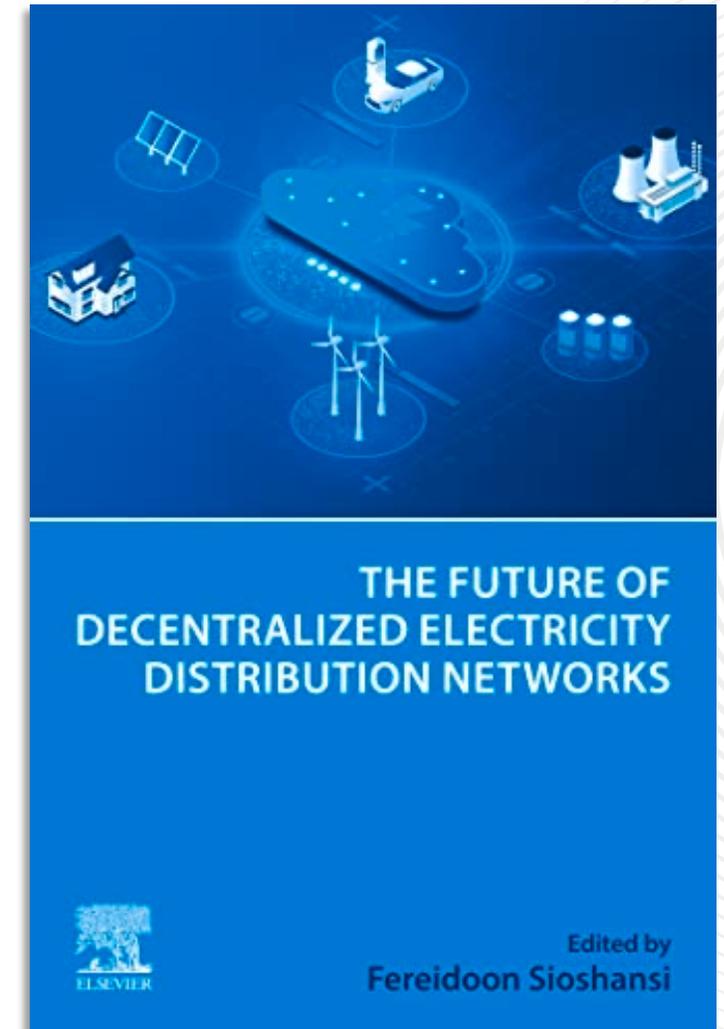
<https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15591-8.00008-5> ↗

[Get rights and content](#) ↗

Abstract

Net metering program applied to existing retail rates generally tends to give rise to distortions that in the long run will cause much harm if not corrected. Based on insights from Brazil's experience, the chapter explores how the retail tariff can be structured to mitigate these problems, considering the main cost drivers, simplicity, distributional impacts, and metering requirements. A four-part tariff with volumetric, capacity, fixed, and connection components is sufficient to address the main concerns while providing adequate revenues for the distribution utilities.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15591-8.00008-5>



OBJETIVO DA REUNIÃO

1. Apontar desafios relacionados à inserção de Geração Distribuída (GD)
2. Compartilhar reflexões sobre como ensejar a inserção de **Micro e Mini Geração Distribuída (MMGD)** de forma eficiente
3. Apresentar as recomendações submetidas ao Ministério de Minas e Energia no âmbito da Consulta Pública 129/2022, visando ao estabelecimento das diretrizes para incorporação dos custos e benefícios associados à MMGD



REVOLUÇÃO ELÉTRICA

CONTEXTO BRASILEIRO

DEFINIÇÃO DE UMA ESTRUTURA TARIFÁRIA ADEQUADA

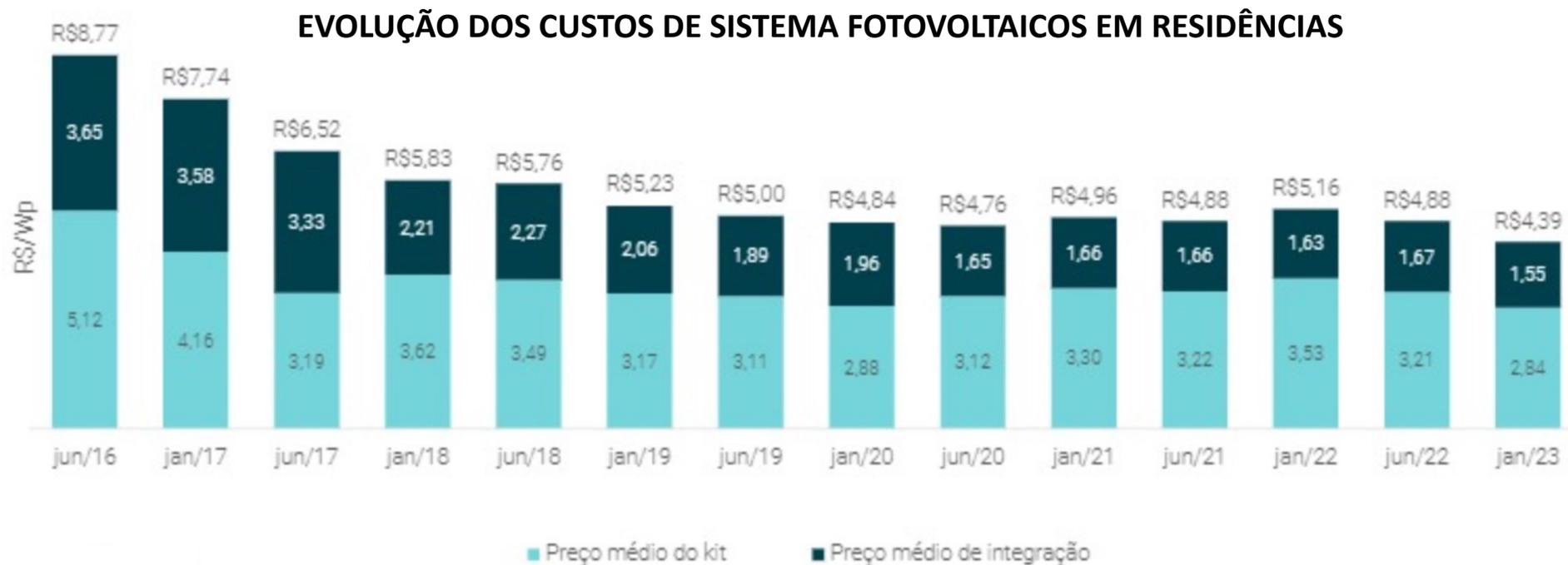
MENOS CENTRALIZADO, MAIS DESCENTRALIZADO

- A crescente participação da **Micro e Mini Geração Distribuída (MMGD)** representa uma mudança de paradigma no setor elétrico
 - *substituindo*: a geração centralizada de grande porte, distante da carga
 - *por*: geração dispersa, de pequeno porte, próxima à carga
- 
- Torna o planejamento e coordenação da expansão mais complexos
 - Reduz a demanda por transmissão (mas, se mal implementada, pode exigir mais transmissão)
 - Altera a gestão da distribuição: passiva (*'fit and forget'*) → ativa
 - Requer mais serviços ancilares → nova demanda: 'serviços ancilares distribuídos'
 - Enseja um novo papel para as distribuidoras: surgimento das Operadoras dos Sistemas de Distribuição (*'Distribution System Operators'*)

MMGD impulsionada pela redução de custos para o prosumidor

A atratividade da MMGD no Sistema de Compensação de Energia Elétrica (*net metering*) é impulsionada por:

- subsídios implícitos providos pelo Sistema de Compensação
- redução dos custos de instalação e operação dos sistemas fotovoltaicos com a massificação do mercado
- procura de formas para reduzir o pagamento de tributos e encargos embutidos na conta de energia elétrica

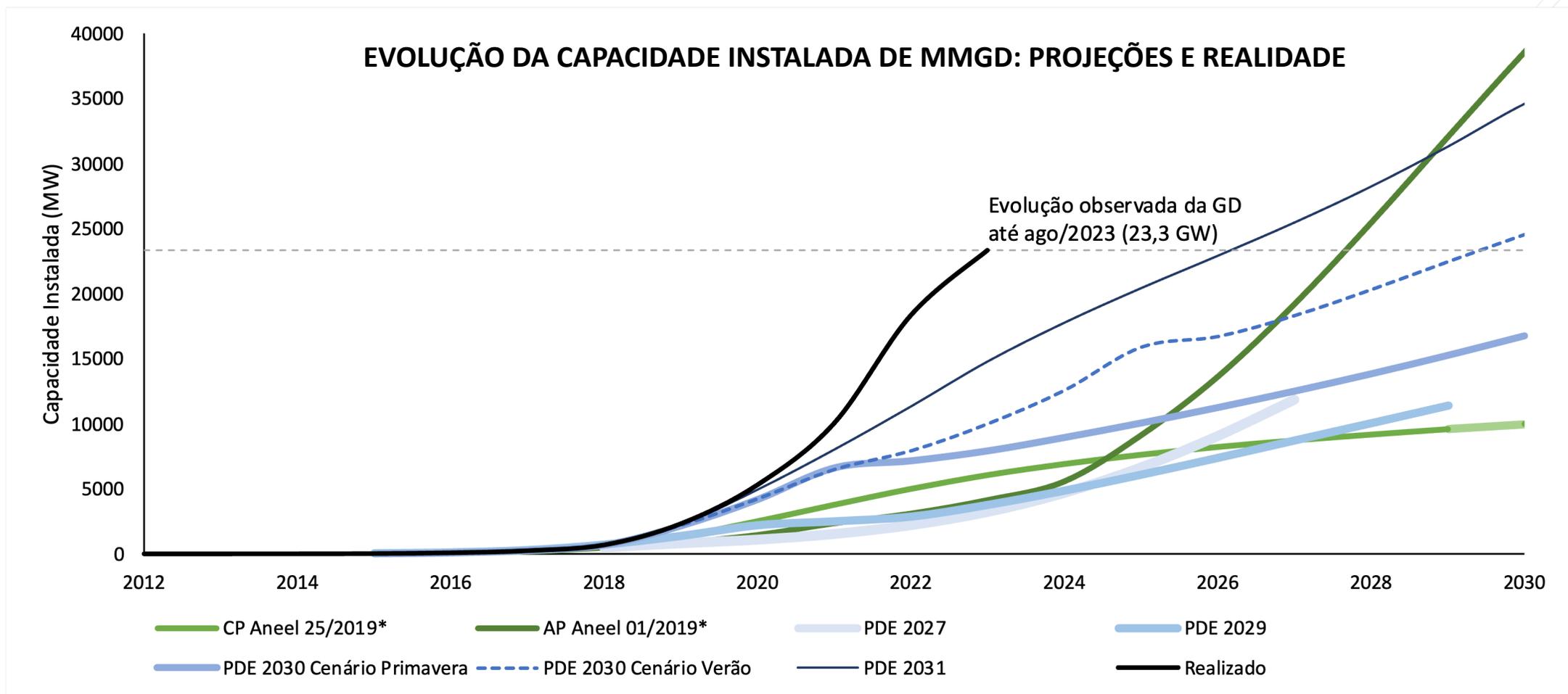


Nota: Custo de sistema com capacidade de 4 kWp

Fonte: Greener (2023).

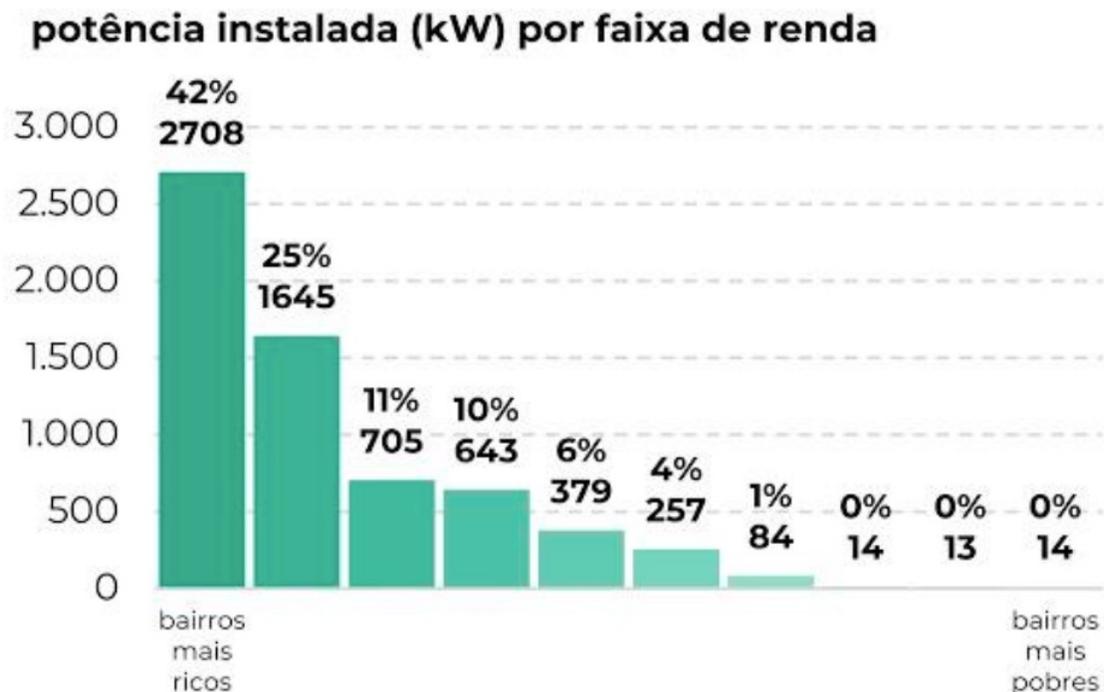
Crescimento exponencial da MMDG

O crescimento da MMDG tem sistematicamente superado as projeções oficiais



Quem são os maiores beneficiados com a MMGD?

MMGD NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE



Fonte: Idec (2021) – O efeito ‘Robin Hood às avessas’ da energia solar

MMGD E RENDA

- Até o momento, as oportunidades proporcionadas pela MMGD tem sido aproveitadas primordialmente por **consumidores de maior renda e pessoas jurídicas**

CONSUMIDOR ADERE AO SCEE

- O SCEE compensa não apenas a energia injetada, mas todos os outros componentes tarifários (T, D e encargos - situação anterior à Lei 14.300)
- *Tarifa deficitária*: a receita passa a ser inferior aos custos totais

REVISÃO TARIFÁRIA

- Eleva-se a tarifa para recompor a Receita Requerida
- *Deslocamento de custos*: O efeito final é de subsídio cruzado do consumidor regulado para o prossumidor com MMGD



Fonte: *Correio Braziliense* (16/Jan/2020).

INCENTIVOS DISTORCIDOS

- A adesão ao SCEE torna-se ainda mais atrativa
- *Investimento ineficiente*: Promove investimentos em MMGD mesmo quando estes são mais caros que os de outras fontes, em locais menos benéficos ao sistema, e no limite induzindo ao sobreinvestimento

SUSTENTABILIDADE COMPROMETIDA

- Encarece os custos do sistema como um todo e compromete a segurança do suprimento

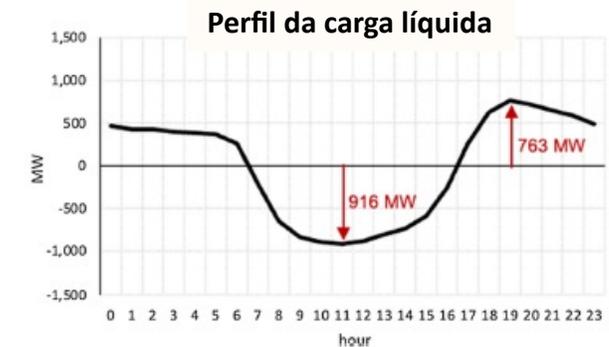
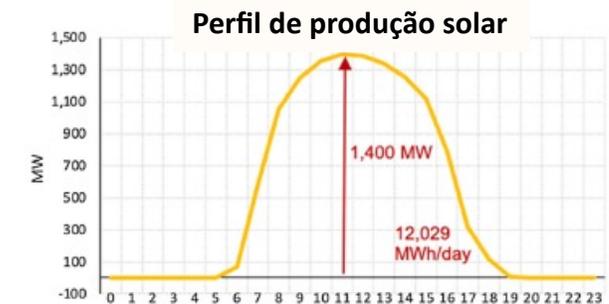
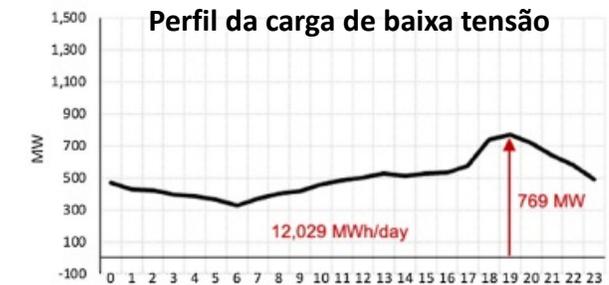
Desalinhamento do perfil horário da produção e da carga (1 de 2)

O perfil da carga de baixa tensão no Brasil geralmente apresenta demanda máxima ao anoitecer, enquanto a geração fotovoltaica apresenta um pico próximo no meio do dia

Exemplo Neoenergia Brasília

- A demanda máxima da baixa tensão é de 769 MWh às 19 horas com um consumo agregado diário de 12.029 MWh
- Se todos consumidores de baixa tensão de Brasília optassem pela MMGD solar, dimensionando seus sistemas para atendimento somente de sua carga, o pico de produção fotovoltaica seria da ordem de 1.400 MW (916 MW superior à carga neste horário), o que implicaria:
 - inversão do fluxo de energia da BT para a AT e
 - ampliação da rede de distribuição para acomodar a injeção de energia proveniente da MMGD

AMPLIAÇÃO DE CAPACIDADE REQUERIDA PARA ATENDIMENTO DA MMGD



Fonte: Sioshansi (2022) – cap. 13.

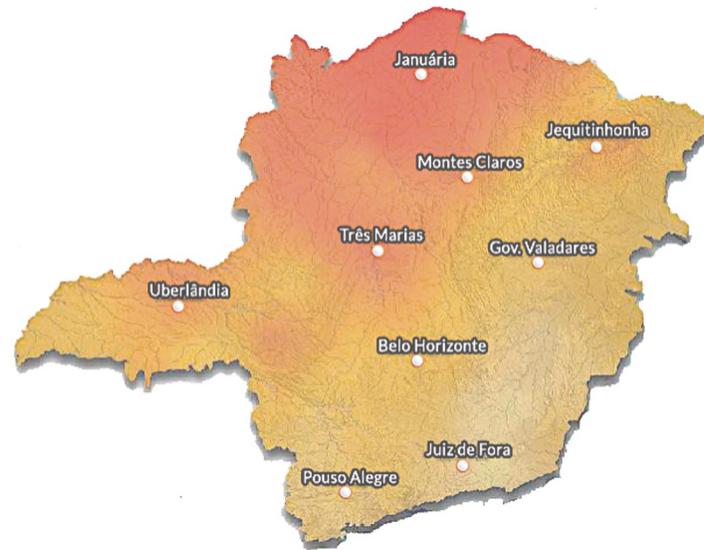
Expansão não coordenada

A ausência de sinalização de mercado resulta em expansão da MMGD onde o sistema menos se beneficia

Exemplo Cemig

- A MMGD tende a expandir onde é mais atrativo da perspectiva do lado da oferta (onde a maior irradiação solar é mais intensa e onde é mais fácil e barato instalar placas fotovoltaicas)

IRRADIAÇÃO SOLAR



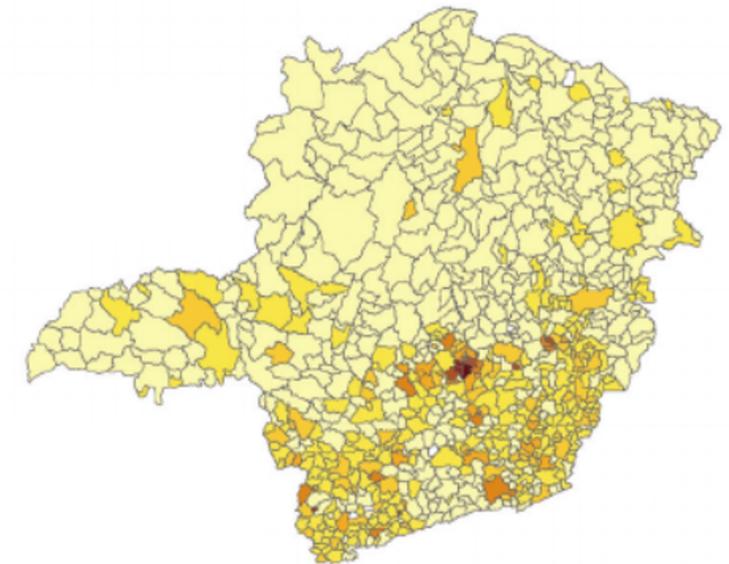
menor irradiação ← → maior irradiação

CAPACIDADE DISPONÍVEL NAS SUBESTAÇÕES



menor disponibilidade ← → maior disponibilidade

DENSIDADE DEMOGRÁFICA

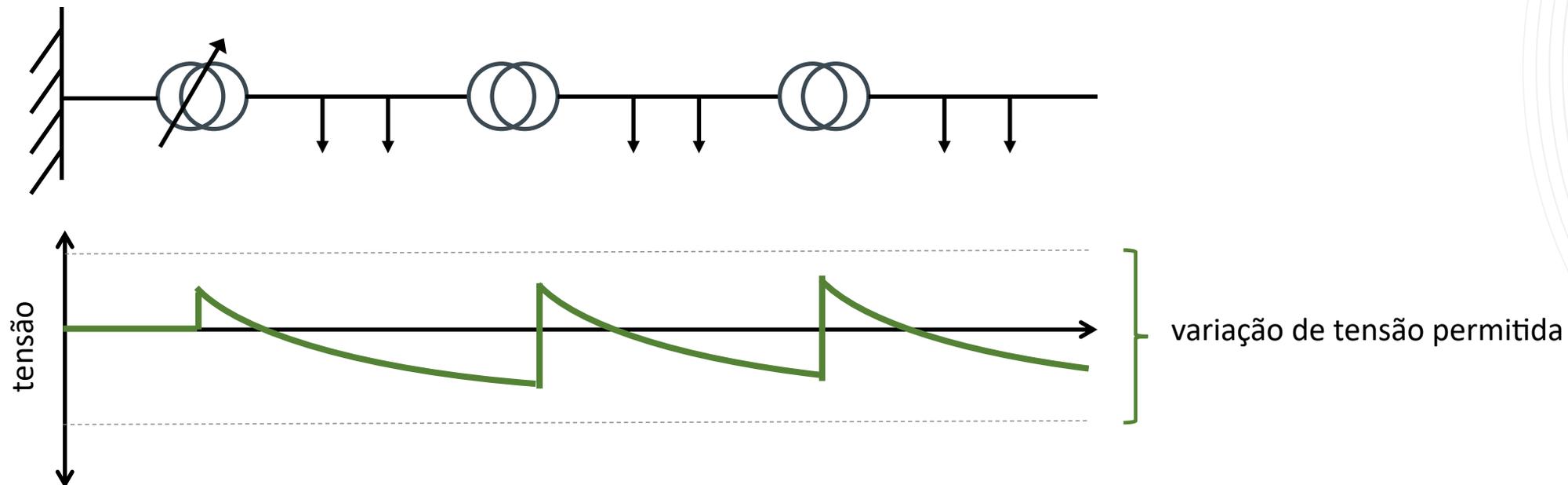


menor densidade ← → maior densidade

Fontes: Aneel, Cenmig, IBGE. Elaboração: Instituto Acende Brasil.

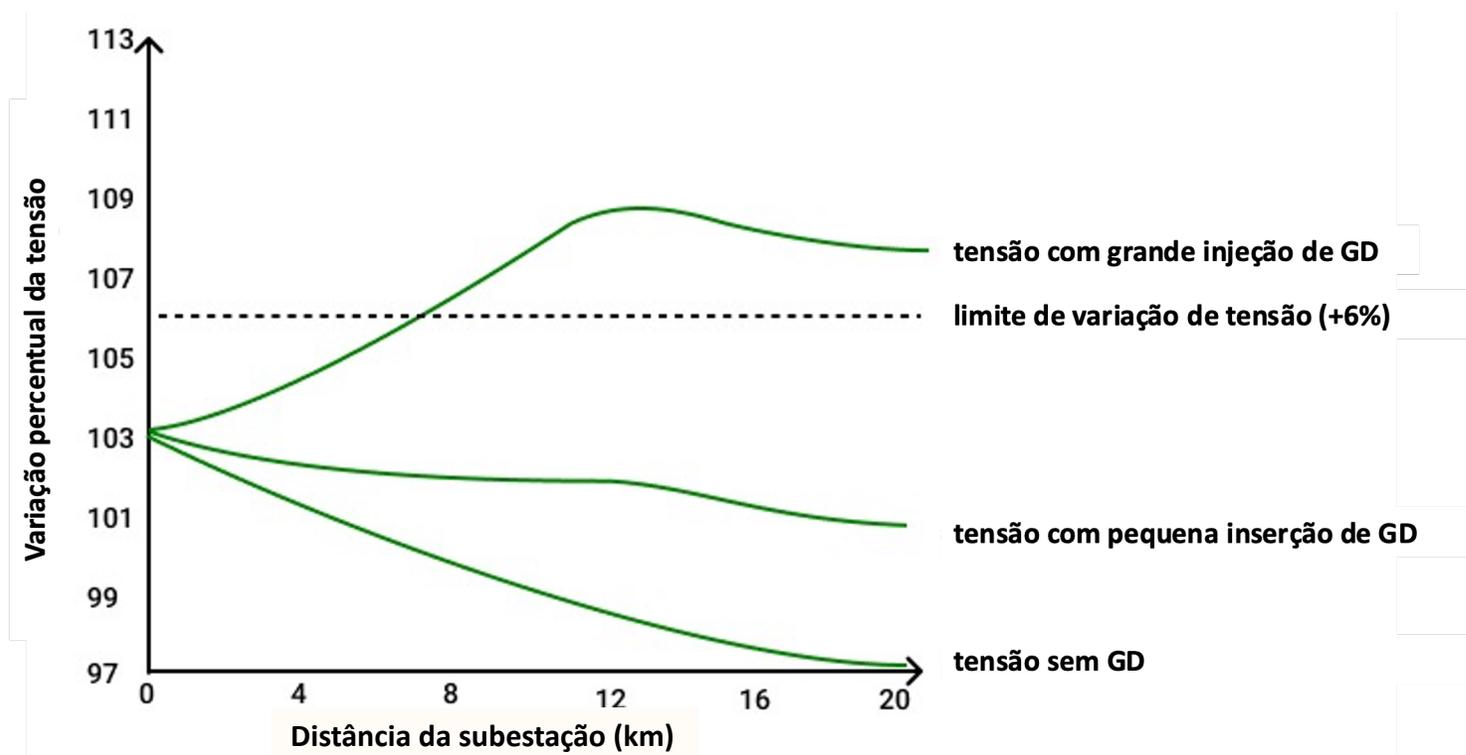
LINHA RADIAL COM FLUXO UNIDIRECIONAL

- Em uma linha radial, a tensão tende a cair à medida que se distancia da subestação alimentadora
- Para manter a tensão dentro dos limites admitidos, instalam-se transformadores ao longo da linha radial para elevar a tensão



IMPACTOS SOBRE A TENSÃO

- O impacto da Geração Distribuída varia em função do local e montante de geração



Fonte: Sioshansi (2022) – cap. 13.

REVOLUÇÃO ELÉTRICA

CONTEXTO BRASILEIRO

DEFINIÇÃO DE UMA ESTRUTURA TARIFÁRIA ADEQUADA

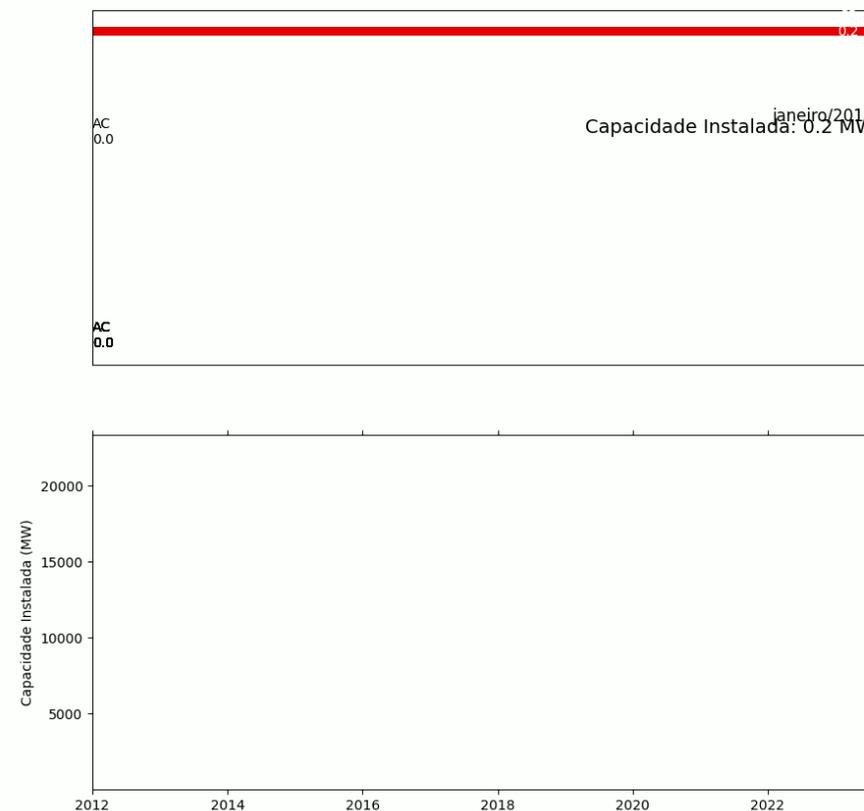
Os primórdios da Geração Distribuída

MENOS CENTRALIZADO, MAIS DESCENTRALIZADO

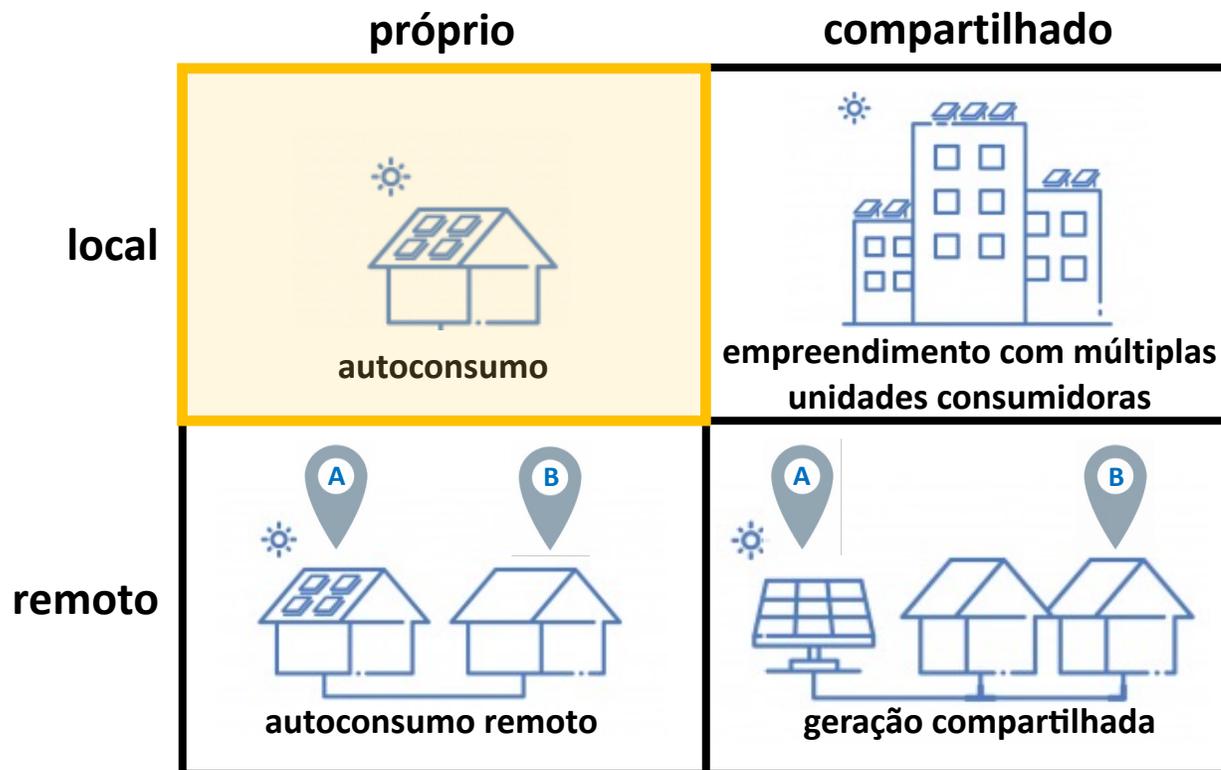
- A inserção de MMGD no Brasil começou com a implementação do **Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE)**, conhecido internacionalmente como *net metering*
- A SCEE foi inicialmente introduzido pela **Resolução Normativa 482/2012**
- A SCEE proporcionou fortes incentivos para a promoção da MMGD que – junto com a redução de custos obtidas com a sua massificação e elevação dos tributos e encargos – passaram a proporcionar taxas de retorno da ordem de 23% ao ano (Aneel, 2019)

- A inserção de MMGD passou a crescer de forma exponencial
- Em 2022, o Congresso Nacional promulgou a **Lei 14.300** prevendo:
 - **Transição:** redução gradual dos subsídios implícitos proporcionados para a MMGD
 - **Alvo:** compensação apenas da energia e dos custos e benefícios proporcionados pela MMGD

Inserção de MMGD no Brasil

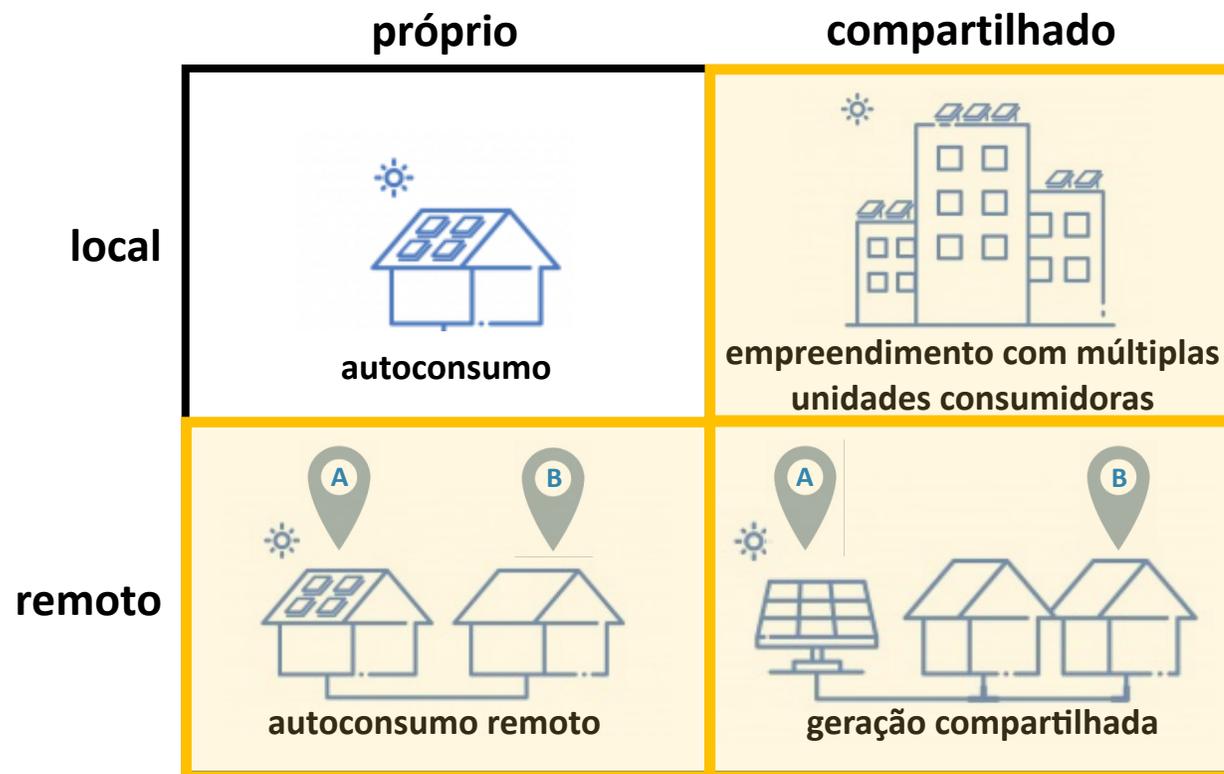


Fonte: Aneel (2023). Elaboração Própria.



CONCEITO ORIGINAL

- Inicialmente, a **Resolução Normativa 482/2012** só admitia a SCEE para autoconsumo local
 - *Princípio*: promover descarregamento da rede, com geração no ponto de consumo, dimensionado para seu próprio atendimento

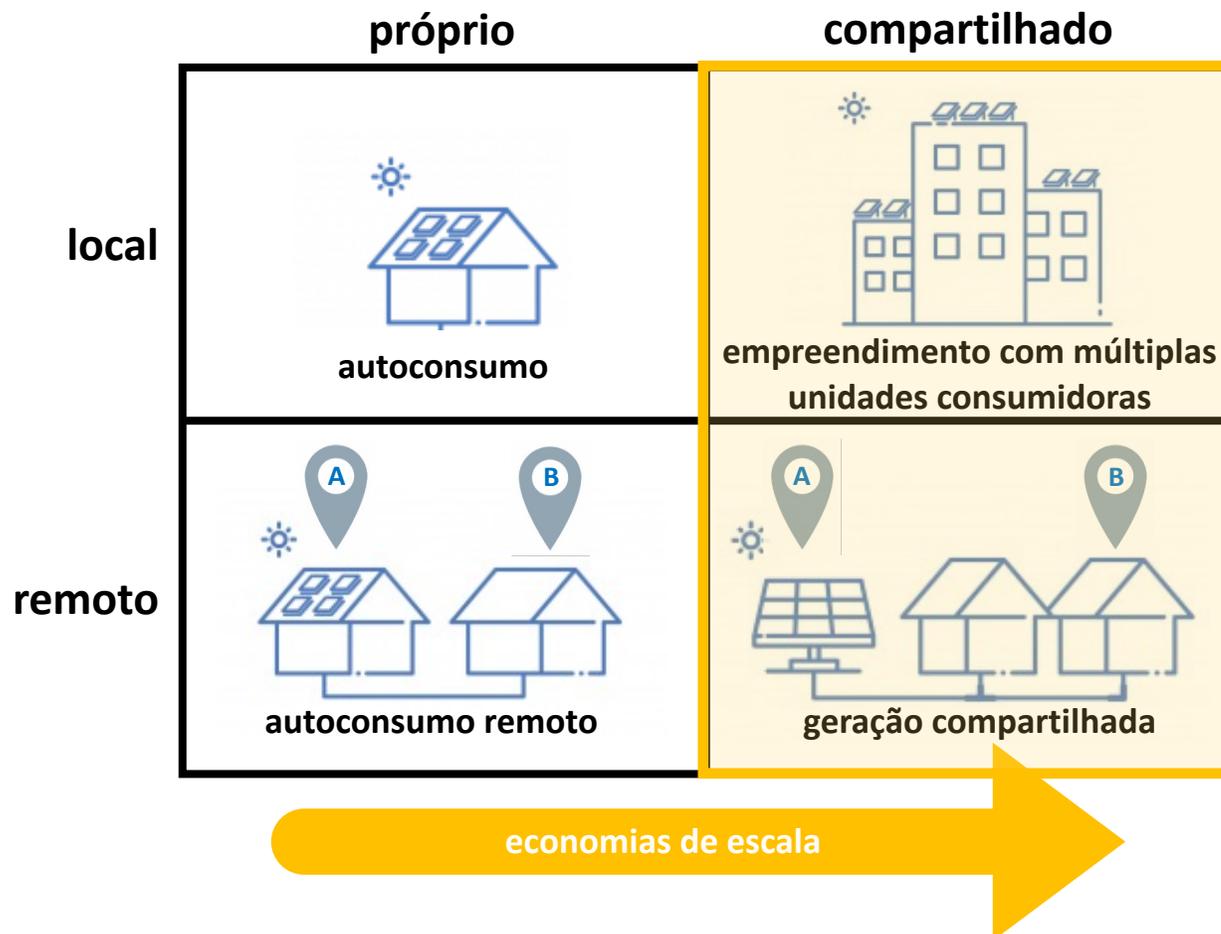


CONCEITO ORIGINAL

- Inicialmente, a **Resolução Normativa 482/2012** só admitia a SCEE para autoconsumo local
 - *Princípio:* promover descarregamento da rede, com geração no ponto de consumo, dimensionado para seu próprio atendimento

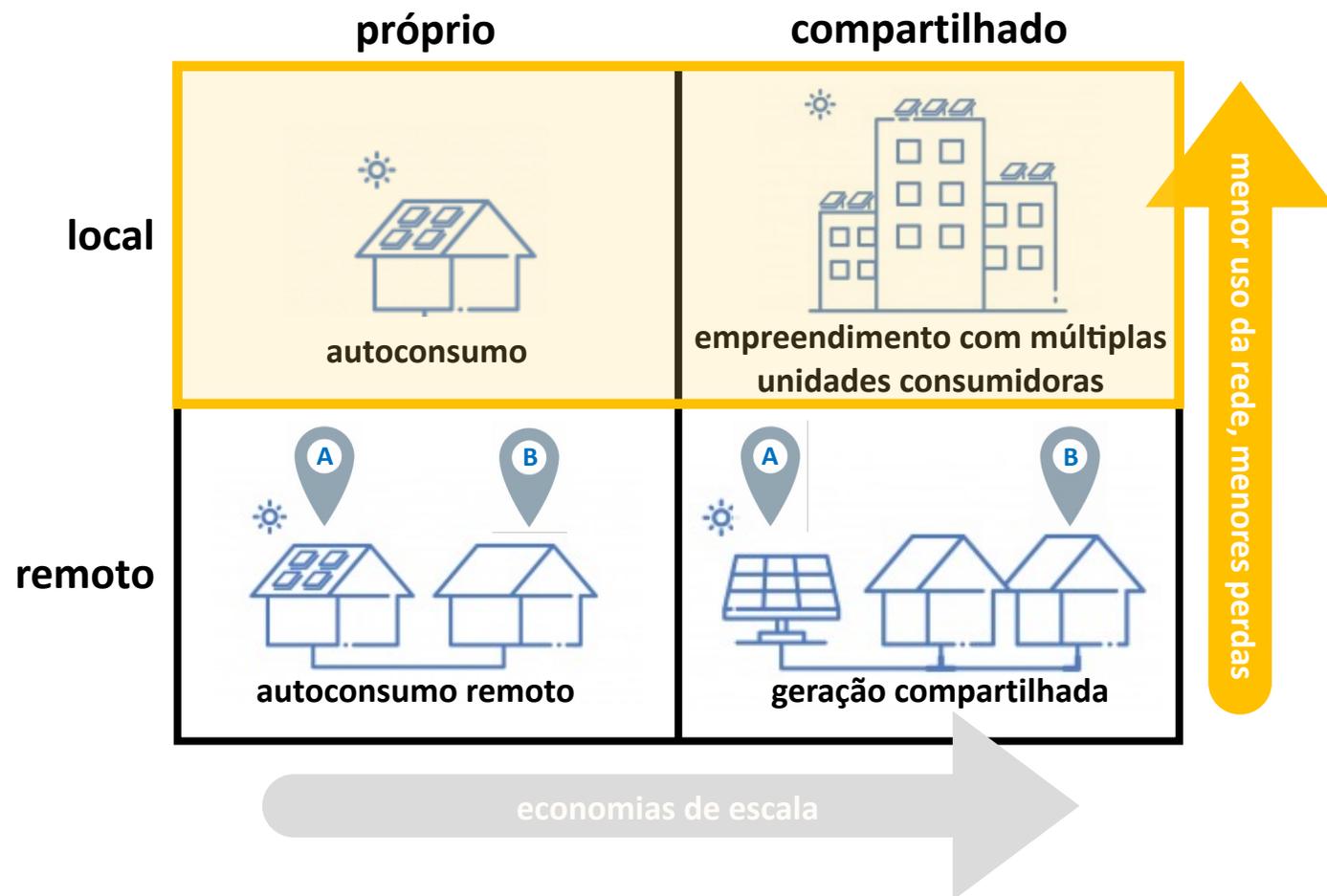
AMPLIAÇÃO DO CONCEITO

- A **Resolução Normativa 687/2015** alterou o SCEE de forma a permitir outras três modalidades:
 - autoconsumo remoto
 - empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras
 - geração compartilhada



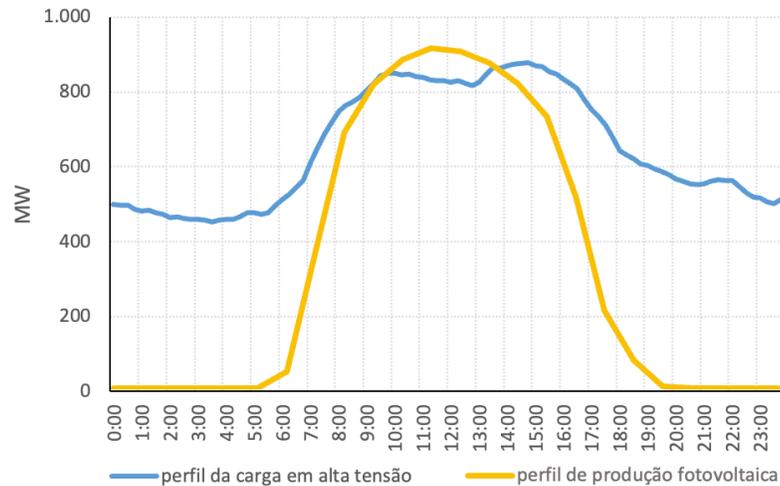
GANHOS DE ESCALA VS. USO DA REDE

- Geração compartilhada e remota possibilita:
 - ganhos de escala
 - reduz o número de instalações requeridas
 - facilita manutenção
 - viabiliza participação mais ampla (dos com 'pouco teto' ou 'pouca renda')

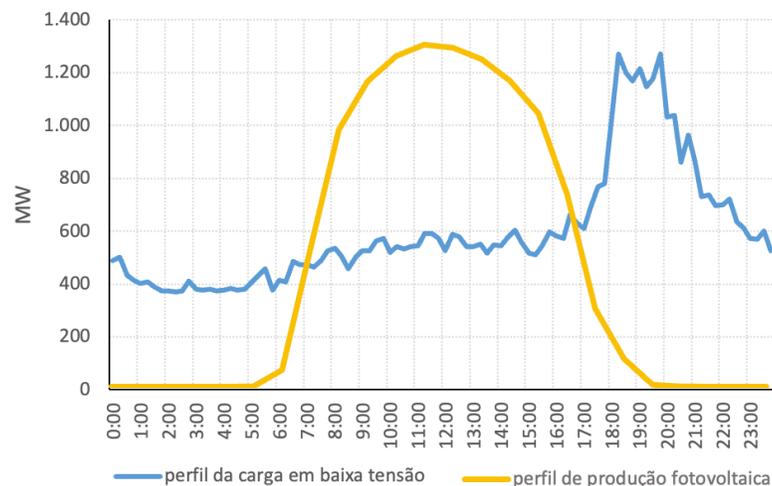


GANHOS DE ESCALA VS. USO DA REDE

- Geração compartilhada e remota possibilita:
 - ganhos de escala
 - reduz o número de instalações requeridas
 - facilita manutenção
 - viabiliza participação mais ampla (dos com 'pouco teto' ou 'pouca renda')
- Geração no local de consumo descarrega a rede e reduz perdas
- Porém, devido ao descasamento do perfil horário da produção e consumo, intensidade do uso da rede pode ser até maior



ALTA TENSÃO
perfil mais aderente,
menor uso da rede



BAIXA TENSÃO
perfil distinto,
maior uso da rede

GANHOS DE ESCALA VS. USO DA REDE

- Geração compartilhada e remota possibilita:
 - ganhos de escala
 - reduz o número de instalações requeridas
 - facilita manutenção
 - viabiliza participação mais ampla (dos com 'pouco teto' ou 'pouca renda')
- Geração no local de consumo descarrega a rede e reduz perdas
- Porém, devido ao descasamento do perfil horário da produção e consumo, intensidade do uso da rede pode ser até maior
- A distribuição do excedente da MMGD conectada à alta tensão tende a ser mais fácil por:
 - dispor de uma rede mais integrada
 - haver melhor aderência entre o padrão horário:
 - da produção fotovoltaica
 - da carga em alta tensão

PROJETO DE LEI 2.703/2022

- **Posterga** a fase de transição estabelecida na Lei 14.300 para novos empreendimentos de MMGD (art. 1º e 2º - alteram, respectivamente, o art. 1º e o inciso II do art. 26 da Lei 14.300)
- **Amplia** as categorias de empreendimentos de geração admitidos ao SCEE:
 - Pleiteia que Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) com até 30MW de potência sejam caracterizadas como minigeração (art. 2º - altera o inciso XIII do art. 1º da Lei 14.300)
- **Permite** a redistribuição dos créditos acumulados (não só dos excedentes de energia no ciclo tarifário) (art. 2º - altera o § 4º do inciso II do § 1º do art. 12 da Lei 14.300)
- **Promove** o ‘congelamento’ da estrutura tarifária (art. 2º - altera o art. 26 da Lei 14.300):
 - “b) considerar a tarifa correspondente à forma de uso do sistema de distribuição realizada pela unidade com minigeração distribuída, se para injetar ou consumir energia, na forma do art. 18 desta Lei, imediatamente após a publicação desta Lei.”

O Projeto de Lei já foi aprovado na Câmara dos Deputados e atualmente tramita no Senado Federal.

REVOLUÇÃO ELÉTRICA

CONTEXTO BRASILEIRO

DEFINIÇÃO DE UMA ESTRUTURA TARIFÁRIA ADEQUADA

Princípios para definição da estrutura tarifária

COBERTURA DE CUSTOS

- deve prover recursos para cobertura de custos operacionais e remuneração do capital investido pela concessionária de distribuição

EFICIÊNCIA

- precisa refletir os custos marginais: tarifas devem variar com fatores que dão origem aos custos

EQUIDADE

- usuários que demandam serviços compatíveis devem ser cobrados de forma uniforme

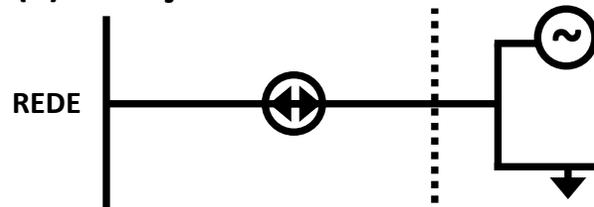
SINALIZAÇÃO EFICAZ

- tarifa deve ser compreendida pelos usuários para que saibam como podem reagir aos sinais de preços

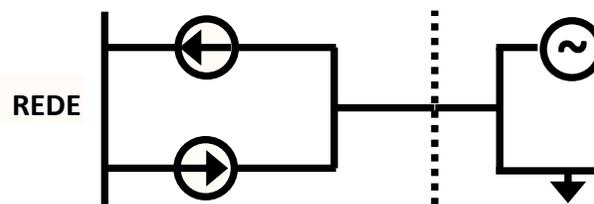
RESPEITO A RESTRIÇÕES

- as limitações da medição existente precisam ser levadas em conta
- as alterações na estrutura tarifária devem considerar seus impactos distributivos

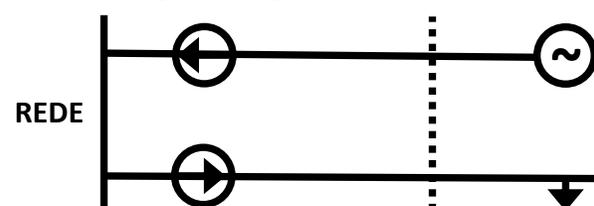
(a) medição volumétrica



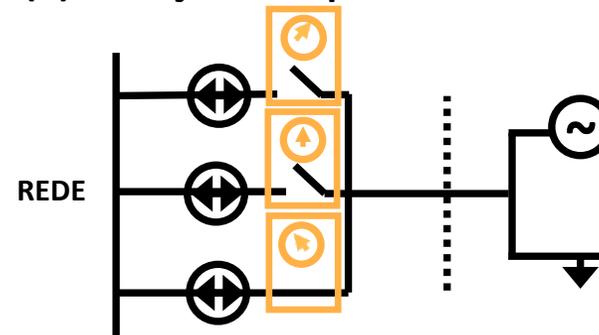
(b) medição bidirecional



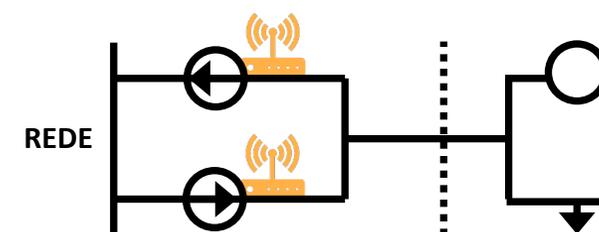
(c) medição dupla



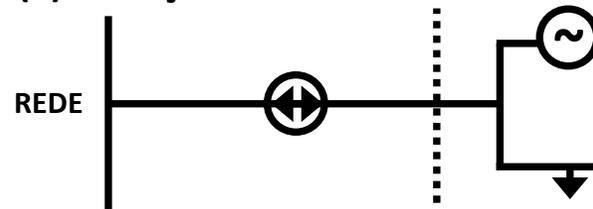
(d) medição com postos tarifários



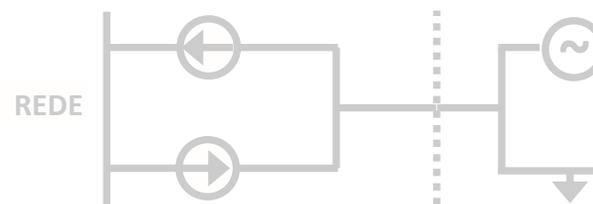
(e) medição bidirecional horária



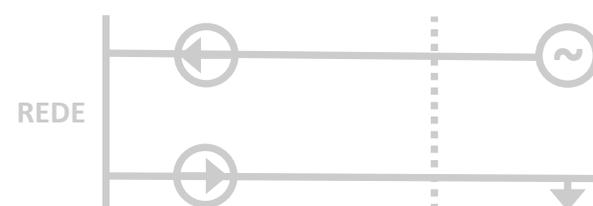
(a) medição volumétrica



(b) medição bidirecional



(c) medição dupla



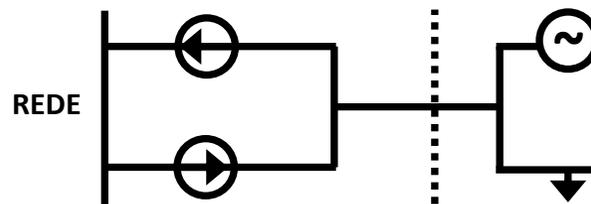
COMENTÁRIOS

- Medição vigente na maioria das unidades consumidoras
- Mede apenas a injeção ou o consumo líquido no ciclo de faturamento

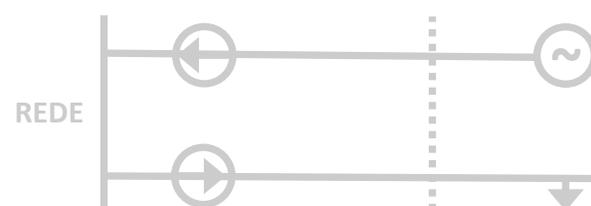
(a) medição volumétrica



(b) medição bidirecional



(c) medição dupla



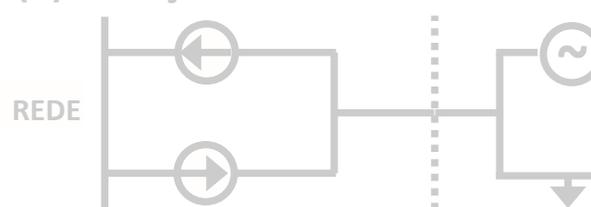
COMENTÁRIOS

- Permite a medição separada das injeções e retiradas de energia da rede de distribuição
- O autoconsumo instantâneo não é medido

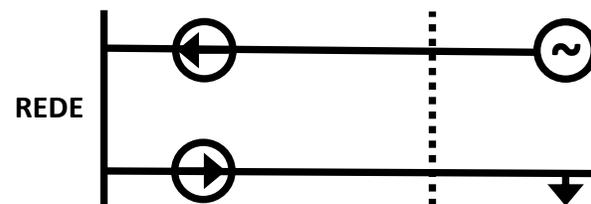
(a) medição volumétrica



(b) medição bidirecional



(c) medição dupla



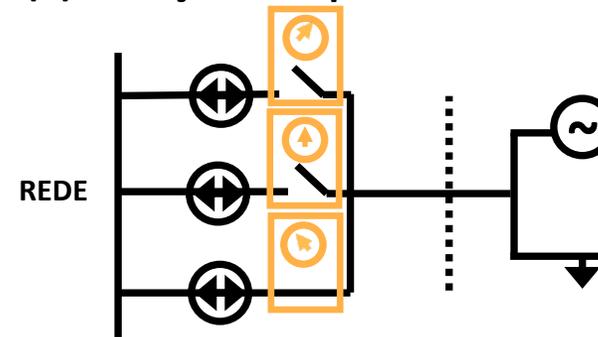
COMENTÁRIOS

- MMGD é conectada diretamente à rede da distribuidora
- Permite a medição bruta de toda a produção do MMGD e todo o consumo da unidade consumidora (proporciona mais informação para o planejamento)

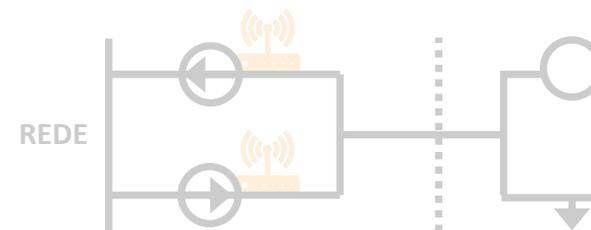
COMENTÁRIOS

- Permite adotar tarifação diferenciada por posto tarifário

(d) medição com postos tarifários



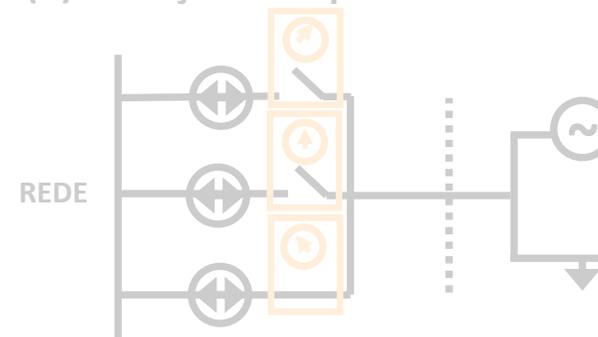
(e) medição bidirecional horária



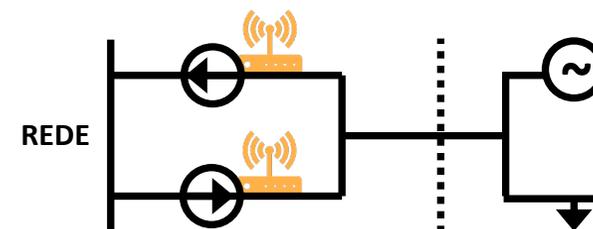
COMENTÁRIOS

- Possibilita a adoção de diferenciação da tarifa em tempo real
- Possibilita a mensuração da demanda de potência do consumidor

(d) medição com postos tarifários



(e) medição bidirecional horária



Componentes de custo de fatores de alocação

COMPONENTES DE CUSTO

$$G + T + D + A + C\&M$$

$G \equiv$ geração



consumo líquido

$T \equiv$ transmissão



potência máxima demandada da Rede Básica

$D \equiv$ distribuição (rede)



potência máxima demanda da rede de distribuição

$A \equiv$ atendimento comercial



componente fixo por unidade consumidora
(associado a custo operacional fixo)

$C\&M \equiv$ conexão e medição



componente específico para cada conexão (locacional)
(associado a um dispêndio de capital)

TARIFA VOLUMÉTRICA

$$p_v = \frac{G + T + D + A + C\&M}{Q_c}$$

$Q_c \equiv$ consumo agregado no ciclo de faturamento ($Q_c = \sum_n q_{c,n}$)

SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - SCEE

$$p_v \cdot (q_{c,n} - q_{i,n})$$

$q_{c,n} \equiv$ consumo no ciclo de faturamento do consumidor n

$q_{i,n} \equiv$ energia injetada na rede pelo consumidor n no ciclo de faturamento

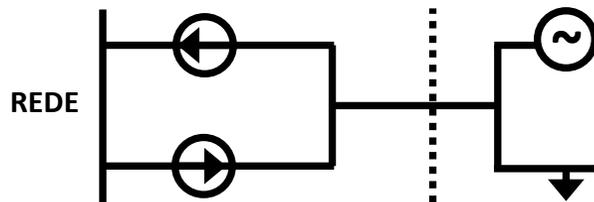
ALTERNATIVA 1

Tarifa Bidirecional

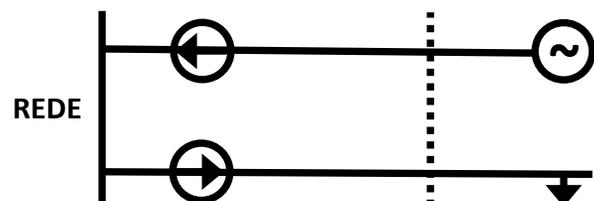
$$\underbrace{p_v \cdot q_{c,n}}_{\text{consumo}} - \underbrace{p_g \cdot q_{i,n}}_{\text{injeção}}$$

$p_g \equiv$ custo médio da energia contratada pela distribuidora

(b) medição bidirecional



(c) medição dupla



COMENTÁRIOS

- Apesar de ser baseada apenas na medição volumétrica dos fluxos de energia, esta tarifa é capaz de evitar grande parte do deslocamento de custos que ocorre no SCEE
- Distancia-se do conceito do SCEE ao tarifar a injeção e consumo de energia de formas diferentes (*ainda mais no caso da “medição dupla”, em que só são medidos a injeção e o consumo brutos*)

ALTERNATIVA 2

Tarifa de Duas Partes

$$\underbrace{p_g \cdot (q_{c,n} - q_{i,n})}_{\text{energia}} + \underbrace{p_k \cdot k_n}_{\text{fio}}$$

$$p_k = \frac{T + D + A + C\&M}{K}$$

$K \equiv$ potência máxima demanda

COMENTÁRIOS

- O componente **fio** visa a cobrir os custos do transporte (transmissão e distribuição)
- O componente fio requer medição mais sofisticada para medir a demanda de potência
- Idealmente, a tarifa deve ser baseada na potência demandada pelo consumidor na hora de ponta do sistema (*não a carga máxima do consumidor individual*)
- A cobrança do componente fio, com base na potência, pode ter impactos distributivos indesejáveis (*reduzindo a tarifa dos consumidores mais ricos, que apresentam maior fator de capacidade, e elevando a tarifa dos consumidores mais pobres*)

ALTERNATIVA 3

Tarifa de Três Partes

$$\underbrace{p_g \cdot (q_{c,n} - q_{i,n})}_{\text{energia}} + \underbrace{p_{t+d} \cdot k_n}_{\text{fio}} + \underbrace{p_{f,n}}_{\text{fixo}}$$

$$p_{t+d} = \frac{T + D}{K}$$

$$p_f = \frac{A}{N} + C \& M_n$$

$N \equiv$ número de unidades consumidoras

COMENTÁRIOS

- O componente **fixo** visa a cobrir os custos de atendimento ao consumidor que não são relacionados ao consumo ou à potência demandada
- Por não ser impactado pelo comportamento do consumidor, o componente fixo pode ser utilizado para fins redistributivos (por exemplo: para contrapor o impacto regressivo que a introdução do componente fio, baseada na potência, tende a provocar)

ALTERNATIVA 4

Tarifa de Quatro Partes

$$\underbrace{p_g \cdot (q_{c,n} - q_{i,n})}_{\text{energia}} + \underbrace{p_{t+d} \cdot k_n}_{\text{fio}} + \underbrace{p_{a,n}}_{\text{atendimento}} + \underbrace{p_{c,n}}_{\text{conexão}}$$

$$p_{t+d} = \frac{T + D}{K}$$

$$p_a = \frac{A}{N}$$

$$p_c = C \& M_n$$

$C \& M_n \equiv$ custo de conexão e medição do consumidor n

COMENTÁRIOS

- O componente de **atendimento** visa a cobrir os custos operacionais de faturamento e atendimento comercial
- O componente de **conexão** visa a cobrir:
 - os custos de conexão entre a unidade de consumo e a GD; e
 - os custos de acomodação da alteração dos fluxos de energia introduzidos pelo prosumidor
- O componente de conexão pode variar em função da demanda do usuário, sua localização geolétrica e o momento em que a conexão é requisitada
- Se o componente de conexão para todos pontos da rede for divulgado, este serve para incentivar a instalação de GD nas áreas geolétricas que podem ser melhor aproveitadas (*i.e., incentiva os prestadores de serviços e fornecedores de GD a persuadir consumidores localizados nas áreas geolétricas com menor taxa de conexão a aderir ao SCEE*)

ALTERNATIVA 5

Tarifa de Cinco Partes

$$\underbrace{p_g \cdot (q_{c,n} - q_{i,n})}_{\text{energia}} + \underbrace{p_t \cdot k_{t,n}}_{\text{fio A}} + \underbrace{p_d \cdot k_{d,n}}_{\text{fio B}} + \underbrace{p_{a,n}}_{\text{atendimento}} + \underbrace{p_{c,n}}_{\text{conexão}}$$

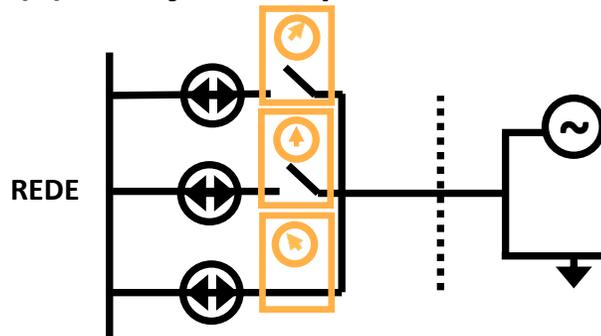
$$p_t = \frac{T}{K_t}$$

$$p_d = \frac{D}{K_d}$$

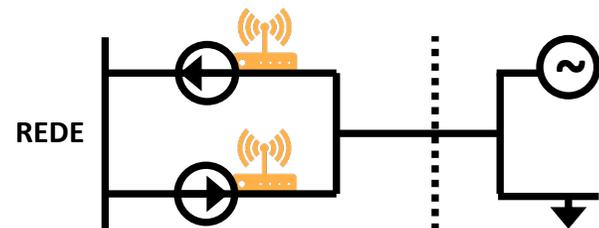
COMENTÁRIOS

- A separação do componente de **fio relacionado à transmissão (fio A)** e à **distribuição (fio B)** permite captar um dos potenciais benefícios da GD, na medida que estes contribuem para a redução do montante de energia importada da Rede Básica
- *Mas é preciso avaliar a participação da demanda do consumidor na hora de ponta de importação da Rede Básica)*

(d) medição com postos tarifários



(e) medição bidirecional horária



COMENTÁRIOS

- A importância da precificação horária deve aumentar nos próximos anos dada a crescente participação de fontes não controláveis com padrões horários bem definidos
- Havendo medidores capazes de medir o consumo horário, todas estas estruturas tarifárias podem ser aprimoradas com a adoção de **postos horários** tanto para o componente energia quanto para o componente fio
- Tarifas com **precificação dinâmica** (i.e., com precificação em tempo real) refletem melhor as condições do sistema, mas podem ser menos eficazes na provisão de sinalização para o consumidor, pois a maioria dos consumidores não está disposta a acompanhar e a ajustar seu consumo em tempo real
- A maior parte das variações horárias é previsível, sendo captadas com tarifas diferenciadas por postos horários
- Situações atípicas podem ser resolvidas com contratos de resposta da demanda que permitem redução ou corte de suprimento n vezes ao ano, mediante aviso prévio
- A precificação dinâmica só é vantajosa para situações atípicas e, principalmente, quando há elevada penetração de aparelhos elétricos inteligentes que podem ajustar o seu consumo automaticamente em função dos preços horários
- O sistema de **Bandeiras Tarifárias** é um mecanismo dinâmico de médio prazo

RECOMENDA-SE A ADOÇÃO DA ALTERNATIVA 4 (OU ALTERNATIVA 5)

- Os custos de transporte seriam cobertos pelo(s) componente(s) 'fio'
- Eventuais investimentos requeridos para adaptar a rede para comportar novos padrões de fluxos seriam cobertos pelo componente 'conexão'
- O componente 'conexão' seria:
 - diferenciado para cada ponto na rede com base no padrão de fluxos na rede de distribuição
 - definido anualmente e divulgado para incentivar a instalação de MMGD nos locais onde pode ser melhor acomodado no sistema
- De forma semelhante ao que é feito na CVA (Conta de Compensação de Valores dos itens da chamada Parcela A), seria feita anualmente a compensação das diferenças entre:
 - a receita requerida a ser recuperada por meio deste componente tarifário; e
 - o montante efetivamente arrecadado no ano
- No período de transição seria introduzido apenas o componente fio, incorporando apenas os custos de distribuição, conforme previsto no artigo 27 da Lei 14.300, implementando a estrutura tarifária completa a partir do sétimo ano
- No período de transição, o componente fio também deve proporcionar um sinal locacional a ser cobrado de toda nova conexão de MMGD
- A tarifação diferenciada por posto tarifário deveria ser incorporada já na transição para ambos componentes (consumo e fio) assim que a modernização da medição permitir

TESE

A melhor forma de se incorporar os custos e benefícios da MMGD é com a adoção de uma estrutura tarifária que reflita de forma mais fidedigna seus efeitos sobre o sistema, dados:

- ***o local em que está instalado; e***
- ***os momentos em que se injeta ou retira energia da rede***

Portanto:

- A descentralização promovida pela inserção de MMGD requer uma sinalização de preços mais apurada para promover a coordenação
- Na ausência de uma sinalização de preços adequada, a inserção de MMGD será ineficiente
- Por isto, é necessário preservar a autonomia da Aneel para modernizar a estrutura tarifária a fim de atingir os objetivos estabelecidos de políticas públicas
- Não deve haver restrições para adoção de novas estruturas tarifárias para novas conexões de MMGD
- É importante promover a modernização da medição

O Instituto Acende Brasil é um Centro de Estudos que visa a aumentar o grau de **Transparência e Sustentabilidade do Setor Elétrico Brasileiro**. Para atingir este objetivo, adotamos a abordagem de **Observatório do Setor Elétrico** e estudamos as seguintes dimensões:

Para saber mais acesse:
www.acendebrazil.com.br

