

Controle de demanda: aplicações e tendências no uso de veículos elétricos.

Carlos F. M. Almeida
Escola Politécnica
Universidade de São Paulo - USP
São Paulo, Brasil
cfmalmeida@usp.br

Juan Carlos Cebrian:
Escola Politécnica
Universidade de São Paulo - USP
São Paulo, Brasil
juan.cebrian@usp.br

Danilo Oliveira da Silva
Escola Politécnica
Universidade de São Paulo - USP
São Paulo, Brasil
daniloxdd2@usp.br

Jocemar F. S. Luciano
Escola Politécnica
Universidade de São Paulo - USP
São Paulo, Brasil
jocemarfl@gmail.com

Rodrigo de Freitas Santos
Escola Politécnica
Universidade de São Paulo - USP
São Paulo, Brasil
rodrigofsantos@alumni.usp.br

Resumo— Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre a aplicação de mecanismos de controle da demanda através do uso de veículos elétricos. Utilizando o sistema Scopus, um banco de dados de resumos e citações de literatura revisada por pares, incluindo periódicos científicos, livros e anais de conferências, filtrou-se artigos e reviews dos últimos quatorze anos relacionados com veículos elétricos e controle de demanda ao mesmo tempo, ordenados por relevância – quantidade de citações. Após a seleção dos artigos mais relevantes, procedeu-se à análise de seus conteúdos para o levantamento das principais aplicações e tendências no uso de veículos elétricos em mecanismos de controle da demanda. Com base no material selecionado, constatou-se que os veículos elétricos se apresentam como boas soluções para o problema da inserção de fontes renováveis intermitentes na rede, atuando como verdadeiros *battery energy storage systems* (BESS) distribuídos, desempenhando papel ativo no controle da demanda em momentos críticos, oferecendo também a possibilidade de regulação da frequência e auxiliando em outros aspectos da qualidade da energia. Várias aplicações incluem diferentes tipos de algoritmos para o despacho, previsão e controle do fluxo de carga, tanto da rede para o veículo quanto do veículo para a rede (V2G). A tendência que se apresenta é a necessidade da atualização da rede em *smart grid* para a utilização de todo o potencial da aplicação de veículos elétricos pelo lado da demanda.

Keywords— *demand control, electric vehicle, smart grid, vehicle-to-grid.*

I. INTRODUÇÃO

A transição energética, tema amplamente discutido pelos mais diversos setores da sociedade, busca a descarbonização da economia através da substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis e mais limpas [1]. No setor de transportes, a substituição de veículos movidos a motores de combustão interna por tração elétrica tem se mostrado uma alternativa coerente, considerando que o Brasil possui 93,7% de geração elétrica de origem renovável [2][3].

De acordo com a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE), de janeiro a outubro de 2024, registrou-se um aumento de 113% nas vendas de veículos eletrificados quando comparado ao ano anterior [4].

Na Índia, as vendas de veículos elétricos (VE) não aumentam devido a poucos pontos de recarga. Assim, o governo indiano, interessado nos benefícios ambientais, estabeleceu instalar um ponto de recarga a cada 40 km em estradas federais [5].

Para que haja a ampla adoção de VE é necessário que os desafios políticos inerentes a qualquer substituição tecnológica sejam superados. Além disso, as barreiras tecnológicas para a implantação dos carregadores em larga escala devem ser suplantadas, pois a inserção descoordenada de VE à rede pode ocasionar afundamentos ou elevações de tensão, aumento de harmônicos, descontrole da frequência, sobreaquecimento de transformadores e alimentadores, aumento das perdas técnicas e desequilíbrios de tensão [6][7].

Ao mesmo tempo, uma transição planejada pode ser uma vantagem para as distribuidoras de energia elétrica. Os impactos negativos mencionados anteriormente se reverterem e atuam no sentido oposto. Em um contexto de maior contribuição de fontes de energia intermitente na rede, mecanismos de controle da demanda contribuem para mudar ou reduzir o consumo durante os períodos de pico. Além disso, podem reduzir a necessidade de investimentos dispendiosos em nova capacidade de energia e, ao mesmo tempo, estabilizar a rede.

Nesse sentido, o controle da demanda oferece benefícios tanto para os consumidores quanto para as distribuidoras de energia elétrica, incluindo contas de energia mais baixas, equilíbrio otimizado entre oferta e demanda e redução de emissões de gases de efeito estufa [16].

Para mapear as aplicações e tendências no uso de veículos elétricos para mecanismos de controle da demanda utilizou-se a plataforma Scopus, que fornece uma visão geral abrangente da produção de pesquisa mundial nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais, dentre outras.

II. METODOLOGIA

A. Revisão Sistemática de Literatura

A revisão de literatura é uma ferramenta científica colaborativa que permite encontrar e consultar trabalhos científicos realizados sobre um determinado tema. A revisão científica permite consultar os experimentos, a metodologia, os resultados, bem como as abordagens que ainda não foram realizadas sobre determinado tema, constituindo-se em uma excelente ferramenta para o progresso em qualquer vertente de pesquisa. Considera-se uma boa prática que, antes de iniciar um projeto de pesquisa científica, realize-se uma revisão de literatura de modo a verificar se a metodologia planejada já não foi realizada por outro membro da comunidade científica.

A revisão de literatura pode ser realizada em fontes relevantes tais como livros, artigos de periódicos e de jornais, registros históricos oficiais, relatórios governamentais, teses, dissertações, entre outros.

As revisões de literatura podem ser qualitativas e/ou quantitativas. Neste trabalho adotou-se a revisão sistemática quantitativa de pesquisas, utilizando a análise de conteúdo para revisar 29 publicações sobre o impacto na demanda da rede por carros elétricos.

Segundo Seuring [11], em uma revisão sistemática duas etapas são importantes ao realizar a seleção de artigos: (1) estabelecer critérios de inclusão e (2) definir a estratégia para localizar e selecionar pesquisas potenciais.

B. Critérios de Seleção e Avaliação

Os critérios para seleção e avaliação das pesquisas potenciais consideraram as palavras-chave “veículos elétricos” e “controle de demanda” simultaneamente; as palavras-chave devem estar presentes na seção título sendo que o artigo também deve estar publicado em periódicos indexados e disponível para acesso. A Tab. I apresenta o resumo dos critérios de seleção dos artigos e parte do processo de seleção.

TABELA I – Critérios de Seleção

Critérios	Descrição	Aceitos	Retirados
Base	Scopus	29	0
Data	2010 a 2024		
Palavras	((electric*W/2vehicle*) AND (demand*W/2control*))		
Filtro 1	Título do artigo		
Tipo	Artigos e reviews		
Publicação	Final		
Idioma	Inglês	17	12
Filtro 2	Afinidade com o tema e duplicados		

As palavras de busca foram adotadas com base em um brainstorm realizado pelos autores, o operador W/2 é utilizado para estabelecer uma relação de proximidade entre as palavras pesquisadas, não importando se estão à frente ou atrás uma da outra, com tanto que estejam a uma distância de no máximo 2 palavras.

A escolha por “controle de demanda”, e não “resposta à demanda”, como um dos critérios de busca, é justificada pela própria definição dos termos. A resposta à demanda pode ser considerada uma subcategoria do controle de demanda. A definição da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, para a resposta à demanda é encontrada na Resolução Normativa nº 1040 de 2022, que diz: “Resposta da Demanda - redução do consumo de consumidores previamente habilitados, como recurso adicional para atendimento ao Sistema Interligado Nacional – SIN, desde que aceita pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, de modo a se obter resultados mais vantajosos tanto para a confiabilidade do sistema elétrico como para a modicidade tarifária dos consumidores finais”.

Por sua vez, o controle de demanda refere-se a estratégias e ações destinadas a regular e limitar a quantidade de energia consumida, geralmente com o objetivo de evitar picos de

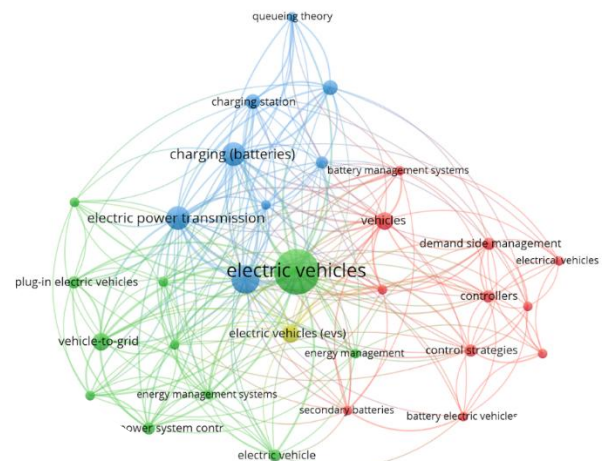
carga, garantir a estabilidade da rede elétrica e contribuir para a qualidade do fornecimento. Um dos seus objetivos é manter o consumo total abaixo de um limite predefinido, reduzindo custos operacionais e prevenindo a sobrecarga do sistema elétrico. Essa abordagem é proativa e, em geral, imposta pelo operador do sistema ou pelas concessionárias. As ações típicas incluem o escalonamento de horários de consumo, a desativação de cargas não essenciais e o uso de dispositivos que limitem automaticamente o consumo [7]. O controle de demanda é aplicado principalmente em instalações industriais ou comerciais, onde o consumo pode ser previsto e ajustado com maior precisão, mas não excluindo potenciais casos residenciais. Este artigo aborda o caso em que as cargas correspondem aos carregamentos de veículos elétricos, sejam eles híbridos ou puramente elétricos a bateria, utilizados em qualquer setor econômico ou tipo de instalação – comercial, residencial ou industrial.

Os artigos finais considerados para análise estão referenciados em [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28].

Na Fig. 1 é possível ver o mapa de palavras-chave mais comuns com no mínimo 3 citações dos artigos gerado pelo VOSviewer. ferramenta de software gratuita que permite identificar padrões e tendências na literatura acadêmica de forma visual e intuitiva.

No mapa de palavras há clara distinção entre três *clusters*, relacionados principalmente aos temas veículos elétricos, gerenciamento pelo lado da demanda e sistemas de carregamento, com amplos relacionamentos entre si, exceto pela questão de filas de carregamento (*queuing theory*), tema específico dos sistemas de carregamento.

Fig. 1 - Mapa de palavras-chave mais comuns



III. RESULTADOS

Os artigos selecionados estão apresentados de forma resumida na Tab. II.

Em [14] aborda-se o problema do carregamento de EVs, do inglês *electric vehicles*, evidenciando que o comportamento de consumo dos carros elétricos, apresenta um perfil desigual que sobrecarrega a rede em períodos específicos. Os autores sugerem que a maior contribuição para o perfil demandante da rede é provocada pelo deslocamento de necessidade, com os usuários fazendo o uso da rede doméstica de carregamento em períodos bem definidos, como após a jornada de trabalho (após às 18h). Existe ainda o

consumo ocasionado por passeios classificados como não necessários e atrelados a tarefas de lazer, este perfil de demanda é mais bem distribuído, mas com predominância em horários entre 10h e 17h, com demanda distribuída na rede não doméstica, e com menor peso na demanda geral.

TABELA II – Artigos Seleccionados

Artigo	Autor(es)	Citações	Ano
[12]	Nguyen H.N.T.; Zhang C.; Zhang J.	80	2016
[13]	Faddel S.; Mohammed O.A.	60	2019
[14]	Ikegami T.; Ogimoto K.; Yano H.; Kudo K.; Iguchi H.	37	2012
[15]	Kong F.; Liu X.; Sun Z.; Wang Q.	21	2016
[16]	Hamid Q.R.; Barria J.A.	19	2013
[17]	Kong F.; Liu X.; Lee I.	15	2018
[18]	Di Giorgio A.; Liberati F.; Canale S.	14	2012
[19]	Fan G.; Yang Z.; Jin H.; Gan X.; Wang X.	12	2022
[20]	Ahmad P.; Singh N.	7	2023
[21]	Tulabing R.; James J.; Mitchell B.; Park H.; Boys J.; Salcic Z.; Covic G.	5	2018
[22]	Bampoulas A.; Karlis A.	5	2017
[23]	Chitgreayan N.; Pilalum P.; Marsong S.; Sonasang S.; Prabpal P.; Vo D.N.; Buayai K.; Kerchuen K.; Kongjeen Y.	1	2024
[24]	Ivić D.; Đurišić Z.	1	2019
[25]	Yu J.; Hu J.; Li C.; Zhang Q.; Liu C.; Liu S.	1	2023
[26]	Hashimoto R.; Yano H.; Kudo K.; Ikegami T.; Ogimoto K.	1	2013
[27]	Moradzadeh M.; Abdelaziz M.	1	2020
[28]	Divyapriya S.; Govindaraj V.; Rajakumari F.	0	2020

A melhor distribuição do perfil de demanda pode gerar impactos significativos na rede. Com a implementação de um sistema de administração de carga que gere mais pontos de recarga distribuída e impondo algumas condições de recarga restritivas, como limite de recarga de 90% da bateria, é possível reduzir o custo de geração e o impacto na rede [14].

A tarefa de gestão não é simples, e em [16] propõem-se um modelo de automação que leva em consideração a possibilidade de compra e venda de energia por parte dos consumidores e a disponibilidade de energia da rede por parte dos consumidores que não são veículos elétricos. Em [19] também se sugere um sistema de gestão, mas utilizando uma rede inteligente e interligada por nuvem, levando em consideração até mesmo o tamanho da fila de carros para serem recarregados nos pontos de recarga distribuídos, controlando o preço conforme oferta e demanda e maximizando o lucro da plataforma a longo prazo.

Como mais implementações ao controle automático, surgem os controles por priorização de carga e por otimização geométrica de pontos de recarga, como os mencionados em [21] e [23]. O primeiro visando promover uma alteração na rede priorizando cargas mais essenciais, é utilizado um LDCS (*local demand control system*), que prioriza equipamentos menos flexíveis a interrupção, como geladeiras,

climatizadores e outras cargas essenciais, a bateria é recarregada fora dos horários de pico, os estudos mostram que com 40% de intervenção é possível realocar a demanda, considerando ainda que existe geração distribuída de outras fontes.

Essas técnicas podem ser associadas ainda a otimização de pontos de recarga em locais com menor densidade de demanda e mais próximos dos pontos de distribuição primários para diminuir as perdas de distribuição, pontos ótimos que são denominados de centro de carga [23].

Em [26] há a informação do aumento da geração distribuída, tais como fotovoltaica e eólica na rede do Japão. A presença dessas fontes renováveis de energia colabora para a descarbonização, no entanto, devido à característica de sazonalidade na geração, estas tecnologias dificultam o equilíbrio no sistema de potência. Uma alternativa para que a rede suporte novas cargas é a integração de dispositivos armazenadores de energia, tais como bombas de aquecimento e baterias. Se os carregadores de baterias dos VE forem controláveis, o problema de equalização entre geração e demanda causado pelas recargas e pelas fontes renováveis poderá ser mitigado. Neste método, consideram-se dados estatísticos do Japão. Considera-se ainda utilização do carro duas vezes ao dia, período de 1h para cada viagem, entre as viagens haverá uma recarga de 5 horas. Todos os dias, a primeira viagem iniciar-se-á às 5 horas e a segunda às 17:30. Velocidade média de 21 km/h e consumo de 10 km/kW e das 10h às 14h. Há um agregador de potência que atua como interface entre geração e demanda. Os resultados simulados deste método de estimação mostraram que é possível controlar a curva de demanda do VE's e como este tipo de controle de geração e demanda depende do comportamento do VE bem como do número de veículos conectados à rede.

Segundo [24], a inserção de VE pode causar impactos na transmissão, na distribuição, bem como no mercado de energia. Os carregadores de VE inserem impactos negativos na rede apesar de serem cargas controláveis. A energia armazenada nas baterias dos automóveis pode ser injetada de volta à rede. De acordo com a política de utilização dos carregadores de VE, estes poderiam injetar na rede elétrica uma quantidade limitada de energia elétrica armazenada em suas baterias durante períodos de pico de demanda. Este trabalho propõe um algoritmo de controle eficiente para realizar esta tarefa. Para estas simulações, a disponibilidade de carregadores e VE para injeção na rede foi estipulada através de uma função normal (Gaussiana) ao longo de dois períodos diários. Dependendo da adesão dos proprietários com interesse em reduzir a conta de energia. Os valores de ressarcimentos e pagamentos dependem da curva de demanda. Um estudo de caso com modelo do IEEE 33 no MATLAB apresentou uma redução de custo de 11,42%.

Em [12], o aumento na contribuição de energias renováveis na rede provoca instabilidade na tensão e frequência e desequilíbrio na relação suprimento/demanda. Para mitigar esses efeitos indesejados, dispositivos armazenadores de energia podem compensar os efeitos das gerações renováveis. A variação na frequência da rede devido às energias renováveis pode ser corrigida pelos VEs através do controle de carga. Considerando carregadores e VE como cargas controladas; consumo de potência é variável; e os VE podem atuar como G2V ou V2G. A *Load Frequency Control* (LFC) é uma técnica de decisão de carga/descarga descentralizada simples e efetiva que não requer comunicação

entre o VE e a rede, o que reduz o custo da implantação. O *Urgency Index* calcula, com base no *State of Charge* (SoC) e tempo de partida, a taxa adequada de carregamento de um VE. Com base no valor do *Urgency Index* e no desvio de frequência da rede, haverá carregamento ou descarregamento da bateria. O *Dynamic Demand Control* (DDC) realiza o controle dinâmico da demanda com base no valor do *Urgency Index* e no desvio da frequência da rede. Uma simulação com 1000 modelos de VE mostrou-se eficaz no controle da frequência da rede com grande quantidade de fonte eólica.

Para [13] as redes inteligentes permitirão que os clientes se tornem agentes ativos no cenário de gerenciamento de demanda de energia elétrica. O aumento de medidores inteligentes em residências torna este futuro cada vez mais próximo. Os ajustes de demanda sempre foram realizados com grandes consumidores (indústrias). Porém, o aumento de medidores inteligentes tem atraído a atenção das concessionárias para consumidores residenciais. Muitas estratégias de controle de demanda foram propostas, tais como tarifas diferentes para cada horário do dia e instalação de baterias desativadas de VE em residências com o intuito de reduzir a demanda da rede em momentos de pico. De qualquer forma, o ajuste de demanda é um desafio constante e dinâmico assim como as novas cargas que surgem na rede. Este trabalho propõe a utilização dos benefícios dos veículos elétricos como elemento regulador de demanda, através de um controlador local de carregamento baseado em lógica *fuzzy* que considera as necessidades do cliente bem como os padrões estabelecidos na ANSI C84.1-2006. A lógica *fuzzy* não requer recursos de aprendizagem de máquinas e robusto. O controlador *fuzzy* apresenta três entradas e uma saída. As entradas recebem o nível de carga (SOC) desejado, a hora de partida e o desvio de tensão da rede em relação à referência. A saída do controlador *fuzzy* será carga ou descarga do VE. O algoritmo de controle e o programa de demanda propostos mostraram-se eficientes na redução da conta de energia bem como flexibilidade para a rede de distribuição.

Um esquema hierárquico é apresentado em [15], dividido em dois níveis: controle de taxa de carregamento, otimizando a alocação de potência para maximizar a qualidade de serviço (QoS), e balanceamento de demanda de carga, utilizando algoritmos aproximados para distribuir demanda entre estações. Em uma extensão desse trabalho, [17], os autores introduzem o processo de otimização estocástica, abordando a incerteza agregada em fontes renováveis, cargas não VE e demanda futura, enquanto integram controle de taxa e balanceamento de demanda para estabilidade da rede e satisfação do usuário.

Um controlador de agregação para frotas de EVs é apresentado em [18], utiliza-se o controle preditivo baseado em modelo (MPC) para minimizar custos de carregamento e integrar serviços de resposta ativa à demanda, como balanceamento de fontes renováveis intermitentes. A abordagem permite que veículos participem de fluxos de energia bidirecionais (V2G), explorando as capacidades de armazenamento das baterias para estabilizar a rede. O estudo destaca o impacto positivo do controle centralizado no custo, na confiabilidade da rede e na utilização de energias renováveis.

Já em [25] é proposto um algoritmo de controle distribuído em tempo real para gerenciar o carregamento de clusters de PHEVs, sincronizando a carga com a geração de energia renovável, como solar e eólica. Utilizando um modelo de

controle agregado baseado no espaço de estados, a solução permite que o carregamento siga trajetórias de potência de referência para serviços de resposta à demanda. A abordagem destaca-se por sua escalabilidade, reduzindo a complexidade computacional e garantindo estabilidade de frequência na rede, mesmo em cenários de grande escala.

Em [22] é abordado o desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Armazenamento de Energia (ESMS) para uma nanorrede residencial composta por um veículo elétrico (EV) e um sistema fotovoltaico (PV). O sistema proposto equilibra a demanda de energia, garantindo que o EV esteja suficientemente carregado de forma que atenda às necessidades do usuário, ao mesmo tempo que fornece serviços auxiliares à rede elétrica, como regulação de frequência. Através de simulações, os autores demonstram que o esquema de controle proposto permite que a nanorrede siga a frequência da rede principal, contribuindo para a estabilidade do sistema de distribuição.

O controle de demanda de aquecedores de água elétricos para acomodar a integração de PHEVs em redes de distribuição residencial é discutido em [27]. A pesquisa propõe otimizar os pontos de ajuste do termostato dos aquecedores para minimizar o custo de energia e reduzir os impactos adversos, como aumento da demanda de pico e perda de vida útil dos transformadores de distribuição. O problema é formulado como um problema de programação linear inteira mista (MILP) e considera o comportamento aleatório da demanda de carregamento dos PHEVs e a incerteza associada à taxa de consumo de água quente dos aquecedores.

Um novo modelo de carregamento para veículos elétricos *plug-in* (PHEVs) é proposto em [20], a fim de investigar seu potencial na participação no controle primário de frequência (PFC). O modelo incorpora características dos PHEVs, como topologia do carregador, limitações de potência de condução e modos operacionais, considerando adequadamente o perfil de demanda de carregamento dos PHEVs. Além disso, é proposto um esquema de controle para determinar a disponibilidade dos PHEVs para serviços auxiliares e calcular o nível de participação dos PHEVs sem afetar as demandas de carregamento. Os resultados mostram que a máxima variação de frequência é reduzida em 17,39%, 26,08% ou 21,73% a depender do cenário e considerando adequadamente as demandas de carregamento.

IV. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

As principais abordagens de todos os artigos analisados foram elencadas na tabela III. A maioria dos artigos apresenta resultados de simulações numéricas, com poucos casos de análises de aplicações práticas.

Tabela III – Abordagens dos artigos

Sigla	Enfoque	%
AE	Análise Econômica	5,88
AO	Aumento pelo lado da Oferta	5,88
DP	Distribuição dos Pontos de Carregamento	11,76
CD	Controlador de Demanda	76,47

A aplicação de controladores de demanda, telecomandados ou não, apresentou-se como a solução mais adotada nos artigos, cada qual com uma filosofia e algoritmo

distintos para regular os momentos de carga e descarga dos VE, assim como o despacho de GD em seus diversos parâmetros de controle.

A. Discussão – Panorama Brasileiro

A totalidade dos artigos selecionados tratou de mercados automotivos com vendas de VE mais consolidadas e maduras. Na realidade brasileira, as vendas de VE ainda são incipientes quando comparadas aos motores a combustão e ainda não atingiram 0,5% da frota total de veículos leves em circulação [29].

Cenário semelhante encontra-se para *smart grids* no Brasil, com iniciativas descentralizadas de algumas concessionárias, principalmente focadas nas substituições dos medidores analógicos de energia por outros digitais e inteligentes.

A política de tarifação diferenciada por horários para o grupo residencial, implantada pela Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021 e no Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET, é um importante passo para a adoção de veículos elétricos, tornando a opção pela modalidade “branca” de tarifação mais vantajosa para os usuários de VE que carregam o seu veículo durante o período compreendido entre as 21h30 e as 16h30 do dia seguinte.

B. Conclusão

Este artigo apresentou uma revisão de literatura sobre o controle de demanda que pode ser proporcionado pela inserção de veículos elétricos na rede. A maioria dos artigos selecionados por filtragem sistêmica apresentou uma correlação entre a carga de veículos elétricos com a inserção de fontes renováveis à rede. Tanto os veículos elétricos como as fontes renováveis são citados como protagonistas da descarbonização. No entanto, a interação de ambos com a rede resulta em prejuízos para a qualidade de energia, isto porque os carregadores elevam a demanda e são cargas não-lineares enquanto as gerações distribuídas (GD) apresentam comportamento intermitente.

Para mitigar os impactos, os trabalhos sugeriram que VE e GD são complementares, ou seja, que o nível de qualidade de energia pode ser reestabelecido quando os dois estão conectados simultaneamente à rede na presença de um controlador. Apesar de todos os benefícios oferecidos pelas redes inteligentes, dada a realidade de sua implantação, alguns controladores apresentados atuam de forma local.

Tendo em vista a importância dos controladores na gestão da demanda, sugere-se, para trabalhos futuros, uma pesquisa sobre a eficiência de seus algoritmos. Além disso, estudos sobre os perfis de carga dos usuários de veículos elétricos é importante para a implantação de novas formas de tarifação do grupo residencial, aperfeiçoando os modelos existentes.

REFERÊNCIAS

- [1] N. Castro and V. Santos, "Dura transição energética europeia," Sep. 2022. [Online]. Disponível em: https://gesel.ie.ufrj.br/wp-content/uploads/2022/09/Castro_2022_09_21.pdf. [Acessado em: Out. 26, 2024].
- [2] N. Castro, R. Brandão, and M. Moszkowicz, "A eletrificação da indústria automobilística do Brasil," May 2021. [Online]. Disponível em: https://gesel.ie.ufrj.br/wp-content/uploads/2022/06/13_castro_2021_05_04.pdf. [Acessado em: Out. 26, 2024].
- [3] Empresa de Pesquisa Energética, "Matriz energética e elétrica." [Online]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. [Acessado em: Out. 28, 2024].
- [4] Associação Brasileira do Veículo Elétrico, "Bi geral." [Online]. Disponível em: <https://abve.org.br/bi-geral/>. [Acessado em: Oct. 28, 2024].
- [5] Associação Brasileira do Veículo Elétrico, "ABVE e IE divulgam a carta da eletromobilidade." [Online]. Disponível em: <https://abve.org.br/abve-e-ie-divulgam-a-carta-da-eletromobilidade/>. [Acessado em: Out. 29, 2024].
- [6] S. Sinha, B. Regensburger, K. Doubleday, A. Kumar, S. Pervaiz, and K. K. Afridi, "High-power-transfer-density capacitive wireless power transfer system for electric vehicle charging," em *2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, 2017, pp. 967-974, doi: 10.1109/ECCE.2017.8095890.
- [7] Y. G. Pinto, "Investigação de soluções para os impactos técnicos causados pela conexão massiva de veículos elétricos aos sistemas de distribuição de energia elétrica," M.Sc. dissertação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, 2017.
- [8] J. Quirós-Tortós, L. F. Ochoa, S. W. Alnaser, and T. Butler, "Control of EV charging points for thermal and voltage management of LV networks," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 31, no. 4, pp. 3028-3039, 2016.
- [9] M. Moghbel, M. A. S. Masoum, F. Shahnia, and P. Moses, "Distribution transformer loading in unbalanced three-phase residential networks with random charging of plug-in electric vehicles," in *22nd Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC)*, Bali, Indonesia, 2012, pp. 1-6.
- [10] J. S. Sinclair, "Power demand management on a low voltage network with a plurality of intelligent sockets," PCT/GB2012/050702, Mar. 29, 2012. [Online]. Disponível em: <https://patentscope.wipo.int>.
- [11] Seuring and S. Gold, "Conducting content - analysis based literature reviews in supply chain management," **Supply Chain Management: An International Journal**, vol. 17, no. 5, pp. 544 - 555, 2012, doi: 10.1108/13598541211258609.
- [12] H. N. T. Nguyen, C. Zhang, and J. Zhang, "Dynamic demand control of electric vehicles to support power grid with high penetration level of renewable energy," *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 2, no. 2, pp. 128-137, 2016.
- [13] S. Faddel and O. A. Mohammed, "Automated distributed electric vehicle controller for residential demand-side management," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 55, no. 2, pp. 1860-1868, 2019.
- [14] T. Ikegami, K. Ogimoto, H. Yano, K. Kudo, and H. Iguchi, "Balancing power supply-demand by controlled charging of numerous electric vehicles," em *2012 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC)*, Greenville, SC, USA, 2012, pp. 1-8, doi: 10.1109/IEVC.2012.6183195.
- [15] F. Kong, X. Liu, Z. Sun, and Q. Wang, "Smart rate control and demand balancing for electric vehicle charging," em *2016 ACM/IEEE 7th International Conference on Cyber-Physical Systems (ICCPs)*, Vienna, Austria, 2016, pp. 120-129.
- [16] Q. R. Hamid and J. A. Barria, "Distributed recharging rate control for energy demand management of electric vehicles," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 28, no. 3, pp. 2921-2930, 2013.
- [17] F. Kong, X. Liu, and I. Lee, "Joint rate control and demand balancing for electric vehicle charging," em *Proceedings of ACM/IEEE IoTDI 2018*, Orlando, FL, USA, 2018, pp. 1-10.
- [18] A. Di Giorgio, F. Liberati, and S. Canale, "Optimal electric vehicles to grid power control for active demand services in distribution grids," em *2012 20th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)*, Barcelona, Spain, 2012, pp. 1096-1101.
- [19] G. Fan, Z. Yang, H. Jin, X. Gan, and X. Wang, "Enabling optimal control under demand elasticity for electric vehicle charging systems," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 21, no. 5, pp. 1749-1760, 2022.
- [20] P. Ahmad and N. Singh, "Plug-in electric vehicles participation in primary frequency control considering charging demand," *Smart Science*, vol. 11, no. 3, pp. 195-210, 2023.
- [21] R. Tulabing, J. James, B. Mitchell, H. Park, J. Boys, Z. Salcic, and G. Covic, "Mitigation of local grid congestion due to electric vehicles through localized demand control," em *2018 International Conference on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT-Asia)*, Singapore, 2018, pp. 1-8.

- [22] A. Bampoulas and A. Karlis, "A novel dynamic demand control of an electric vehicle integrated in a solar nanogrid with energy storage," em *2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Cincinnati, OH, USA, 2017, pp. 4089–4096.
- [23] N. Chitgreayan, P. Pilalum, S. Marsong, S. Sonasang, P. Prabpal, D. N. Vo, K. Buayai, K. Kerdchuen, e Y. Kongjeen, "Multi-Period Optimization of Energy Demand Control for Electric Vehicles in Unbalanced Electrical Power Systems Considering the Center Load Distance of Charging Station Areas," 2024.
- [24] D. Ivić e Z. Durišić, "Electric vehicles utilization for peak demand control in modern distribution networks," 2019.
- [25] J. Yu, J. Hu, C. Li, Q. Zhang, C. Liu, e S. Liu, "Distributed demand response charging control of multiple plug-in electric vehicle clusters," 2023.
- [26] R. Hashimoto, H. Yano, K. Kudo, T. Ikegami, e K. Ogimoto, "A novel estimation method for controllable demand achieved by numerous-electric-vehicle charging management," 2013.
- [27] M. Moradzadeh e M. Abdelaziz, "Optimal Demand Control of Electric Water Heaters to Accommodate the Integration of Plug-in Electric Vehicles in Residential Distribution Networks," 2020.
- [28] S. Divyapriya, G. Emayavaramban, A. Amudha, M. S. Ramkumar, P. Nagaveni, and V. M. Mansoor, "Internet of things-enabled plug-in electric vehicle-based self-maximum demand controller for shopping mall," in **Materials Today: Proceedings**, vol. 38, pp. 2614–2618, 2020.
- [29] SENATRAN, Secretaria Nacional de Trânsito. Disponível em <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-senatran/estatisticas-frota-de-veiculos-senatran>. Acessado em 17 de Setembro de 2024.