

Algoritmo de Precificação Variável para Estações de Recarga de Veículos Elétricos com Foco em Solução de Problemas para a Rede de Distribuição

Tema: Novos modelos de negócio

Autores: Marcos Fernando Barbosa dos Santos, Alexandre Leite Ferreira e Renato Zampiroli de Medeiros

Co-Autores: Cesare Quinteiro Pica, Maria Heloiza Soares Pacheco e Débora Batissoco Sanches de Oliveira

Empresa: Empresa Luz e Força Santa Maria S/A

Resumo

Este artigo propõe um modelo de tarifação variável para estações de recarga de veículos elétricos, com o objetivo de auxiliar a distribuidora de energia a mitigar problemas por sobrecarga na rede previstos com a expansão da mobilidade elétrica no Brasil. O modelo proposto, que é o ponto de originalidade de um projeto de P&D ANEEL, realiza incrementos e decrementos no preço de recarga, com modulação temporal e espacial para guiar o comportamento do usuário para utilizar as estações nos horários e locais que sejam mais convenientes à estabilidade da rede, do ponto de vista da distribuidora de energia.

1. Introdução

Nos últimos anos, com o aumento cada vez mais significativo dos veículos elétricos no Brasil, novos desafios surgem para a rede de distribuição, que vão desde a adequação à infraestrutura, segurança e confiabilidade do sistema até o gerenciamento e novas formas de negócio. De acordo com a Associação Brasileira do Veículo Elétrico, até 2030, o Brasil terá cerca de 1 milhão de veículos elétricos e híbridos em circulação, comparado com mais de 270 mil atualmente. Desses, aproximadamente 70% serão veículos elétricos plug-in (BEV e HEV), que requerem recarga de energia em estações, o que denuncia a urgência em se testar formas de inserção desses veículos que sejam sustentáveis técnica e economicamente. É importante que a distribuidora de energia tenha algum controle sobre o atendimento dessas cargas, mas sem impedir a autonomia dos próprios usuários de veículos elétricos, e nesse contexto a tarifação dinâmica se apresenta como uma solução viável.

A tarifação dinâmica é uma estratégia que consiste em ajustar os preços de recarga dos veículos elétricos de acordo com a demanda e oferta de energia em tempo real. Isso significa que, em momentos de maior procura por energia, os preços serão mais altos, enquanto em horários de menor demanda, os preços serão mais baixos. Essa técnica tem sido utilizada para incentivar o uso consciente da energia e evitar sobrecargas no sistema elétrico, além de se tornar uma opção vantajosa para os consumidores que podem economizar dinheiro recarregando seus carros em horários com tarifas mais baixas.

Na literatura são apresentadas, ainda de forma teórica, formas diversificadas de se variar dinamicamente preços, visando o balanceamento do mercado. Os objetivos variam desde equilibrar oferta e demanda, influenciar o comportamento e melhorar a experiência do usuário, evitar problemas técnicos para a rede

de distribuição, seja para estações de recarga de veículos elétricos, quanto para aplicações similares. As referências (Moghaddam, Ahmad, Habibi & Masoum, 2019), (Bodenschatz, Eider & Berl, 2020) e (Yuan & Zhang, 2015) apresentam modelos de tarifação dinâmica focadas em estações de recarga pública, com o objetivo de evitar filas. Já o trabalho apresentado em (Oliveira, Righetto, Silveira, De Bona, Roncalio & França, 2021) utiliza a variação de preços para otimizar o uso de frotas de veículos elétricos, de acordo com a demanda da unidade consumidora local. Em (Freier & Loess, 2022) é apresentada a metodologia desenvolvida para modulação de preços para unidades consumidoras residenciais, visando melhorar a estabilidade da rede, utilizar simultaneamente os recursos de geração renovável e gerar receitas para as residências. Além disso, existem aplicações fora do setor de energia, como a Uber (Yan, Zhu, Korolko & Woodard, 2019)] e a Lyft (Crapis & Sholley, 2020), que utilizam a estratégia de tarifação dinâmica para equilibrar a demanda no seu mercado de transportes por aplicativo.

De forma inovadora, este trabalho apresenta o modelo de tarifação variável para estações de recarga, que é o ponto de originalidade, desenvolvido em projeto de P&D ANEEL em parceria da ELFSM com a movE Eletromobilidade, com foco na usabilidade na rede de recarga de veículos elétricos em implementação na área de concessão da distribuidora.

O artigo é organizado da seguinte forma: a seção seguinte apresenta os desafios para a rede de distribuição relacionados à inserção dos veículos elétricos. Logo após é apresentado o modelo proposto, seguido dos resultados e discussões. Por fim, as conclusões e agradecimentos.

2. Desenvolvimento

2.1. Desafios para a rede de distribuição

Nesta seção serão apresentados os principais problemas ou desafios que são decorrentes da expansão da mobilidade elétrica que podem se beneficiar da tarifação dinâmica como uma forma de solução.

-

Sobrecarga na rede

A expansão da oferta de recarga de veículos elétricos e o alto consumo de energia elétrica das estações de recarga, principalmente das rápidas, em um curto período de tempo, fazem surgir uma preocupação com a sobrecarga na rede elétrica, especialmente durante picos de demanda. Juntamente à implementação de infraestruturas adequadas, a tarifação dinâmica pode incentivar uma distribuição mais uniforme de recargas ao longo do dia, evitando sobrecarga da rede em horários de pico.

-

Excesso de geração renovável

Em meio ao crescimento das fontes de geração renováveis intermitentes, apesar de todos os benefícios observados, surgem desafios técnicos a serem resolvidos, como é o caso da chamada “curva do pato”: excesso de energia gerada durante o dia, acompanhado por uma baixa demanda neste período, elevando a quantidade de energia excedente na rede e, em horas de alta demanda, após o pôr do sol, uma necessidade urgente de geração de energia. Este fenômeno estimulou o desenvolvimento de novas soluções para o armazenamento de energia, e incentivos à gestão inteligente da demanda e a melhoria da eficiência energética em países portadores de quantidade expressiva de geração renovável, como o Brasil. A tarifação dinâmica de recarga de veículos elétricos pode incentivar recargas durante os horários de excedente de geração renovável, levando ao consumo simultâneo à geração.

-

Gestão da demanda pelo consumidor

A gestão da demanda de energia pelo consumidor é, geralmente, realizada por meio do desligamento de cargas não essenciais, ou por sistemas inteligentes de automação residencial, onde os dispositivos são programados para operar em momentos de menor demanda de energia, com o objetivo de evitar sobrecargas de rede em horários definidos, e reduzir os custos de investimento em infraestrutura. A tarifação dinâmica pode contribuir para a gestão da demanda pelo consumidor, que seria influenciada pela modulação dos preços, levando o usuário a utilizar as estações de recarga em horários de menor demanda, contribuindo para a segurança e confiabilidade do sistema.

2.2. Recargas pelo mundo

Atualmente, a grande maior parte dos carregadores de uso público no Brasil são liberados para recarga de forma gratuita, mas essa realidade começou a mudar a partir de 2022. Ainda não há certeza do ponto de vista regulatório e tributário quanto às formas de cobrança, mas os órgãos competentes estão trabalhando nisso, e de todo o modo já existem casos de carregadores sendo tarifados em função de kWh consumido na recarga, ou de tempo (minutos) de uso dos carregadores, e/ou com uma taxa fixa por cada recarga realizada. Os valores cobrados também estão em fase inicial de teste, sendo que em alguns casos o valor é apenas 'simbólico' e em outros já com uma proposta de valor comercial. Independente do parâmetro utilizado, e do valor, os modelos hoje praticados são com base em tarifas '*flat*', com um mesmo valor para qualquer horário do dia ou frequência de uso dos carregadores. Os valores encontrados para estações de recarga no Brasil, estão na faixa de R\$1,50 a R\$3,00 por kWh, segundo (PlugShare, 2023).

Em outras partes do mundo, a cobrança já está mais madura e sendo efetuada de diferentes formas, de acordo com o tipo de uso das estações e as características técnicas existentes. Na América, devido à diferença de desenvolvimento da mobilidade elétrica nos países, as cobranças das recargas são modeladas de acordo com as características da rede, podendo variar entre US\$ 0,20 a US\$ 0,50 de acordo com o horário da recarga e a demanda de energia ou de acordo com o nível de potência utilizada nos carregadores. Na Europa, sendo um mercado mais desenvolvido, as cobranças, no geral, são precificadas por kWh, variando entre € 0,10 e € 0,50 o kWh. O preço, em geral, é estipulado com valores mais elevados para recargas em corrente contínua e menores para corrente alternada (Plugshare, 2023).

2.3. Modelo Proposto

As principais estratégias encontradas para tarifação variável em estações de recarga são baseadas em variação temporal e variação espacial do preço. A primeira realiza um deslocamento no tempo das recargas, incentivando os condutores a carregarem seus veículos em horários de menor demanda por energia, ou em horários de maior geração renovável por meio de um sinal de decréscimo no preço, com o objetivo de evitar sobrecarga da rede elétrica em horários de muita demanda por energia nas cargas relacionadas. Já a variação espacial modula o preço de estações de recarga de forma que os pontos que estiverem mais ocupados tenham um preço maior para novas recargas. Da mesma forma, as estações que estão desocupadas ficam com o preço menor em relação às outras. Assim, espera-se que o condutor avalie mudar sua rota e recarregar em uma estação desocupada, evitando filas nas estações.

No geral, existe a tendência de cobrança por unidade de energia, por ser mais coerente quando se considera as diferentes potências de recarga, que podem ser limitadas tanto pela estação quanto pelo veículo elétrico. Por outro lado, ao final da recarga, quando a transferência de potência é quase nula, a cobrança por unidade de energia não produz fluxo de receita, enquanto impede que a estação seja ocupada por outros veículos para a recarga. Visando a utilização correta e mais otimizada de toda a infraestrutura de recarga, é necessário que o modelo proposto contemple tanto um custo por unidade de energia [R\$/kW] para o momento da recarga, quanto um custo associado ao tempo de ocupação da estação sem a transferência de potência [R\$/min]. Dessa forma, o usuário tem uma cobrança justa para a sua recarga, pagando pela energia recarregada da sua bateria independente do tempo necessário e, ao mesmo tempo, é incentivado a

liberar a estação assim que sua recarga atinge um limiar, liberando assim a estação para outros usuários, e mantendo o fluxo de receitas.

O algoritmo proposto é baseado em uma função afim com parcelas fixas e variáveis, conforme mostrado na Figura 1.

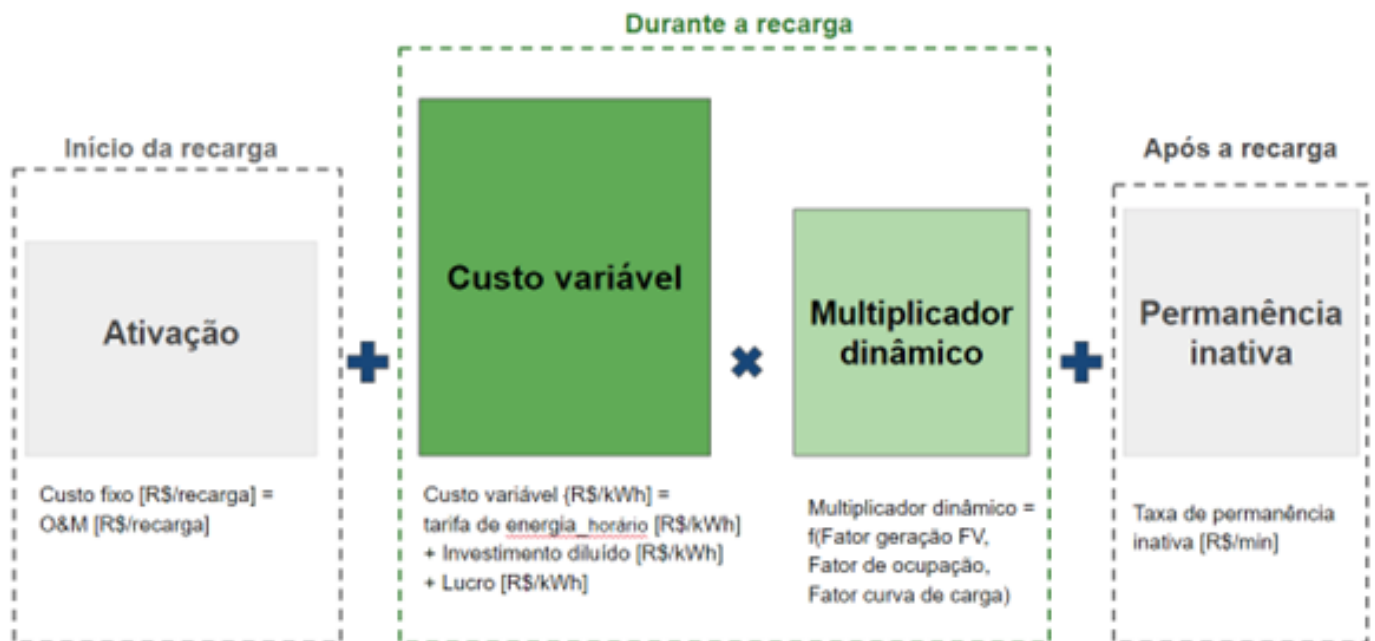


Figura 1: Componentes de preço no algoritmo proposto

Fonte: Elaboração Própria

O cálculo do preço final da recarga é dado pela Equação 1 e detalhado nas equações seguintes.

$$P_{final} (R\$/recarga) = C_{fixoj} (R\$/recarga) + \max [P_{mínimoj} (R\$/kWh); C_{variávelj,t} (R\$/kWh) * \beta_H] * erecoar - ga(kWh) + F_{inativo} (R\$/min) * D_{inativo}(min) \quad (1)$$

Onde:

$$C_{fixoj} (R\$/recarga) = O\&M_j (R\$/recarga) \quad (2)$$

$$C_{variávelj,t} (R\$/kWh) = T_{energijat} (R\$/kWh) + M_j (R\$/kWh) + L_j (R\$/kWh) \quad (3)$$

$$\beta_H = f(F_{atorgeração FV}, F_{atorocupação}, F_{atorcurva de carga}), \beta_H = 1 + (F_{atorcurva de carga} + F_{atorocupação} - 3 * F_{atorgeração FV}) \quad (4)$$

Onde P_{final} é o preço final da recarga, C_{fixoj} é o custo fixo na estação de recarga j , $P_{mínimoj}$ o preço variável mínimo para recarga estação j , $C_{variávelj,t}$ é o custo variável na estação de recarga j no horário t , β_H t é o multiplicador dinâmico calculado para a estação j no horário t , $F_{inativo}$ é a taxa de permanência inativa, $D_{inativo}$ a duração da permanência inativa, $O\&M_j$ o custo de O&M na estação j , $erecoar$ é o consumo de energia na recarga, $T_{energijat}$ a tarifa de energia para o horário t , M_j é o investimento na estação j diluído no tempo, L_j é o lucro pretendido na estação j , $F_{atorgeração FV}$ é o fator calculado de geração fotovoltaica total do sistema, $F_{atorocupação}$ o fator calculado de ocupação das estações de recarga e $F_{atorcurva de carga}$ é o fator calculado com base na curva de carga da distribuidora.

β_H são coeficientes de peso ajustados durante testes, de acordo com a customização do algoritmo para as necessidades específicas nesse caso e a análise de sensibilidade e o preço mínimo é estabelecido pelo administrador da estação para limitar a variação dinâmica.

Os componentes do multiplicador dinâmico são detalhados a seguir:

• Fatorgeração FV: fator que modula os preços fornecendo descontos para incentivar a recarga em momentos de geração FV excessiva. Esse fator funciona de duas maneiras: i) localmente, incentiva a recarga quando a geração FV local é maior que a demanda atual na estação de recarga; e ii) no sistema como um todo, incentiva a recarga quando a geração renovável da distribuidora é maior que a carga da concessionária.

$$Fatorgeração\ FV = (Fatorgeração\ FV\ local + Fatorgeração\ FV\ global) \quad (5)$$

Se $gd_{local,t} > dj,t$

$$Fatorgeração\ FV\ local = 1 ;$$

Senão

$$Fatorgeração\ FV\ local = 0$$

Se $gd_{global,t} > [C_{distribuidora,t} + dj,t]$

$$Fatorgeração\ FV\ global = 1$$

Senão

$$Fatorgeração\ FV\ global = 0$$

Onde Fatorgeração FV local é o fator calculado de geração fotovoltaica no local da estação j, Fatorgeração FV global é o fator calculado de geração fotovoltaica na área de concessão da distribuidora, $gd_{local,t}$ é a geração fotovoltaica no local da estação no horário t, $gd_{global,t}$ é a geração fotovoltaica global da distribuidora no horário t, $C_{distribuidora,t}$ é a carga da distribuidora no horário t e dj,t a demanda na estação j no horário t.

• Fatorocupação: fator que modula os preços para cima dependendo da ocupação das estações. Dessa forma, se uma estação está com os conectores ocupados, o seu preço sofre aumento. Dessa forma, as outras estações com conectores desocupados ficam com preço mais atrativo em relação à primeira, incentivando a distribuição das recargas de modo a evitar filas.

$$Fatorocupação \quad (6)$$

Se conectores estão ocupados

$$Fatorocupação = 1$$

Senão

$$Fatorocupação = 0$$

• Fatorcurva de carga: é o fator responsável por modular os preços para cima quando a curva de carga da distribuidora está muito alta, não incentivando a recarga nesses horários. É dado pelo vetor da curva de carga diária da distribuidora em pu, em dias úteis, sábados e domingos.

$$Fatorcurva\ de\ carga = \{cargat, cargat+1, cargat+2, \dots, cargat+23\} \quad (7)$$

2.4. Resultados e discussões

O modelo foi implementado e testado com discretização de tempo de 1 hora para cada mudança de preço. Visando melhor efeito didático da apresentação dos resultados, este artigo se concentra nas simulações apenas para a componente do preço “Durante a recarga”, ou seja, o custo variável e o multiplicador dinâmico.

Para verificar a influência dos fatores de ocupação, fator de geração renovável e fator de curva de carga, foram utilizados os seguintes dados:

- Curva de geração renovável ao longo do dia para um dia de verão na área de concessão da distribuidora, obtida pelo tratamento dos dados de potência instalada em geração distribuída e simulado no PVSyst;
- Dados da curva de carga provenientes das medições nos alimentadores para um dia útil no verão;
-

Curva de ocupação das estações obtidas relacionando a potência disponível durante a implementação do piloto e dados de comportamento de recarga usual para veículos elétricos ao longo do dia, obtidas por medições de 300 estações de recarga ativas na plataforma do Operador de Pontos de Recarga movE.

- Os coeficientes α , β e γ foram definidos por análise de sensibilidade dos parâmetros de entrada no preço médio diário da recarga.

Tabela 2: Parâmetros de entrada da simulação

Parâmetro	Valor
$p_{mínimo_j}$	1,00 (R\$/kWh)
$O\&M_j$	1,00 (R\$/recarga)
$T_{energia_t}$	Horário de ponta: 0,56939 e Horário fora ponta: 0,38383 (R\$/kWh)
M_j	1,20 (R\$/kWh)
α, β e γ	0,8, 0,8 e 0,5, respectivamente

Durante a execução desse projeto foi definido junto à distribuidora não adicionar lucro ao preço, bastando os custos de investimento, energia e manutenção. Essa decisão, a princípio, se justifica pela natureza inicial da operação de estações de recarga na área de concessão da distribuidora e também visa incentivar a adesão dos usuários.

Primeiramente foi apresentado o cenário em condições atuais de geração renovável, carga e veículos elétricos, conforme pode ser visto na Figura 2.

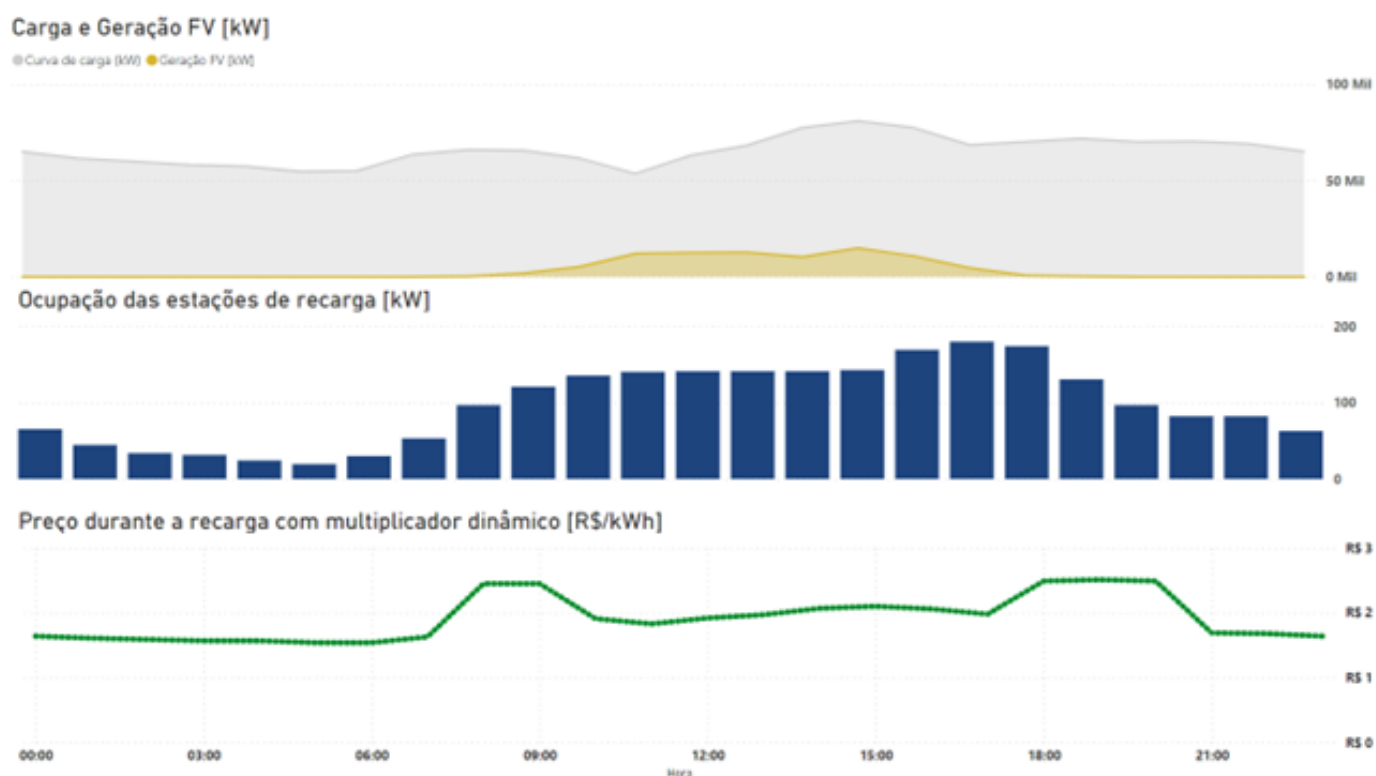


Figura 2: Cenário de simulação e resultados de preço para cenário atual.

Fonte: Elaboração própria

No intervalo entre 00:00h e 06:00h, observa-se que a curva de carga da distribuidora e a ocupação das estações ainda são reduzidas e não existe ainda geração fotovoltaica. Como resultado, o preço sofre variações suaves e se mantém próximo de 1,60 R\$/kWh. Entre 06:00h e 09:00h, com o aumento da curva de carga e da ocupação das estações, o preço apresenta o primeiro pico de 2,45 R\$/kWh.

A partir das 09:00h, quando a geração fotovoltaica começa a ocorrer, o preço é reduzido para incentivar que seja aproveitada essa janela de tempo para recargas, que se mantém pelo início da tarde. Apesar da geração fotovoltaica ainda ser muito expressiva, às 15:00h com o aumento da curva de carga e da ocupação nas estações, o preço volta a subir suavemente. Às 18:00h, com o início do horário de ponta da distribuidora e a geração fotovoltaica nula, o preço atinge seu valor máximo de 2,51 R\$/kWh.

Após as 21:00h, com o fim do horário de ponta e redução na ocupação de estações, o preço é reduzido e se mantém próximo de 1,60 R\$/kWh sofrendo alterações suaves até a manhã do próximo dia.

É importante salientar que apesar das variações do preço de recarga ao longo do dia, o preço médio se manteve próximo do valor base praticado já em outras estações de recarga já em operação comercial no Brasil, que é de 1,50 a 3,00 R\$/kWh. Assim, o modelo garante dinamicidade de preços, condução do comportamento do consumidor para atender às necessidades da distribuidora, mas ao mesmo tempo, é sustentável financeiramente e possibilita modelos de negócios com viabilidade econômica para o funcionamento das estações.

Na área de concessão da ELFSM, onde este trabalho está sendo aplicado, a implementação de estações de recarga está em fase inicial, sendo o projeto responsável por instalar aproximadamente 120 kW de estações de corrente contínua e 60 kW de estações em corrente alternada. Entretanto, seguindo o exemplo de outras regiões do Brasil, a existência de locais para recarga é o que possibilita a expansão do mercado de veículos elétricos. Logo, embora atualmente a potência de recarga ainda seja pouco expressiva para a carga total da distribuidora e ainda não seja um ponto de atenção, no médio prazo com a expansão das renováveis e da mobilidade elétrica, o cenário tende a mudar.

Buscando um novo cenário para a extrapolação dos resultados considerando o prazo de 5 anos futuros, a curva de carga foi mantida e as curvas de geração renovável e veículos elétricos passaram por alterações devido à natureza de crescimento exponencial para o curto/médio prazo. As projeções mais otimistas encontradas em referências do setor apontam para o crescimento da geração distribuída de 47% ao ano (ABGD, 2023). Já para os veículos elétricos, a estimativa é um aumento nos emplacamentos de 51% ao ano (Canal VE, 2023). Os resultados são apresentados na Figura 3.

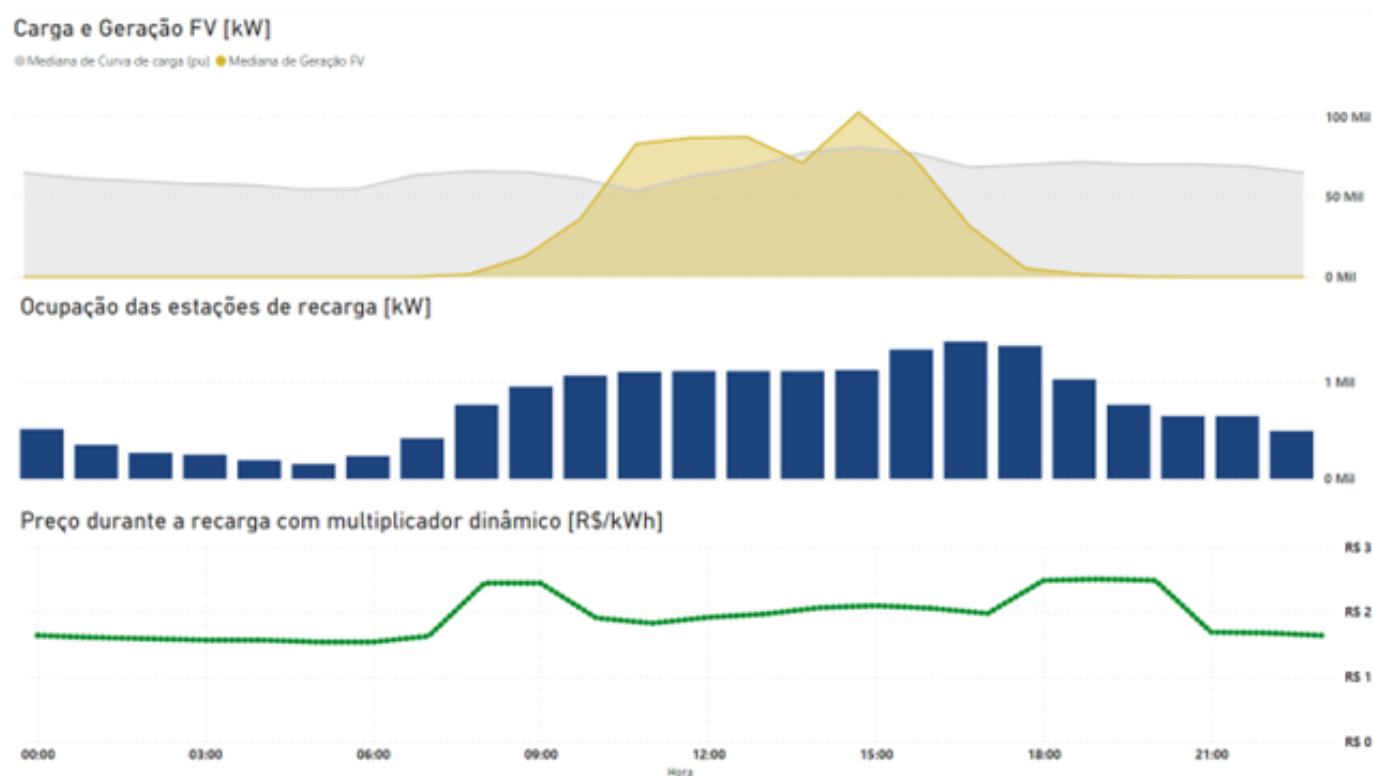


Figura 3: Cenário de simulação e resultados de preço para cenário futuro

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que o comportamento do preço é semelhante ao existente no cenário atual. Entretanto, observando a expressividade da geração renovável e da ocupação de recarga em relação à curva de carga da distribuidora, pode-se concluir que a variação de preços moldando o comportamento do usuário de veículos elétricos torna-se um importante vetor na distribuição das cargas ao longo do dia.

Assim, pode-se utilizar o desconto de preços calculado pelo fator de geração fotovoltaica como um incentivo maior para as recargas nessa janela de horário, reduzindo significativamente o efeito da “curva do pato” que já é uma realidade em locais com grande potência de geração intermitente.

Além disso, os preços acompanharão o horário de ponta e as variações da curva de carga mitiga riscos de sobrecarga do sistema, já que os condutores de veículos elétricos podem se programar para realizar a maioria de suas recargas em horários convenientes à rede de distribuição, sendo incentivados economicamente para isso.

2.5. Projeto Piloto

Esse algoritmo foi desenvolvido para compor a precificação e apoiar a operacionalização da rede de recarga de veículos elétricos da ELFSM, que está sendo implantada no contexto de um projeto de P&D ANEEL. A partir do algoritmo matemático, o sistema foi implementado na prática em uma aplicação web utilizando tecnologias node.js, com atualização diária dos preços de recarga.

Para isso realizar o cálculo são inseridos os dados de:

- Curva de carga da distribuidora, segmentada por alimentador onde se encontram as estações do projeto.
- Curva de irradiação calculada para a localização, com base em dados históricos do INMET.
- Curva de horários populares para cada uma das estações, obtida por meio de API com o CPO do das estações do projeto.
- Informações básicas da rede de distribuição, como: tarifas, horário de ponta, geração FV instalada e outras.
- Informações das estações, como: potência, custos de O&M e de investimento, preços mínimos de recarga e de permanência inativa, coeficientes de ajustes, entre outras.

A partir disso, o sistema calcula os preços de previstos para todas as horas do dia, para que o condutor possa se programar para realizar suas recargas no melhor horário, cumprindo assim o objetivo da tarifação dinâmica de guiar o comportamento do condutor.

A Figura 4 apresenta o painel de preços do sistema implementado, onde é possível verificar os 3 componentes de preços calculados: preço fixo por horário, preço variável por horário e taxa de permanência inativa por horário para uma das estações em teste.

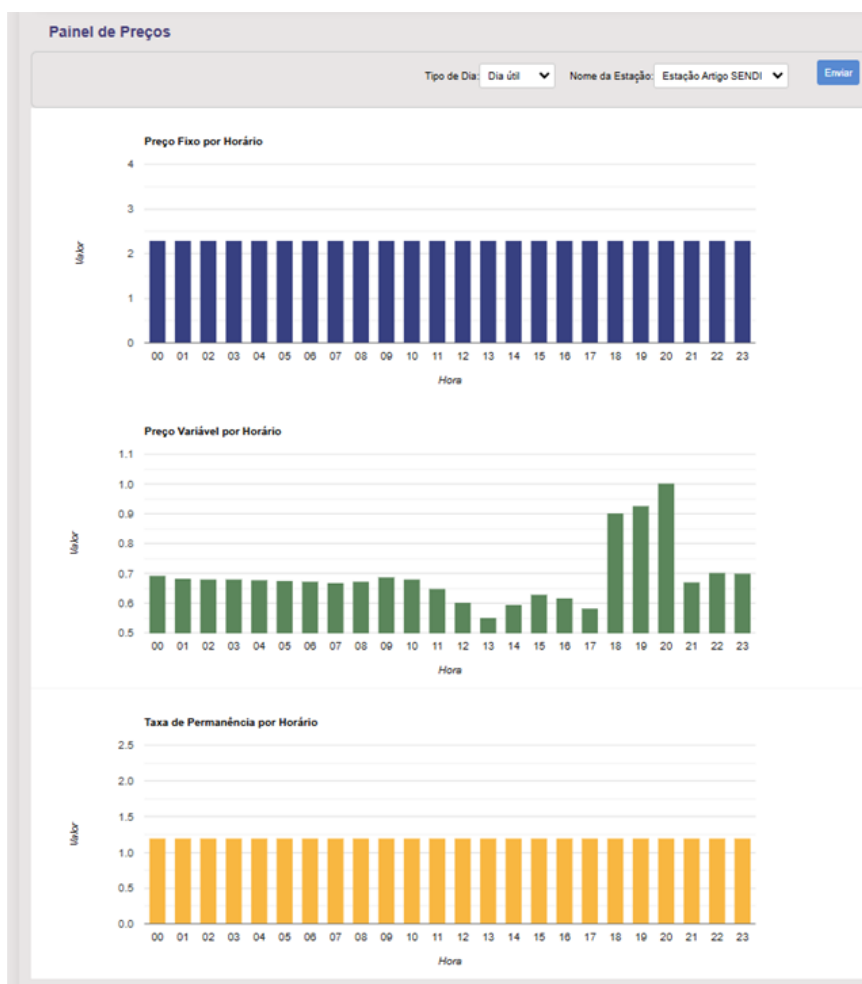


Figura 4: Tela do sistema implementado com resultados de preço fixo, preço variável e taxa de permanência inativa.

Fonte: Elaboração própria

O preço fixo por horário, correspondente à taxa de ativação da recarga, é igual para todos os horários do dia, pois independe dos fatores que variam o preço.

A taxa de permanência inativa, nesse caso, é fixa pois as estações ainda possuem pouco uso, ou seja, a ocupação ainda não está influenciando dinamicamente no preço.

Finalmente, para o preço variável por horário, observa-se a influência das variáveis do algoritmo. Destacamos aqui duas principais ocorrências: por volta de 12h, o preço atinge seu menor valor por influência da alta geração FV e entre 18h e 21h o preço tem um aumento pelo horário de ponta.

A partir da ampla utilização das estações, será possível verificar ainda mais a influência desses fatores na precificação e, com o crescimento dos veículos elétricos na área de concessão, também será interessante avaliar as mudanças no comportamento do consumidor respondendo aos preços e mensurar os benefícios e custos evitados nessas operações.

3. Conclusão

Neste trabalho, foram estudadas as metodologias de tarifação dinâmica com possível aplicabilidade para a precificação de recargas em veículos elétricos e a análise de precificação em diversos países para embasar teoricamente a criação de um algoritmo inovador para o projeto no Brasil, totalmente personalizado para resolver problemas atuais e futuros decorrentes da expansão da mobilidade elétrica, especificamente do ponto de vista da distribuidora.

Com o algoritmo proposto, é possível guiar o comportamento dos consumidores para: (i) Otimizar o uso das estações de recarga, evitando filas e distribuindo durante o dia as recargas; (ii) Evitar sobrecarga da rede elétrica ao desincentivar as recargas em horários de carga pesada e horários de ponta; (iii) Ocupar as estações apenas durante o tempo necessário para a recarga; e (iv) Incentivar as recargas em horários de geração fotovoltaica, incentivando o consumo simultâneo de energia renovável local e também considerando a curva de geração renovável da concessionária.

Para trabalhos futuros, sugere-se a implementação física da tarifação dinâmica com testes direcionados para guiar o comportamento do consumidor para atender às necessidades técnicas da distribuidora, analisando resultados por meio da coleta de dados em massa de estações e recarga.

Os autores agradecem ao Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico regulado pela ANEEL e a Empresa de Luz e Força Santa Maria (ELFSM) pelo apoio financeiro no projeto. Este trabalho está relacionado ao projeto intitulado Desenvolvimento e Implantação de Modelo de Tarifação Variável para Recarga de Veículos Elétricos em Rede de Eletropostos da ELFSM, sob o código PD-00381-0015/2023.

4. Referências bibliográficas

ABVE. Veículos plug-in atingem 70% dos eletrificados em abril e batem novo recorde. Disponível em: <https://abve.org.br/veiculos-plug-in-chegam-a-70-dos-eletrificados-em-abril-e-batem-novo-recorde/> . Acesso em: 18 ago. 2024.

Z. Moghaddam, I. Ahmad, D. Habibi and M. A. S. Masoum, "A Coordinated Dynamic Pricing Model for Electric Vehicle Charging Stations," in *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 5, no. 1, pp. 226-238, March 2019, doi: 10.1109/TTE.2019.2897087.

N. Bodenschatz, M. Eider and A. Berl, "Mixed-Integer-Linear-Programming Model for the Charging Scheduling of Electric Vehicle Fleets," *2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, Deggendorf, Germany, 2020, pp. 741-746, doi: 10.1109/ACIT49673.2020.9208875.

W. Yuan, J. Huang and Y. J. A. Zhang, "Competitive Charging Station Pricing for Plug-In Electric Vehicles," in *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 8, no. 2, pp. 627-639, March 2017, doi: 10.1109/TSG.2015.2504502.

D. B. S. De Oliveira, S. B. Righetto, J. Silveira, J. C. De Bona, L. B. Roncalio and I. França, "Dynamic Pricing for Electric Fleet Vehicle Recharge at Semi-Fast Charging Stations," *2021 IEEE URUCON*, Montevideo, Uruguay, 2021, pp. 405-410, doi: 10.1109/URUCON53396.2021.9647315.

Julia Freier, Victor von Loessl, Dynamic electricity tariffs: Designing reasonable pricing schemes for private households, *Energy Economics*, Volume 112, 2022, 106146, ISSN 140-9883, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106146>.

YAN, Chiwei; ZHU, Helin; KOROLKO, Nikita; WOODARD, Dawn. Dynamic pricing and matching in ride hailing platforms. *Naval Research Logistics (Nrl)*, [S.L.], v. 67, n. 8, p. 705-724, 15 nov. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/nav.21872>.

CRAPIS, Davide; SHOLLEY, Chris. Dynamic Pricing to Sustain Marketplace Balance. 2020. Disponível em: <https://eng.lyft.com/dynamic-pricing-to-sustain-marketplace-balance-1d23a8d1be90>. Acesso em: 26 fev. 2023.

PLUGSHARE. EV Charging Station Map. 2023. Disponível em: <https://www.plugshare.com/>. Acesso em: 26 fev. 2023.

ABGD. Geração distribuída deve crescer cerca de 8 GW em 2023, aponta ABGD. 2023. Disponível em: <https://www.abgd.com.br/portal/geracao-distribuida-deve-crescer-cerca-de-8-gw-em-2023-aponta-abgd/>. Acesso em: 25 jul. 2023.